

**Diplomarbeit**

# **Der Neugeborenen-Intensivtransport**

eingereicht von

**Kim Alexandra Neugebauer**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Abteilung für Neonatologie, Universitätsklinik für Kinder- und  
Jugendheilkunde**

unter der Anleitung von

**Dr. med. univ. Bernhard Schwabegger**

**Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Gerhard Pichler**

Ort, Datum: Graz am 6.12.2014

## **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.*

*Graz, am 6.12.2014*

Kim Alexandra Neugebauer eh.

## Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich während der Erstellung meiner Diplomarbeit und während meines Studiums unterstützt haben.

Zuerst gilt dieser Dank meinen Betreuern Dr. med. univ. Bernhard Schwabinger und Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Gerhard Pichler, die mir sehr geduldig für Rat und Tat zur Seite standen.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Familie für die großzügige Unterstützung während der letzten 7 Jahre bedanken. Meine Mutter Rita Neugebauer-Schreiner hatte immer ein offenes Ohr für mich und einen Ratschlag parat. Durch ihre ruhige Art zeigte mir meine Großmutter Rosa Schreiner öfters, dass viele Probleme nicht so schwerwiegend sind, wie geglaubt. Mein Vater Arnfried Neugebauer und seine Ehefrau Susanne Maurić haben mich nicht nur finanziell unterstützt, sondern auch mit erleichternden Gesprächen. Aus dem Haus meiner Großmutter Ute Neugebauer kam ich nie mit leeren Taschen heraus, wofür ich sehr dankbar bin. Auch meine Tante Alice Weinrauch und mein Onkel Harald Weinrauch standen mir bei jedem Problem zur Seite.

Des Weiteren gebührt mein Dank meinem Freund Georg Schenn, der mir oft eine andere Sichtweise aufzeigte und so zu einer Problemlösung verhalf. Die langen Gespräche mit meiner besten Freundin und Studienkollegin Anna-Sophie Eberl auf meinem Balkon unterstützten mich in vielen Hinsichten über die ganze Studienzeit.

Ich möchte mich auch beim Österreichischen Rotes Kreuz und allen beteiligten Personen bedanken, welche mir die Ausbildung zum NKI-Rettungsmediziner und somit einzigartige Erfahrungen in der Notfallmedizin ermöglicht haben.

*Vielen Dank!*

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Aufgrund unterschiedlicher Versorgungsmöglichkeiten geburtshilflicher Abteilungen kann bei verschiedenen Indikationen ein postnataler Transport von Neugeborenen notwendig werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Literaturstellen zu identifizieren, welche sich mit der Thematik von neonatalen Intensivtransporten beschäftigen und damit zur sicheren Durchführung von Transporten beitragen können.

**Methoden:** Es wurde eine systematische Literatursuche in *Pub Med* (U.S. National Library of Medicine, Bethesda, U.S.A.) mit den Schlagwörtern „neonatal“, „intensive“ und „transport“ durchgeführt. Von initial 482 gefundenen Publikationen wurden schlussendlich 97 als relevant eingestuft und für diese Arbeit verwendet.

**Resultate:** Die Literaturrecherche ergab zu verschiedenen Aspekten des neonatalen Transportes Ergebnisse. In der vorliegenden Arbeit werden potentielle Risikofaktoren und mögliche Komplikationen während der Überstellung eines Neugeborenen beschrieben und Vor- und Nachteile von luftgebundenen gegenüber bodengebundenen Transportmitteln aufgezählt. Des Weiteren werden geeignete Maßnahmen zur Stabilisierung des Neugeborenen vor Transportbeginn beschrieben. Die Zusammensetzung des Transportteams und Mindeststandards für das mitgeführte Equipment werden besprochen. Es werden unterschiedliche Möglichkeiten zur Überwachung von Neugeborenen während des Transportes evaluiert. Die Durchführung spezieller Therapieformen bei neonatalen Transporten, wie die Applikation von Prostaglandin E1, Surfactant, oder inhalatives Stickstoffmonoxid sowie die extrakorporale Membranoxygenierung, wird beschrieben. Außerdem werden die derzeit verfügbaren Leitlinien im deutschsprachigen Raum beleuchtet.

**Diskussion:** Zu den meisten Teilaspekten des neonatalen Transportes liegen nur wenige Studien vor. Um Empfehlungen oder Richtlinien entwickeln und Transporte bestmöglich durchführen zu können, sollten randomisiert kontrollierte Studien zu den verschiedenen Fragestellungen durchgeführt werden. Anhand der vorliegenden Literatur werden die Rahmenbedingungen von Neugeborenen-Intensivtransporten in der Steiermark diskutiert.

## Abstract

**Question:** Because of the diverse treatment and supply options of Obstetrics departments a postnatal transport of newborns may become necessary depending on the indications. The aim of this thesis is to identify references in literature which address the issue of neonatal intensive care transports and thus contribute to the safe execution of said emergency transports.

**Methods:** A systematic search of literature was conducted in PubMed (US National Library of Medicine, Bethesda, USA) using the keywords "neonatal", "intensive" and "transport". From 482 initially found publications 97 were finally categorised as relevant and used for this thesis.

**Results:** The literature research brought forth results for various aspects of neonatal transportation. The thesis on hand describes potential hazard factors and possible complications during the transfer of newborns and enumerates on the advantages and disadvantages of air versus ground transport.

Further, you will also find descriptions of suitable measures to stabilise the newborns before the actual start of transport. Moreover, the arrangement of the paramedic team and minimum standards for the on-board equipment, as well as different options for monitoring newborns during neonatal transports, are discussed and evaluated.

In addition, the execution of specific therapies during intensive care transports, such as the administration of prostaglandin E1, surfactant, nitric oxide inhalation or extra-corporal membrane oxygenation are described and the current guidelines of German-speaking countries are included as well.

**Discussion:** There are only few studies on most of the aspects of neonatal transports. In order to develop recommendations or guidelines and to carry out the intensive care transports of newborns the best possible way, randomised controlled trials on the various aspects should be conducted. The framework of neonatal intensive care transports in Styria are discussed based on available literature.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	ii
Danksagungen.....	iii
Zusammenfassung .....	iv
Abstract .....	v
Inhaltsverzeichnis .....	vi
Abkürzungsverzeichnis .....	ix
Abbildungsverzeichnis .....	xi
Tabellenverzeichnis .....	xii
Einleitung.....	1
1. Einführung.....	1
2. Fragestellung .....	1
3. Versorgungsstufen .....	2
Material und Methoden .....	7
1. Suchmethode.....	7
2. Datensammlung .....	8
3. Datenverwaltung .....	8
1. Indikationen und Kontraindikationen.....	9
2. Risiko und Komplikationen .....	12
2.1. Risikoscores.....	12
2.2. Risikofaktoren .....	15
2.3. Komplikationen.....	15
2.4. Hypothermie.....	17
2.5. Intrakranielle Blutungen.....	18
2.6. Mortalität und Morbidität.....	18
3. Transportmittel: Bodengebunden – Luftgebunden.....	19
3.1. Kosten und Zeit.....	19
3.2. Komplikationen und Interventionen .....	20
3.3. Vibrationen.....	20
3.4. Besonderheiten beim Lufttransport.....	20
3.5. Zusammenfassung und Lösungsvorschlag .....	21
4. Anforderung und Organisation .....	22
5. Stabilisierung des Neugeborenen.....	23
5.1. Monitoring und Untersuchungen .....	24
5.2. Interventionen .....	25

5.3.	Das S.T.A.B.L.E. System .....	26
6.	Lagerung .....	26
7.	Transportteam .....	27
7.1.	Personal .....	27
7.2.	Klinische Fertigkeiten .....	28
8.	Equipment und Ausstattung .....	29
8.1.	Fixation .....	29
8.2.	Inkubator und Fahrgestell .....	29
9.	Monitoring .....	30
9.1.	Pulsoxymetrie .....	30
9.2.	CO <sub>2</sub> Messung .....	30
9.3.	Temperatur .....	31
9.4.	Respiratory Function Monitor (RFM) .....	32
9.5.	Zusätzliches Monitoring .....	32
10.	Schwingungsbelastung .....	33
10.1.	Lärm .....	33
10.2.	Mechanische Vibrationen .....	33
10.3.	Verminderung von Stressfaktoren .....	33
11.	Beatmung .....	34
11.1.	CPAP .....	35
12.	Therapeutische Hypothermie .....	35
12.1.	Indikation und Diagnosestellung .....	36
12.2.	Vorgehensweise .....	36
12.3.	Komplikationen und Nebenwirkungen .....	38
12.4.	Monitoring .....	38
12.5.	Personalausbildung .....	38
12.6.	<i>Servo controlled</i> Kühlmaschinen .....	39
13.	Prostaglandin E1 .....	39
14.	Surfactant .....	41
15.	Inhalatives Stickstoffmonoxid (iNO) .....	42
16.	ECMO .....	43
17.	Qualitätssicherung .....	45
17.1.	Dokumentation .....	45
17.2.	Scores .....	46
18.	Derzeitige Leitlinien im deutschsprachigen Raum .....	46
	Diskussion .....	47

1. Transferierungsleitlinien .....	47
2. Risikoscores.....	47
3. Risikofaktoren und Komplikationen bei Transporten.....	48
4. Anforderung eines neonatologischen Intensivtransportes .....	49
5. Durchführung von neonatologischen Transporten .....	50
6. Ausstattung beim Neugeborenen-Intensivtransport.....	51
7. Qualitätssicherung und Risikomanagement .....	53
Literaturverzeichnis.....	55

## Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
aEEG	Amplituden-integriertes Elektroenzephalogramm
AF	Atemfrequenz
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)
CIRS	Critical Incidence Report System
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CPAP	Continuous Positive Airway Pressure
CRIB	Clinical Risk Index for Babies
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
etCO <sub>2</sub>	Endexpiratorisch gemessenes Kohlenstoffdioxid
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
GGH	Gynäkologie und Geburtshilfe
GNPI	Gesellschaft für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin
HELLP	Haemolysis, Elevated Liver enzyme levels, Low Platelet count
HIE	Hypoxisch ischämische Enzephalopathie
iNO	Inhalatives Stickstoffmonoxid
IRDS	Infant Respiratory Distress Syndrome
iv	intravenös
IVH	Intraventrikuläre Hämorrhagie
KAGes	Krankenanstaltengesellschaft m.b.H.
MINT	Mortality Index for Neonatal Transportation
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule

NETS	Neonatal Emergency Transport Service
NICU	Neonatal Intensive Care Unit
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
ÖSG	Österreichischer Strukturplan Gesundheit
paCO <sub>2</sub>	Arterieller Kohlenstoffdioxidpartialdruck
PaO <sub>2</sub>	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
PAW	Atemwegsdruck
PDA	Persistierender Ductus arteriosus Botalli
PGE1	Prostaglandin E1
PIPP	Pattern of Premature Infant Pain Profile
PPHN	Persistierende Pulmonale Hypertension des Neugeborenen
RDS	Respiratory Distress Syndrome
RFM	Respiratory Function Monitor
SaO <sub>2</sub>	Sauerstoffsättigung
SNAP	Score for Neonatal Acute Physiology
SSW	Schwangerschaftswochen
tCO <sub>2</sub>	Transkutan gemessenes CO <sub>2</sub>
TRIPS	Transport Risk Index of Physiologic Stability
VLBW	Very Low Birth Weight (1000-1500g)

*Anmerkung:* Abkürzungen von Einheiten jener physikalischen Größen, die im *Internationalen Einheitensystem (Système international d'unités)* berücksichtigt werden, sind in diesem Verzeichnis nicht angeführt.

## **Abbildungsverzeichnis**

<i>Abbildung 1: Zwischenfälle während des Neugeborenen-Transportes: (A) Anzahl der Zwischenfälle pro Patient/in; (B) Anzahl der einzelnen Zwischenfälle (20) .....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 2: Durch den Einsatz eines Respiratory Function Monitors erkannte Probleme bei der Beatmung von Neugeborenen (64) .....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 3: Konsensuskühlungsprotokoll: Kühlungsprotokoll (A) im anfordernden Krankenhaus und (B) im Transportinkubator (81) .....</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 4: Trage und mobile ECMO-Pumpe (96) .....</i>	<i>44</i>

# Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Anforderung an die Versorgungsstufen in der Gynäkologie und Geburtshilfe (GGH) (2)</i> .....	3
<i>Tabelle 2: Merkmale der verschiedenen Versorgungsstufen laut G-BA (4)</i> .....	5
<i>Tabelle 3: Anzahl der Referenzen pro Thema</i> .....	8
<i>Tabelle 4: Transferierungsempfehlungen Neugeborener der Steiermärkischen KAGes (3)</i> ....	9
<i>Tabelle 5: TRIPS Score (9)</i> .....	13
<i>Tabelle 6: MINT Score (11)</i> .....	14
<i>Tabelle 7: Equipmentfehler und deren Auswirkungen auf den klinischen Verlauf von Neugeborenen bei 34 neonatologischen Intensivtransporten (19)</i> .....	17
<i>Tabelle 8: Kriterien einer Hypothermiebehandlung bei Asphyxie und Enzephalopathie (79)</i>	36
<i>Tabelle 9: Charakteristika der PGE1-Gabe und des Atemwegsmanagements (88)</i> .....	40
<i>Tabelle 10: Nebenwirkungen von PGE1 und deren Beziehungen zum Transport (88)</i> .....	41
<i>Tabelle 11: Art und Häufigkeit der Zwischenfälle beim Transport (23)</i> .....	45

# **Einleitung**

## **1. Einführung**

Nicht alle geburtshilflichen Abteilungen haben die gleichen diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten, um ein Neugeborenes adäquat versorgen zu können. Bei Risikoschwangerschaften und konsekutiv zu erwartenden Komplikationen sollte deshalb ein intrauteriner Transport in ein Krankenhaus einer höheren Versorgungsstufe angestrebt werden. Ist ein antenataler Transport aus verschiedenen Gründen nicht möglich, kann bei bestimmten Indikationen eine postnatale Überstellung des Neugeborenen notwendig werden.

Oft handelt es sich hierbei um beeinträchtigte Reifgeborene oder unreife Frühgeborene, die durch ihre Erkrankungen und Anfälligkeit für Störungen besondere Anforderungen an Equipment und Personal stellen.

Zu beachtende Grundprinzipien, dabei sind (1):

- Qualität ist wichtiger als Tempo
- Thermoneutrale Umgebungstemperatur einhalten
- Vermeidung von Stößen und Vibrationen
- Überwachung durch geschultes Personal

## **2. Fragestellung**

In dieser Arbeit wurde nach Studien und Empfehlungen zu einzelnen Aspekten des Neugeborenen-Intensivtransportes gesucht. Ziel war es, Literaturstellen zu identifizieren, welche geeignete Maßnahmen zur Einhaltung der zuvor aufgelisteten Grundprinzipien und zur sicheren Durchführung von komplikationsarmen Transporten von kritisch kranken Früh- und Neugeborenen beschreiben.

Hierzu ist es wichtig zu wissen, welche Risikofaktoren für potentielle Komplikationen bestehen, wie diese erkannt und minimiert werden können und mit

welcher Art von Zwischenfällen zu rechnen ist, damit man entsprechende Vorkehrungen treffen kann.

Beginnend damit, dass ein ausreichend geschultes Transportteam verfügbar sein muss, stellt sich die Frage, wie die Anforderung eines solchen Teams ablaufen sollte und welche Indikationen beziehungsweise Kontraindikationen für den Neugeborenen-Intensivtransport bestehen.

Ein wesentlicher Teil der Versorgung stellt die Stabilisierung des Neugeborenen vor dem Transport dar. Zu überlegen ist, welche Maßnahmen vor Ort getroffen werden müssen, und welche warten können bis geeignete Ressourcen zur Verfügung stehen.

Des Weiteren galt es zu ermitteln, welche Transportart am geeignetsten ist, welche medizinischen Geräte und Überwachungssysteme notwendig sind und wer einen Neugeborenen-Intensivtransport durchführen darf. Wie sollte ein Transportteam zusammengesetzt und ausgebildet sein, und welche Fähigkeiten müssen beherrscht werden?

Bekannte Stressfaktoren für Neugeborene, wie Lärm und mechanische Schwingungen, führen zu der Frage, welche Auswirkungen diese haben und ob sie durch bestimmte Maßnahmen und Hilfsmittel reduziert werden können.

Bestimmte Krankheitsbilder eines Neugeborenen machen spezifische Therapien notwendig. Es wurde nach Daten gesucht, welche Therapiemöglichkeiten während des Transportes bestehen und bei welchen ein frühzeitiger Beginn zu einem besseren Outcome führt.

### **3. Versorgungsstufen**

*Tabelle 1* zeigt die Stufen der perinatologischen Versorgung in Österreich und die Anforderungen an Krankenhäuser, wie sie im Österreichischen Strukturplan Gesundheit (ÖSG) des Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen festgelegt sind (2).

**Tabelle 1: Anforderung an die Versorgungsstufen in der Gynäkologie und Geburtshilfe (GGH) (2)**

<b>Stufe 1, Maximalversorgung (Perinatalzentrum)</b>	
Definition/Zielgruppe	Interdisziplinäre Einrichtung mit Schwerpunkt in der Geburtshilfe und Neonatologie (beide Einrichtungen in unmittelbar räumlicher Nachbarschaft) zur Versorgung von Kindern mit pränatal diagnostizierten medizinischen Risikokonstellationen
Versorgungsstrukturen/Leistungsangebote	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Referenzzentrum für pränatale Diagnostik und Therapie</li> <li>2. Geburtshilfe</li> <li>3. Neonatologie</li> </ol>
<b>Stufe 2, Schwerpunktversorgung</b>	
Definition/Zielgruppe	Schwerpunktversorgung
Versorgungsstrukturen/Leistungsangebote	Betreuung von Müttern mit festgestellten pränatalen Risikobildern; Fehlbildungs-Ultraschalluntersuchungen sowie Genetik-Screenings; Ultraschalldiagnostik hat durch ein in der Ultraschall-Diagnostik entsprechend qualifiziertes fachärztliches Personal für GGH zu erfolgen.
<b>Stufe 3, Grundversorgung</b>	
Definition/Zielgruppe	Grundversorgung
Versorgungsstrukturen/Leistungsangebote	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betreuung risikofreier Schwangerschaften</li> <li>• Transferierung von Risikoschwangerschaften an eine Abteilung mit geburtshilflicher Schwerpunktversorgung (Stufe 2) oder an ein Perinatalzentrum (Stufe 1)</li> <li>• Indikation zur Transferierung nach definierten Leitlinien (bis zur Entwicklung österreichweit gültiger Leitlinien Anlehnung an die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin, Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) Nr. 24/001)</li> </ul>

Die Steiermärkische KAGes gibt unter anderem Empfehlungen zur Transferierung von Risikoschwangerschaften und listet Kontraindikationen für den antenatalen Transport auf (3).

Zur Qualitätssicherung der Versorgung von Früh- und Reifgeborenen beschloss der gemeinsame Bundesausschuss (G-BA) in Deutschland die Stufen der neonatologischen Versorgung und die Aufnahme- bzw. Zuweisungskriterien von Kliniken niedrigerer Versorgungsstufen (4):

- **Perinatal Zentrum Level 1**

Aufnahmekriterien

Pränatale Verlegung von zu erwartenden Frühgeborenen mit einem geschätzten Geburtsgewicht von <1250 g und/oder einem Gestationsalter von < 29+0 Schwangerschaftswochen (SSW)

Höhergradige Mehrlinge > 2 < 33+0 SSW und > 3 alle

Alle pränatal diagnostizierten Erkrankungen, bei denen nach der Geburt eine unmittelbare Notfallversorgung des Neugeborenen erforderlich ist. Dies betrifft:

-Erkrankungen der Mutter mit fetaler Gefährdung (z.B. Phenylketonurie, Hypo-/Hyperthyreose, Z. n. Transplantation, Autoimmunopathie, HIV).

-angeborene Fehlbildungen (z.B. kritische Herzfehler, Zwerchfellhernien, Meningomyelozelen, Gastroschisis) sollen pränatal in hierfür spezialisierte Level 1-Perinatalzentren mit Spezialeinrichtungen verlegt werden.

- **Perinatal Zentrum Level 2**

Aufnahmekriterien

Pränatale Verlegung von zu erwartenden Frühgeborenen mit einem geschätzten Geburtsgewicht von 1250 – 1499 g und/oder einem Gestationsalter von 29+0 ≤ 32+0 SSW

Zwillinge 29+1 bis ≤ 33+0 SSW

Schwere schwangerschaftsassozierte Erkrankungen (Wachstumsretardierung < 3. Perzentile bei Präeklampsie, HELLP-Syndrom [*Haemolysis, Elevated Liver enzyme levels, Low Platelet count*])

Insulinpflichtige diabetische Stoffwechselstörung mit fetaler Gefährdung

- **Perinataler Schwerpunkt**

Aufnahmekriterien

Unreife ≥ 1500 g und/oder 32+1 bis ≤ 36+0 SSW

Fetale Wachstumsretardierung

Die Anforderungen an die verschiedenen Versorgungsstufen laut G-BA sind in *Tabelle 2* gelistet (4).

**Tabelle 2: Merkmale der verschiedenen Versorgungsstufen laut G-BA (4)**

<b>Perinatalzentrum LEVEL 1</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die ärztliche Leiterin/Der ärztliche Leiter der neonatologischen Intensivstation und deren/dessen Vertretung ist eine Neonatologin/ein Neonatologe.</li> <li>– Die ärztliche Leiterin/Der ärztliche Leiter der Geburtshilfe und deren/dessen Vertretung hat den Schwerpunktnachweis „Spezielle Geburtshilfe und Perinatalmedizin“.</li> <li>– Direkte Verbindung zwischen Entbindungsbereich, Operationssaal und neonatologische Intensivstation (NICU)</li> <li>– Mindestens sechs neonatologische Intensivtherapieplätze</li> <li>– Permanente Präsenz einer Ärztin/eines Arztes im Intensivbereich und Bereitschaft einer Neonatologin/eines Neonatologen</li> <li>– Mind. 40% der pflegerischen Versorgung im Intensivtherapiebereich sind durch Gesundheits- und Kinderkrankenpfleger/innen mit abgeschlossener Weiterbildung im Bereich „Pädiatrische Intensivpflege“ oder fünf-jähriger Erfahrung sichergestellt.</li> <li>– Anerkennung des Zentrums als Stätte für ärztliche Weiterbildung im Schwerpunkt „Neonatologie“ und „Spezielle Geburtshilfe und Perinatalmedizin“</li> <li>– Verfügbarkeit einer „Neugeborenennotärztin“/eines „Neugeborenennotarztes“ als Notbehelf für unvorhersehbare Situationen</li> <li>– Verfügbarkeit von folgenden Dienstleitungen bzw. Konsiliardiensten: allgemeine Kinderheilkunde, kinderchirurgischer und –kardiologischer Konsiliardienst, Neuropädiatrie, Ophthalmologie, Mikrobiologie, Humangenetik, Labor, bildgebende Diagnostik, Nachsorge</li> <li>– Teilnahme an speziellen Qualitätssicherungsverfahren</li> <li>– Regelmäßig stattfindende Fallkonferenzen zur Qualitätssicherung</li> </ul>
<b>Perinatalzentrum LEVEL 2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die ärztliche Leiterin/Der ärztliche Leiter der neonatologischen Intensivstation und deren/dessen Vertretung ist Neonatologin/Neonatologe.</li> <li>– Die ärztliche Leiterin/Der ärztliche Leiter der Geburtshilfe und deren/dessen Vertretung hat den Schwerpunktnachweis „Spezielle Geburtshilfe und Perinatalmedizin“</li> <li>– Direkte Verbindung zwischen Entbindungsbereich, Operationssaal und neonatologische Intensivstation (NICU)</li> <li>– Mindestens vier neonatologische Intensivtherapieplätze</li> <li>– Permanente Präsenz einer Ärztin/eines Arztes im Intensivbereich und Bereitschaft einer Neonatologin/eines Neonatologen</li> <li>– Mind. 30% der pflegerischen Versorgung im Intensivtherapiebereich sind durch Gesundheits- und Kinderkrankenpfleger/innen mit abgeschlossener Weiterbildung im Bereich „Pädiatrische Intensivpflege“ oder fünf-jähriger Erfahrung sichergestellt.</li> </ul>

- Verfügbarkeit von folgenden Dienstleitungen bzw. Konsiliardiensten: allgemeine Kinderheilkunde, kardiologischer Konsiliardienst, Neuropädiatrie, Ophthalmologie, Mikrobiologie, 24-Stunden-Notfall-Labor, Elektroenzephalogramm (EEG), bildgebende Diagnostik, Nachsorge
- Teilnahme an speziellen Qualitätsversicherungsverfahren
- Beachten der Kriterien für eine Zuweisung in die höhere Versorgungsstufe
- Regelmäßig stattfindende Fallkonferenzen zur Qualitätssicherung

#### **Perinataler Schwerpunkt**

- Geburtsklinik mit angeschlossener Kinderklinik
- Adäquate Versorgung von unerwarteten neonatologischen Notfällen und Verlegung bei anhaltenden Problemen
- Neonatologische Grundversorgung nur von Kindern > 32 + 0 SSW
- Betreuende/r Ärztin/Arzt soll Kinder- und Jugendmediziner/in sein und mindestens drei Jahre Erfahrung in der Neonatologie haben.
- Beatmungsmöglichkeit
- Verfügbarkeit von Radiologie, allgemeine Sonografie, Echokardiographie und EEG
- 24-Stunden-Präsenz einer pädiatrischen Dienstärztin/eines pädiatrischen Dienstarztes
- Beachtung der Kriterien für eine Zuweisung in die höheren Versorgungsstufen

#### **Geburtskliniken**

- Geburtskliniken ohne angeschlossene Kinderklinik oder mit einer Kinderklinik, die den Merkmalen des perinatalen Schwerpunktes nicht entspricht
- Versorgung von Schwangeren > 36 + 0 SSW und ohne zu erwartende Komplikationen beim Neugeborenen
- Beachten der Kriterien für eine Zuweisung in die höheren Versorgungsstufen

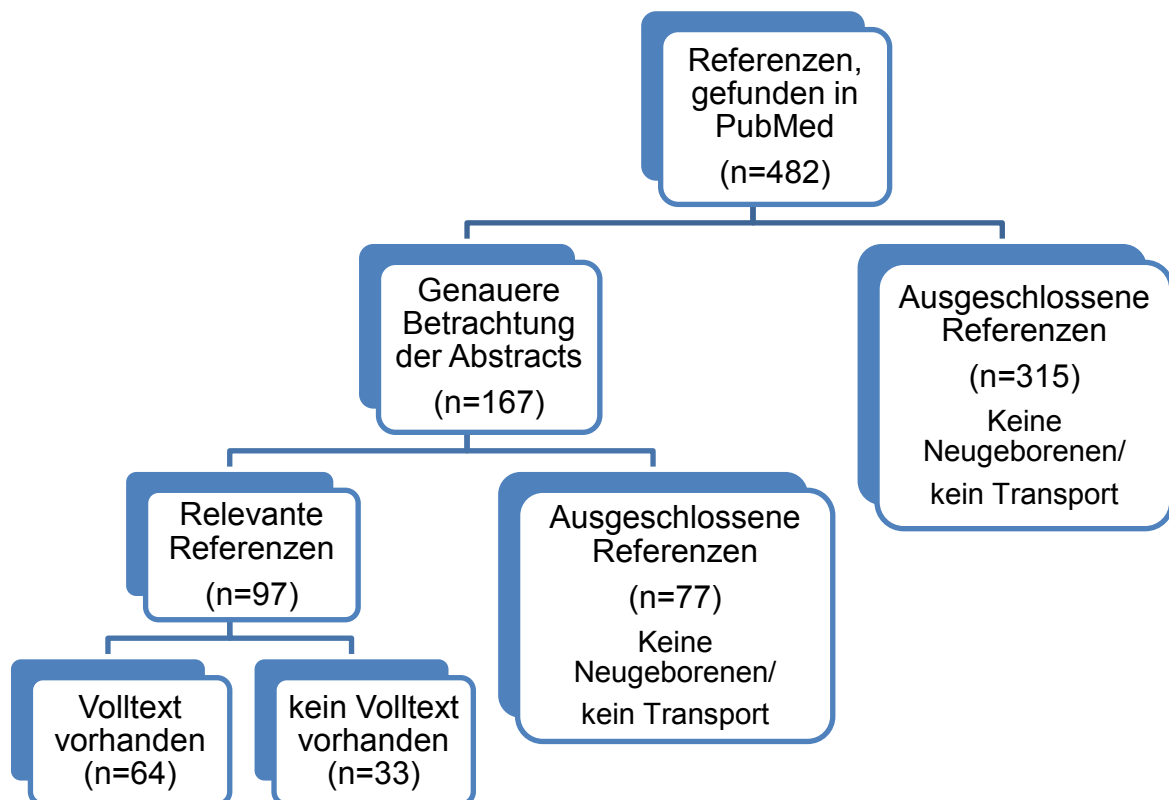
# Material und Methoden

## 1. Suchmethode

### Elektronische Suche

Es wurde eine systematische Literatursuche in *PubMed* (U.S. National Library of Medicine, Bethesda, U.S.A., <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) durchgeführt. Suchbegriffe waren „neonatal“, „intensive“ und „transport“. Vom 1. Jänner bis 31. Mai 2013 wurde die Literatursuche durchgeführt. Des Weiteren wurden die Literaturlisten relevanter Reviews und Studien betrachtet und passende Referenzen über *PubMed* ermittelt. Von den initial 482 gefundenen Literaturstellen wurden anhand der Abstracts 315 eliminiert, da sie nicht den neonatalen Transport betrafen. Es ergaben sich 167 Referenzen, die in Frage kamen und bei denen der gesamte Artikel betrachtet wurde. Letztlich wurden 97 als relevant eingestuft und somit für diese Arbeit verwendet (siehe *Abbildung 1*).

Abbildung 1: Auswahl der Referenzen



## 2. Datensammlung

### Auswahl der Literatur

Verwendet wurden all jene Studien, die Themen des neonatalen Transportes bearbeitet haben. Daraus ergab sich folgende Anzahl an Referenzen pro Abschnitt:

**Tabelle 3: Anzahl der Referenzen pro Thema**

Indikationen und Kontraindikationen	3
Risiko und Komplikationen	30
Transportmittel: Bodengebunden – Luftgebunden	9
Anforderung und Organisation	2
Stabilisierung des Neugeborenen	7
Lagerung	2
Transportteam	11
Equipment und Ausstattung	5
Monitoring	12
Schwingungsbelastung	12
Beatmung	2
Therapeutische Hypothermie	9
Prostaglandin E1	4
Surfactant	4
Inhalative Stickstoffmonoxid (iNO)-Therapie	3
ECMO	3
Qualitätssicherung	3
Derzeitige Leitlinien im deutschsprachigen Raum	2

Zum größten Teil untersuchten diese Arbeiten neonatologische Patient(inn)en von unmittelbar nach der Geburt bis 27 Tage danach. Bei Abweichungen bezüglich des Alters der Studienpatient(inn)en wird darauf hingewiesen.

## 3. Datenverwaltung

Gefundene und für relevant eingestufte Literatur wurde mit der Software *REFWORKS* (ProQuest LLC; Ann Arbor, Michigan, U.S.A.) gesammelt und verwaltet.

# Ergebnisse und Resultate

## 1. Indikationen und Kontraindikationen

Das *Respiratory Distress Syndrom* (RDS) ist häufig der Hauptgrund für die Notwendigkeit eines Transportes von Neugeborenen (5). Doch es gibt noch eine Vielzahl anderer Indikationen, die einen Transport erforderlich machen.

In den Transferierungsempfehlungen für Neugeborene der Steiermärkischen KAGes werden die Indikationen für einen neonatalen Transport in ein entsprechendes Zentrum angeführt (siehe Tabelle 4) (3).

**Tabelle 4: Transferierungsempfehlungen Neugeborener der Steiermärkischen KAGes (3)**

Frühgeburtlichkeit < 35. SSW
Hypotrophes Neugeborenes bzw. Geburtsgewicht < 2000g, mit Ernährungsproblemen
Fetale Wachstumsretardierung ( $\leq 3$ . Perzentile)
Polyglobulie (Hämatokrit venös $\geq 70\%$ ) mit klinischer Symptomatik
Klinischer Verdacht auf Infektion (Temperaturinstabilität, Apnoen, Leukozytopenie, pathologisches CRP)
Nach primärer Reanimation und Intubation
Atemstörungen jeglicher Genese in Kombination mit neonatalen Risikofaktoren
Atemstörungen (Tachypnoe > 60/min, thorakale Einziehungen, Raunzen) > 2 Stunden nach der Geburt, Sinne einer verzögerten Anpassung, ohne Risikofaktoren
Zyanose (außer in den ersten 10 Lebensminuten)
APGAR-Wert $\leq 4$ (1 Minute post partum) und/oder < 7 (5 Minuten post partum) und ein Nabelarterien pH $\leq 7,10$
Herzrhythmusstörungen
Fehlbildungen oder Verdacht darauf (Transfer zur notwendigen weiteren Diagnostik/Therapie)
Angeborene Stoffwechselstörungen oder Verdacht darauf
Diabetische Fetopathie
Hypoglykämie (BZ $\leq 45$ mg/dl bei mehr als zwei Messungen innerhalb von 2 Stunden trotz ausreichender Nahrungszufuhr)
Anämie in der ersten Lebenswoche (Hämatokrit $\leq 35\%$ )
Morbus haemolyticus neonatorum
Hyperbilirubinämie

<p>≥ 20 mg/dl trotz Fototherapie bei gesundem reifem Neugeborenen</p> <p>≥ 17 mg/dl trotz Fototherapie bei reifem Neugeborenen mit Risikofaktoren</p> <p>Sichtbarer Ikterus in den ersten 24 Lebensstunden</p>
Intrakranielle Blutungen oder Verdacht darauf
Krampfanfälle, Neurologische Auffälligkeiten
Gestörte Ausscheidung von Harn (48 Stunden) und/oder Mekonium (24 Stunden)
Gewichtsabnahme > 15% des Geburtsgewichtes
Kinder drogenabhängiger Mütter

Die Gesellschaft für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin (GNPI) entwickelte Leitlinien zu den Indikationen eines neonatalen Transportes (6):

- **Indikationen zur Verlegung aus einer Geburtsklinik oder Kinderklinik, die nicht die Merkmale eines perinatalen Schwerpunkts erfüllt, in eine Klinik höherer Versorgungsstufe nach G-BA:**

Absolute Indikationen:

- Unreife < 36 + 0 SSW
- Fetale Wachstumsretardierung (Geburtsgewicht < 3. Perzentile)
- Atemstörungen jeglicher Genese einschließlich Apnoen oder Bradykardien
- Nabelarterien pH < 7,0
- Fehlbildungen oder Verdacht darauf zur weiteren Diagnostik und/oder Therapie
- Angeborene Stoffwechselstörungen oder Verdacht darauf
- Hypoglykämie
  - wiederholt < 36 mg/dl (2 mmol/l) in den ersten 24 Stunden
  - < 45 mg/dl (2,5 mmol/l) ab der 25. Lebensstunde
- Diabetische Fetopathie
- Endokrinopathien oder Verdacht darauf
- Morbus haemolyticus neonatorum
- Polyglobulie (Hämatokrit venös > 70%)
- Anämie (Hämatokrit < 35%) in der ersten Lebenswoche
- Hyperbilirubinämie

- sichtbarer Ikterus in den ersten 24 Stunden
- >20 mg/dl trotz Fototherapie bei gesunden reifen Neugeborenen
- >17mg/dl trotz Fototherapie bei reifen Neugeborenen mit Risikofaktoren
- Morbus haemorrhagicus
- Krampfanfälle
- Intrakranielle Blutungen und Verdacht darauf
- Zyanose
- Infektion und klinischer Verdacht darauf
- Entzugssymptome bei Drogenabhängigkeit der Mutter
- Thermolabilität oder ausgeprägte Trinkschwäche
- Herzrhythmusstörungen

Relative Indikationen (wenn ein/e neonatologisch versierte/r Ärztin/Arzt nicht ständig präsent ist):

- Unreife  $\geq 36 + 0$  SSW
  - Fetale Wachstumsretardierung (3. - 10. Perzentile)
  - Insulinpflichtiger Diabetes mellitus der Mutter
  - Hyperbilirubinämie zur Differentialdiagnostik und eventuellen Fototherapie
  - Polyglobulie (Hämatokrit venös 66 - 70%)
  - Neurologische Auffälligkeiten
  - Anamnestischer Verdacht auf Infektion bis zum Ausschluss
  - Fehlbildungen mit aufgeschobener Dringlichkeit
  - Ernährungsstörungen
- **Absolute Verlegungsindikationen aus einer Geburtsklinik oder Kinderklinik, die nicht die Merkmale eines Perinatalzentrums Level 2 nach G-BA erfüllt, in eine Kinderklinik höherer Versorgungsstufe**
    - Unreife  $\leq 32 + 0$  SSW
    - Zwillingsfrühgeburt  $\leq 33 + 0$  SSW
    - Geburtsgewicht  $< 1500\text{g}$  unabhängig von der Schwangerschaftswoche

- **Absolute Verlegungsindikationen aus einer Geburtsklinik oder Kinderklinik, die nicht die Merkmale eines Perinatalzentrums Level 1 nach G-BA erfüllt, in eine Kinderklinik der höchsten Versorgungsstufe**
  - Unreife < 29 + 0 SSW
  - Geburtsgewicht < 1250g
  - Unreife bei höhergradigen Mehrlingen < 33 + 0 SSW
  - Schweres respiratorisches Versagen (z. B. Mekoniumaspirationssyndrom, persistierende pulmonale Hypertonie)
  - Notwendigkeit eines neonatal chirurgischen Eingriffs (z. B. präpartal nicht bekannte Fehlbildung, nekrotisierende Enterokolitis, Persistierender Ductus arteriosus Botalli [PDA]-Ligatur, Herzfehler). Wenn Reif- und Frühgeborene auf operativen Intensivstationen behandelt werden, soll eine enge Kooperation zwischen der intensivmedizinischen Abteilung und der Neonatologie erfolgen.
  - Angeborene Stoffwechselstörungen
  - Notwendigkeit komplexer intensivmedizinischer Therapien wie z. B. Hypothermiebehandlung nach perinataler Hypoxie/Azidose, Peritonealdialyse oder inhalatives Stickstoffmonoxid (iNO)

## **2. Risiko und Komplikationen**

### **2.1. Risikoscores**

Um das Risiko eines Neugeborenen-Transportes besser abschätzen zu können, haben einige Autor(inn)en einen „Riskoscore“ entwickelt.

#### **2.1.1. TRIPS – Transport Risk Index of Physiologic Stability**

Der TRIPS ist ein anerkannter Risikoscore, der die Transportqualität beurteilen soll und bei welchem Variablen verwendet werden, die das thermoregulatorische, kardiovaskuläre, respiratorische, neurologische und metabolisch-endokrine System repräsentieren. Er ist voraussagend für die 7-Tages-Mortalität und -Morbidität und das Auftreten einer schweren intraventrikulären Hämorrhagie (7,8). Ebenfalls ist eine Erhöhung des TRIPS assoziiert mit einer klinischen Verschlechterung (9). Eliason et al. (2012) untersuchte 2313 transportierte

Neugeborene auf Mortalität, schwere Morbidität und Änderungen im TRIPS. Das Ergebnis zeigte, dass dieser Score ein Antrieb für eine standardisierte Ausbildung und Guidelines sein kann und dass er geeignet ist, um Basisdaten zu ermitteln, den Interventionserfolg festzustellen und die Transportqualität zu überprüfen (8).

Tabelle 5 zeigt die Variablen und die Punktevergabe des TRIPS Scores.

**Tabelle 5: TRIPS Score (9)**

Parameter	Werte	TRIPS score
Temperatur	<36,1°C oder >37,6°C	8
	36,1 bis 36,4°C oder 37,2 bis 37,6°C	1
	36,5°C bis 37,1°C	0
Respiratorischer Status	Schwer (Apnoe, Schnappatmung, intubiert)	14
	Mäßig (Atemfrequenz (AF) >60/min und/oder Sauerstoffsättigung (SaO <sub>2</sub> ) <85%)	5
	Normal (AF ≤60/min und/oder SaO <sub>2</sub> ≥85%)	0
Systolischer Blutdruck	<20 mmHg	26
	20-40 mmHg	16
	>40 mmHg	0
Reaktion auf Schmerzreiz	Keine Reaktion, Krämpfe, muskelrelaxiert	17
	Lethargie, kein Schreien	6
	Schreien und Rückzug	0

Der TRIPS korreliert besser mit der 7-Tages- und Gesamtmortalität als das Gestationsalter beziehungsweise andere Variablen alleine und sollte deshalb mit diesen kombiniert werden, um die Qualität von voraussagenden Modellen zu verbessern (7).

Des Weiteren kann er ein gutes Werkzeug für die Triage sein, wenn er beim ersten Kontakt mit dem Transportservice angewandt wird. Er liefert bei der Aufnahme die Möglichkeit, Hochrisikopatient(inn)en, vorwiegend unter denen mit einem Gestationsalter von 32 Wochen oder geringer, in Bezug auf die 7-Tages-Mortalität zu identifizieren (10).

### 2.1.2. MINT – Mortality Index for Neonatal Transportation

Dieser Score wurde entwickelt, um beim ersten Kontakt zwischen anfordernden Krankenhaus und Transportteam (Anruf) eine Aussage über die Mortalität zu treffen. Damit also eine möglichst frühzeitige Triage möglich ist, werden die 7 relevanten Variablen nicht erst beim ersten „physischen Kontakt“ ermittelt, sondern schon bei der Transportanforderung. In *Tabelle 6* ist der MINT Score und dessen Punkteaufteilung dargestellt. Es zeigte sich eine Mortalität von 80% bei einem Score von >20 Punkten (11).

**Tabelle 6: MINT Score (11)**

	Punkte
<b>pH</b>	
<6.9	10
6,91-7,1	4
>7,1	0
<b>Alter</b>	
0-1h	4
>1h	0
<b>Apgar Score bei 1 Minute</b>	
0	8
1	5
2	2
3	2
>3	0
<b>Geburtsgewicht</b>	
<750g	5
751-1000g	2
1001-1500g	1
>1500g	0
<b>Arterieller Sauerstoffpartialdruck (PaO<sub>2</sub>)</b>	
≤3kPa (22,5 mmHg)	2
>3kPa (22,5 mmHg)	0
<b>Kongenitale Fehlbildungen</b>	
Ja	5
Nein	0
<b>Intubiert bei Anruf</b>	
Ja	6
Nein	0
<b>Maximum</b>	40

### 2.1.3. Andere Risikoscores

Der CRIB (Clinical Risk Index for Babies) korreliert ebenfalls mit der Mortalität, allerdings wurde dieser für die Verwendung auf der *Neonatal Intensive Care Unit*

(NICU) entwickelt und wird über 12 Stunden erhoben (12). Dies gilt auch für den SNAP (Score for Neonatal Acute Physiology) (13).

Der TRIPS II spiegelt die Gesamtmortalität auf der NICU wider, im Gegensatz zum TRIPS, der aussagend für die 7-Tages-Mortalität ist, und somit die Versorgung während des Transportes besser repräsentiert (14).

## **2.2. Risikofaktoren**

Bekanntere Faktoren, die mit Komplikationen beziehungsweise einem schlechteren Outcome nach Neugeborenen-Intensivtransporten assoziiert sind, sind niedriges Gestationsalter, ZNS Malformationen, zusätzliche O<sub>2</sub>-Gabe, mechanische Beatmung, Operation als Transferierungsgrund und Hypo- oder Hyperthermie vor dem Transport (15,16). Besonders bei einem niedrigen Geburtsgewicht und Gestationsalter kann Hypothermie auftreten (17-19).

### **2.2.1. Tageszeit**

Es zeigte sich keine Korrelation zwischen einem komplizierten Transport und dem Zeitpunkt des Transportes oder der Tageszeit (20).

### **2.2.2. Transportdauer**

Vieira et al. (2011) zeigten, dass eine Transportdauer von über 120 Minuten mit Komplikationen assoziiert ist (16). Mori et al. (2007) beschrieben ein um 85% erhöhtes Mortalitätsrisiko bereits ab einer Transportdauer von 60 Minuten (21).

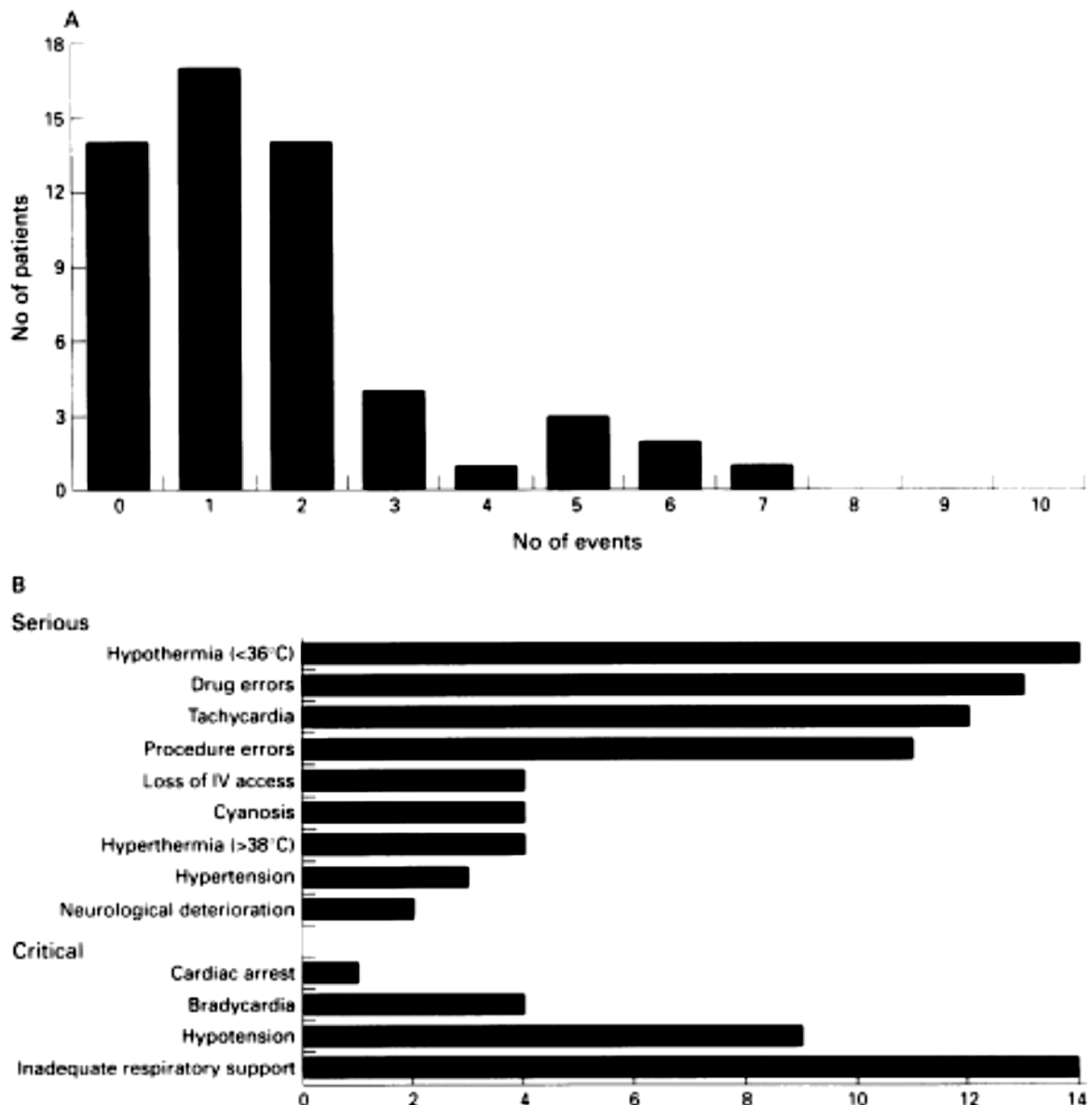
Bei Grosek et al. (2009) zeigte sich keine Korrelation zwischen Transportdauer und einer hohen Herzfrequenz beziehungsweise Leukozytenzahl als Indikatoren für vermehrten Stress (22).

## **2.3. Komplikationen**

Angaben der Autor(inn)en über die Häufigkeit von Komplikationen während des Transportes variieren sehr stark und betragen zwischen 22,9% und 75% (15,20).

Barry et al. (1994) untersuchten bei 56 Intensivtransporten von Kindern<sup>1</sup>, welche Komplikationen und wie häufig diese auftraten. Es zeigte sich, dass bei 75% aller Transporte unerwünschte Zwischenfälle vorkamen, die bei 13 Patient(inn)en sogar als lebensbedrohlich eingestuft wurden. Dabei waren inadäquate Kreislauf- und Beatmungsunterstützung, unzureichendes Monitoring, Equipmentversagen und Medikamentenfehler häufig (20). In *Abbildung 1* ist die Anzahl an Zwischenfällen pro Patient/in (A) und die Anzahl der verschiedenen Zwischenfälle (B) dargestellt.

**Abbildung 1: Zwischenfälle während des Neugeborenen-Transportes: (A) Anzahl der Zwischenfälle pro Patient/in; (B) Anzahl der einzelnen Zwischenfälle (20)**



<sup>1</sup> Anmerkung: Kinder verschiedener Altersgruppen (36 < 1 Monat, 10 zwischen 1-12 Monaten, 10 > 12 Monaten)

Auch bei einer weiteren Studie zeigte sich, dass Rettungsdienst und Equipment assoziierte Komplikationen das Hauptproblem waren (23).

Klinische Komplikationen, die bei Vieira et al. (2011) vorkamen, waren (absteigend nach Häufigkeit): Hypothermie, Hyperoxie, Entsättigung, ansteigende Atemunterstützung, Hyperglykämie, Hyperthermie, Apnoe, Bradykardie, Tachykardie, Hypoglykämie, Bronchospasmus (15).

*Tabelle 7* zeigt eine Auflistung von Equipmentfehlern bei Lufttransporten und, ob diese zu einer klinischen Verschlechterung des Neugeborenen führten (19).

**Tabelle 7: Equipmentfehler und deren Auswirkungen auf den klinischen Verlauf von Neugeborenen bei 34 neonatologischen Intensivtransporten (19)**

<b>Verschlechterung während des Transportes</b>				
	<b>Alle</b>	<b>Ja</b>	<b>Möglich</b>	<b>Nein</b>
<b>Inkubator</b>				
Heizung	3	2	1	
Gaszufuhr	2			2
Elektrizität	1			1
Sonstige	4			4
<b>Flugzeug</b>				
Gaszufuhr	4			4
Elektrizität	2		1	1
Sonstige	4	1	1	2
<b>Überwachungsequipment</b>				
PaO <sub>2</sub>	6	1		5
SaO <sub>2</sub>	5			5
Elektrokardiogramm (EKG)	2			2
Perfusor	4	2		2
<b>Gesamt</b>	<b>37</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>28</b>

## 2.4. Hypothermie

Der Wärmeverlust findet über Konvektion, Konduktion, Verdunstung und Strahlung statt. Der Kältestress führt zu einer physiologischen Instabilität mit schlechter Hautperfusion, Hypoglykämien und Lethargie. Damit steigt das Risiko für RDS, Azidämie sowie Apnoe- und Bradykardie-Episoden (5). Die Mortalität bei Neugeborenen ist signifikant höher, wenn die Kerntemperatur unter dem Optimum von 36-37°C liegt (24).

Besonders ein niedriges Geburtsgewicht und Gestationsalter sind assoziiert mit einer niedrigeren Temperatur nach dem Transport (17-19).

Um einer Hypothermie vorzubeugen, sollte bei Notwendigkeit einer Sauerstoffgabe das Atemgas angewärmt werden (5).

Durch die Anwendung von Wärmematratzen kann eine höhere und stabilere Körpertemperatur während der Erstversorgung am Einsatzort und des Transportes erreicht werden. Um eine Hyperthermie zu vermeiden, sollte das Neugeborene diesbezüglich überwacht werden (25).

Das Einsetzen von geeignetem Equipment und trainiertem Personal senkt die Inzidenz von Hypothermie und somit die Mortalität (24).

## **2.5. Intrakranielle Blutungen**

Viele Autor(inn)en sind sich einig, dass der neonatale Transport sowie die damit verbundenen Komplikationen und Stressfaktoren einen Risikofaktor für periventrikuläre und intraventrikuläre Hämorrhagien (IVH) besonders bei Frühgeborenen darstellen (26-29).

Als weitere Risikofaktoren wurden unter anderem niedriges Gestationsalter, geringes Geburtsgewicht, mechanische Ventilation, Sepsis und Hypotension identifiziert (26,29,30). Hingegen zeigte sich eine antenatale Kortikosteroidgabe als präventiv (30-32).

Um das Risiko einer IVH zu reduzieren sollte auf eine gute kardiorespiratorische Stabilisierung des Neugeborenen geachtet werden und grelles Licht, Lärm, Schmerzen und Manipulationen so gering wie möglich gehalten werden (5).

## **2.6. Mortalität und Morbidität**

In einer prospektiven Studie wurde untersucht, in wie weit die Morbidität mit dem Interhospitaltransport einhergeht. Sie betrug bei transportierten Kindern<sup>2</sup> 20,9%, verglichen mit 11,3% bei einer Kontrollgruppe. Dieser Unterschied war assoziiert mit intensivversorgungsbezogenen Zwischenfällen wie obstruierter endotrachealer Tubus oder Verlust des intravenösen Zuganges (33).

---

<sup>2</sup> Anmerkung: Mittleres Alter der Studiengruppe war 22 Monate.

In annähernd allen Studien kam es zu keinem Todesfall eines Neugeborenen während des Transportes. Im weiteren Verlauf betrug die Mortalität der transportierten Neugeborenen zwischen 19.6% und 24% (20,34,35). In einer Studie über zehn Jahre war es in 3,2% der Fälle ein transportassoziierter Tod (18).

### **3. Transportmittel: Bodengebunden – Luftgebunden**

Man unterscheidet den bodengebundenen Transport mit einem Krankenwagen von dem luftgebundenen, sei es mit einem Flugzeug (mit Druckkabine) oder einem Helikopter (ohne Druckkabine) (18).

Je nach Begebenheiten sollte jedes Land selbst abschätzen, ob ein Lufttransportsystem notwendig ist. Dafür müssen die Anzahl und Validität der Indikationen, das Level der Abhängigkeit und Fertigungsanforderungen und die Anzahl der transportpflichtigen Neugeborenen bekannt sein. Des Weiteren muss bedacht werden, dass dieses System nicht vom Bodennetzwerk getrennt werden soll und deshalb eine Koppelung der Geräte notwendig ist. Wichtig ist vor allem die Zusammenarbeit von Klinik, Luftfahrt-Betreiber(inne)n, Rettungsdienst und Techniker(inne)n (36). Im Falle von Staus oder Unfällen sollte für Straßentransporte ein „Back-up-System“ geplant werden (37).

#### **3.1. Kosten und Zeit**

Vergleicht man die Kosten beziehungsweise die Transportdauer, ist die benötigte Zeit beim Helikoptertransport um 75% geringer als die berechnete Zeit mit dem Auto, und die Kosten sind doppelt so hoch (38).

Bei einem Transport mit dem Flugzeug ist zu bedenken, dass die Transportzeit mit dem Auto vom Flughafen ins Krankenhaus miteinberechnet werden muss und diese bis zu 45 Minuten betragen kann (5).

Über die Transportart sollte abhängig vom Zustand des Neugeborenen entschieden werden. Ist es instabil und fehlt das Equipment und die Fähigkeiten zur Stabilisierung muss der zeiteffektivste Modus gewählt werden, ist es hingegen stabil, der kosteneffektivste (5).

### **3.2. Komplikationen und Interventionen**

Hon et al. (2006) untersuchten die Anzahl von kardiopulmonalen Interventionen sowie das Auftreten von abnormen endexpiratorisch gemessenem Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-Messwerten bei intubierten Neugeborenen in Abhängigkeit zum gewählten Transportmittel (bodengebunden, Flugzeug oder Helikopter). Es zeigte sich kein erhöhtes Risiko bei Lufttransporten. Bei keinem Transport kam es zu einem offensichtlichen Pneumothorax, Tubenkomplikationen, Arrhythmien oder einer kardiopulmonalen Reanimation. 52% erhielten eine Anpassung der Ventilationseinstellungen, Dopamin-, Volumen- oder Natriumbikarbonatgaben (39).

Es zeigte sich, dass aufgrund des Platzmangels und der Vibrationen Interventionen während eines Lufttransportes schwieriger durchzuführen sind (5). Außerdem kann ein Helikopter nicht einfach anhalten wie ein Auto. Deshalb ist eine angemessene kardiorespiratorische Stabilisierung des Neugeborenen vor Transportbeginn besonders wichtig (36).

### **3.3. Vibrationen**

Im Vergleich zu bodengebundenen Transporten kommt es bei Lufttransporten zu deutlich höheren Lärmpegeln, besonders beim Abflug (40). Bei einem Transport mit dem Helikopter ist das Neugeborene zwar höheren, aber stabileren Werten für Lärm-, mechanischen Vibrationen und Beschleunigung ausgesetzt als beim Automobil. In Bezug auf Neigungsamplitude und die Anzahl von Wendungen zeigt sich kein Unterschied. Beim Automobil treten dynamische Effekte wie Bremsen und Erschütterungen häufiger auf (41).

### **3.4. Besonderheiten beim Lufttransport**

Da der Luftdruck bei einer Standardflughöhe von etwa 2400 Metern nur etwa 565 mmHg beträgt und mit steigender Flughöhe auch der Partialdruck von Sauerstoff sinkt, muss besonders auf eine gute Herzfunktion und eine normale Hämoglobinkonzentration geachtet werden. Außerdem muss bedacht werden, dass das Gasvolumen bei sinkendem Luftdruck in geschlossenen Räumen

expandiert und Komplikationen wie ein Pneumothorax oder ein Pneumoperitoneum auftreten können (36).

Des Weiteren ist zu beachten, dass Lufttransporte wetterabhängig sind und vor allem der Helikopter aufgrund des mangelnden Platzangebotes nur selten die Möglichkeit bietet, Familienmitglieder mitzunehmen (5).

Der größere Lärmpegel muss auch in Bezug auf das Monitoring berücksichtigt werden. „Flugschwester“ konnten in ruhiger Umgebung bei einem Model in 92% der Fälle die Präsenz oder das Fehlen von Atemgeräuschen mit einem traditionellen und verstärkten Stethoskop identifizieren. Hingegen wurde bei der Hörprobe im Helikopter in keinem Fall erkannt, wenn Atemgeräusche vorhanden waren (42).

Das Equipment und Monitoring sollte so platziert werden, dass ein guter visueller Zugang durch das Personal möglich ist, um nicht von akustischen Alarmen abhängig zu sein (41).

### **3.5. Zusammenfassung und Lösungsvorschlag**

#### Bodengebundener Transport:

Bei Transporten mit einem Krankenwagen sind Interventionen leichter durchzuführen und es ist mehr Platz für Team, Equipment und Familienmitglieder vorhanden. Bodengebundene Transporte werden kaum vom Wetter eingeschränkt (5).

Allerdings kommt es durch die eingeschränkte Geschwindigkeit eventuell zu langen Transportzeiten (5).

#### Flugzeug:

Flugzeugtransporte sind teuer, wetterabhängig und Interventionen sind schwieriger durchzuführen. Außerdem muss zusätzlich der Transport vom Flughafen ins Krankenhaus bedacht werden (5).

Für Überstellungen über 200 Meilen ist dieser Transportmodus eventuell der schnellste und beste (5).

#### Helikopter:

Der Helikopter ist das teuerste Transportmittel und aufgrund der Platzverhältnisse ist die Möglichkeit, Interventionen durchzuführen, sehr eingeschränkt. Bei schlechten Sichtverhältnissen kann ein Helikoptertransport nicht durchgeführt werden (5).

Der Helikoptertransport ist eine schnelle Transportvariante und kann deswegen bei dichtem Straßenverkehr oder Distanzen von 100 bis 150 Meilen (160,9 bis 241,4 Kilometer) als Alternative zum bodengebundenen Transport in Betracht gezogen werden (5).

## **4. Anforderung und Organisation**

Durch eine klare Vorgehensweise und die Verwendung von Protokollen bei der Anforderung eines neonatalen Transportes soll die Zeit, um den Transportprozess in Gang zu setzen, so gering wie möglich gehalten werden und so viel Zeit wie nötig für die Stabilisierung des Neugeborenen aufgebracht werden (43).

Die Entscheidung über die Notwendigkeit eines neonatalen Transportes sollte von einer/einem Ärztin/Arzt je nach eigenen Fähigkeiten und Möglichkeiten getroffen werden (5). Der anfordernden Stelle müssen die Logistik und der Transportprozess bestens bekannt sein. Deswegen sollte die Anfrage für einen Transport nicht den unerfahrensten Ärzt(inn)en oder Schwestern/Krankenpflegern überlassen werden (43).

Wichtig ist es, gewissenhaft Informationen über die Patientengeschichte, den aktuellen Zustand des Neugeborenen und notwendig werdende weiterführende Therapiemöglichkeiten wie zum Beispiel eine inhalative Stickstofftherapie einzuholen (43).

## 5. Stabilisierung des Neugeborenen

Der Transportprozess beginnt, wenn das anfordernde Krankenhaus erkennt, dass das Neugeborene kritisch krank ist und die zur Verfügung stehende Therapie vor Ort nicht ausreicht (43). Viele Autor(inn)en sind sich einig, dass die Stabilisierung vor dem Transport eine wichtige Rolle in Bezug auf Mortalität und Morbidität spielt (5,43,44). Deswegen ist es wichtig, dass jedes Krankenhaus in der Lage ist, eine Standardversorgung von Geburt bis zum Eintreffen des Transportteams zu gewährleisten (43) und auch Schwestern/Krankenpfleger die Fähigkeit und Erfahrung haben, Neugeborene richtig einzuschätzen (5).

Besonders *Very Low Birth Weight*-Neugeborene (VLBW = 1000-1500g) profitieren von einer frühen und guten Stabilisierung (45).

Während der Wartezeit sind die Patientendokumente mit prä-, intra- und postpartaler Anamnese vorzubereiten und Kopien von der Akte, der Medikation, den radiologischen Aufnahmen und der Laborwerte anzufertigen (5).

Folgende Punkte sollten vor einem sekundären Transport von Kindern<sup>3</sup> durchgeführt und überprüft werden: (20)

### 1) Atemweg:

- Intubation notwendig?
- Endotrachealer Tubus fixiert?
- Position des endotrachealen Tubus?
- Absaugung notwendig?
- Ausreichend Sauerstoff für mehr als die voraussichtliche Dauer des Transportes vorhanden?

### 2) Kreislauf:

- Adäquate Perfusion vorhanden?
- Blutdruck zufriedenstellend?
- Kontinuierliche Blutverluste in Betracht gezogen?

### 3) Temperatur:

- Decken/vorgewärmter Inkubator verfügbar?

---

<sup>3</sup> Anmerkung: Alter der Patient(inn)en: 36 < 1 Monat, 10 zwischen 1-12 Monate, 10 > 12 Monate

- Krankenwagen geheizt?
  - Temperaturüberwachung verfügbar?
- 4) Zugänge und Katheter:
- Sicherer intravenöser Zugang gelegt? (vorzugsweise 2 Zugänge)
  - Nasale Magensonde (bei Darmobstruktion/Ileus, Ventilation und Lufttransport)
  - Harnkatheter (bei Bewusstlosigkeit/Sedierung und Diuretikagabe)
- 5) Verfügbarkeit und Funktion des Monitorings:
- EKG
  - Pulsoxymetrie/transkutane Sauerstoffüberwachung
  - Blutdrucküberwachung
  - Temperaturüberwachung
  - Blutzuckerüberwachung (bei Neugeborenen mit erhöhtem postnatalen Hypoglykämierisiko, Lebererkrankungen und langen Transporten)
- 6) Equipment:
- Funktion und Akkuladezustand überprüfen/Ersatzbatterien vorhanden?
- 7) Medikamente und Infusionen:
- Erhaltungsflüssigkeit (geeignete Art und Rate)
  - Notfallmedikamente vorhanden?
  - Sedierung adäquat?
  - Spezielle Medikamente (z.B. Prostaglandine bei kongenitalen Herzfehlern)
- 8) Kommunikation:
- Welches Krankenhaus/welche Abteilung ist das Transportziel?
  - Gibt es einen speziellen Eingang?
  - Telefonische Informationen an die Zielstation: Abfahrtszeit, voraussichtliche Ankunftszeit, Zustand des Kindes

### **5.1. Monitoring und Untersuchungen**

Bis das Transportteam eintrifft, sollten die Vitalparameter (Herzfrequenz, Atemfrequenz, Blutdruck und Temperatur) kontinuierlich und der Blutzucker bei

Hypoglykämierisiko alle 1 bis 2 Stunden kapillär von erfahrenem Personal überwacht werden (5).

Die Durchführung eines Thoraxröntgens kann bei Neugeborenen mit Atemnotsymptomatik für die Diagnosestellung eines RDS hilfreich sein (5).

## **5.2. Interventionen**

Die Thermoregulation ist eines der wichtigsten Prinzipien, denn sowohl Hypothermie, als auch Hyperthermie haben Auswirkungen auf die Physiologie des Neugeborenen und daher sollte die Temperatur im Normbereich gehalten werden (5).

Um eine adäquate Oxygenierung sicherzustellen, können Sauerstoffgabe, *Continuous Positive Airway Pressure* (CPAP), mechanische Beatmung und eventuell eine endotracheale Surfactantgabe notwendig sein. Der Sauerstoff sollte dabei gewärmt sein, um einer Hypothermie vorzubeugen. Eine endotracheale Intubation sollte vom Transportteam großzügig vor dem Transport durchgeführt werden, weil sich diese am Weg als schwierig erweisen könnte. Ist das Neugeborene instabil, kann eine Intubation durch die/den zuweisenden Ärztin/Arzt notwendig sein. Wenn dies nicht möglich ist, muss die Zeit bis zum Eintreffen des Transportteams mit einem Beatmungsbeutel und manueller Ventilation überbrückt werden. Nach Etablierung der Atemwegssicherung sollte dann so schnell wie möglich eine Magensonde gelegt werden (5).

Bei einem Spannungspneumothorax darf nicht auf das Transportteam gewartet werden, sondern muss sofort gehandelt werden (5).

Die Flüssigkeitsbalance ist wichtig für die Zirkulation und Perfusion und kann während der Stabilisierung am besten über die Rekapillarisierungszeit am Stamm evaluiert werden. Um etwaige Defizite auszugleichen ist es notwendig, einen Zugang zu legen. Dafür bieten sich die Umbilikalgefäße oder als zweite Wahl eine periphere Vene an (5).

Um den Blutglukosespiegel in einem normalen Bereich zu halten ist es üblich eine Dauerinfusion mit Glukose zu verabreichen. Unter einem Wert von 40 bis 45 mg/dl sollte interveniert werden (5).

### **5.3. Das S.T.A.B.L.E. System**

Das S.T.A.B.L.E. ist ein weit verbreitetes internationales Ausbildungsprogramm für Neonatolog(inn)en, Kinderärztinnen/-ärzte, Assistenzärztinnen/-ärzte, Diplomkrankenschwestern/-pflegern, und andere Berufsgruppen, um die Aufmerksamkeit auf die Phase nach der Erstversorgung und vor dem Transportantritt von kranken Säuglingen zu lenken. Es wurde erstmals in der USA und Canada 1996 eingeführt und ist nun in über 45 Ländern vertreten. Der Name steht für die sechs Beurteilungs- und Versorgungsmodule: *Sugar, Temperature, Airway, Blood Pressure, Lab work, Emotional support* (46).

Bei einer Umfrage von 64 Kursteilnehmer(inne)n eines S.T.A.B.L.E - Programmes zeigte sich, dass 96% die Ausbildungsinhalte für sinnvoll und relevant erachteten. 90% der Teilnehmer/innen gaben an, nach Besuch der Ausbildung mehr Selbstvertrauen in ihre eigenen Fähigkeiten zu haben, und 86,5%, S.T.A.B.L.E.-Kursinhalte auch in der Praxis umsetzen zu wollen (47).

Entscheidungsfindung bei der Versorgung von kritisch kranken Neugeborenen beruht häufig auf Intuition und klinische Einschätzungsfähigkeit. Für Situationen, in welchen Expertenwissen nicht verfügbar ist, wurde als Hilfestellung, um Entscheidungen zu treffen und Probleme zu lösen, ein „Computer-Experten-System“ basierend auf dem S.T.A.B.L.E. Programm entwickelt. Durch eine Wenn-Dann-Struktur kann Wissen erlangt und Informationen gesammelt werden, wenn kein „humaner Experte“ verfügbar ist (44).

## **6. Lagerung**

In den meisten Krankentransportwagen wird der Inkubator in Fahrtrichtung platziert. Es gibt keine Vergleichsstudien über die ideale Ausrichtung des Inkubators im Fahrzeug. Messungen haben ergeben, dass Beschleunigungskräfte in Fahrtrichtung (x-Achse) größer sind als quer dazu (y-Achse). Diese können durch vorsichtiges Fahren minimiert werden (48).

Die Position des Neugeborenen sollte so gewählt werden, dass es gut sichtbar und zugänglich ist. Auf eine gute Sicherung des Kindes im Transportinkubator ist zu achten (37).

Zur Sicherung gibt es 5-Punkt-Gurtsysteme, welche die Sensitivität der Haut, den reduzierten Muskeltonus und das Missverhältnis zwischen dem Körpergewicht und der Größe bei Neugeborenen berücksichtigen (37).

## **7. Transportteam**

Viele Autor(inn)en sind sich einig, dass der Einsatz von spezialisierten Transportteams die Qualität der Versorgung erhöht und den Zustand sowie das Outcome von Neugeborenen verbessert (20,49-52).

Sowohl eine spezielle Ausbildung, als auch die Erfahrung spielen eine wichtige Rolle (36,43). Spezifisches Training verbessert das Outcome des transportierten Neugeborenen, unabhängig davon, aus welchen Berufsgruppen das Transportteam besetzt wird (53).

### **7.1. Personal**

Über die Zusammensetzung des Transportteams gibt es in der Literatur unterschiedliche Ansichten. Fenton et al. (2004) meinen, dass zumindest ein/e Transport-Krankenschwester/Krankenpfleger und bei kritisch Kranken ein/e Ärztin/Arzt den Transport begleiten sollen (43).

In Nordamerika spielen *Paramedics* eine wichtige Rolle im neonatalen Intensivtransport (43,53).

Der Einsatz von „*advanced neonatal nurse practitioners*“, speziell ausgebildeten Pflegekräften, scheint ebenfalls sicher und praktikabel zu sein (54). Auch Beyer et al. (1992) sind der Meinung, dass gut ausgebildetes „nicht-ärztliches“ Personal den Transport von intubierten Kindern mit niedrigem Risiko durchführen kann (55).

## 7.2. Klinische Fertigkeiten

Das Transportpersonal sollte über folgende medizinische und praktische Fähigkeiten verfügen und darin auch ausgebildet werden: (53)

- Grundprinzipien der Transportmedizin
- Pathophysiologie von kongenitalen und erworbenen Erkrankungen des Neugeborenen
- Gängige Krankheitsbilder des Neugeborenen
- Versorgung von *low-risk* Neugeborenen
- Versorgung von *high-risk* Neugeborenen
- Transportphysiologie
- Aeromedizinische Physiologie
- Fahrzeugsicherheit

In folgenden Bereichen sollte ein hohes Level an Kompetenz und Fachwissen erreicht werden:(53)

- Reanimation und „*advanced life support*“
- Physische Untersuchung und Beurteilung
- Anatomie und Physiologie
- Umgang mit dem Equipment und Fehlerbehebung
- Invasives Monitoring
- Einleitung einer intravenösen Infusionstherapie
- Arterieller Zugang
- Zentrale Zugänge
- Airway Management und Intubation
- Durchführung einer Thoraxdrainage
- Beatnungsmanagement

Des Weiteren sollte das Transportpersonal den Patientenmonitor beurteilen können (37).

## 8. Equipment und Ausstattung

Um einen angemessenen Transport anbieten zu können, sollte ein Transportinkubatorsystem folgende Mindestausstattung haben: (37)

- Beatmungsgerät zur respiratorischen Unterstützung (Ventilation, O<sub>2</sub>-Gabe und CPAP)
- Wärmesystem
- 1 bis 2 Perfusoren (bei instabilen Neugeborenen bis zu 6)
- Multiparameter Monitor
- Absaugmöglichkeit
- Je nach Transportteam ein inhalatives NO-Abgabesystem

Außerdem sollte das Inventar Reanimationsmedikamente, Laryngoskope, Tuben, Thoraxdrainagen, Kanülen und die Möglichkeit zur manuellen Ventilation beinhalten (37).

Die Geräte sollten die Fähigkeit zur unabhängigen eigenständigen Funktion mittels Akkumulator haben (37).

### 8.1. Fixation

Besonderes Augenmerk sollte auf die Sicherung der Geräte gelegt werden. Bei Unfällen können ungesichertes Personal und Equipment zu schweren Verletzungen führen (37).

Eine enge Kooperation mit der Rettungsdienstorganisation und Technikern resultiert in einer guten Qualität von Fixationssystemen, welche den Auflagen des Europäischen Komitees für Normung (CEN) entsprechen, was das Risiko von Verletzungen von Patient(inn)en und Personal reduziert (43).

### 8.2. Inkubator und Fahrgestell

Die Wahl eines geeigneten Fixationssystems für die Trage ist abhängig vom Gewicht der Trage, des Inkubators und des Equipments sowie der Sicherung des Inkubators auf der Trage. Als Minimum sollte das System 10 G (entspricht 98,1 m/s<sup>2</sup>) in den drei Raumachsen standhalten (37).

Eine pneumatische Hebevorrichtung kann die Beschleunigung in der vertikalen Achse zwischen Inkubator und Fahrgestell signifikant reduzieren und führt zu einem vibrationsarmen Transport (48,56).

## **9. Monitoring**

Ein Transportmonitoring sollte zumindest ein EKG, eine Pulsoxymetrie, eine invasive oder nicht-invasive Blutdruckmessung, eine Temperaturmessung, eine Atemfrequenzmessung und eine Messung des etCO<sub>2</sub> (endexpiratorisches Kohlenstoffdioxid) beinhalten (37).

Während des Transportes sind das Neugeborene und das Transportteam mechanischen Vibrationen ausgesetzt, was die klinische Beurteilbarkeit von Patient(inn)en erschweren kann (57).

### **9.1. Pulsoxymetrie**

Bei der Pulsoxymetrie während des Transportes können Bewegungsartefakte bei einem guten Signal minimiert werden (35).

Das transkutane Sauerstoffmonitoring kann gut eingesetzt werden, um kontinuierlich Daten zu erfassen. Allerdings reagiert es langsam auf Veränderungen (35).

Es erscheint vernünftig, ein kleines leichtes Pulsoxymeter mit sich zu führen, als *Backup*, falls das Monitoring ausfällt (37).

Als Alternative kann man einen liegenden Nabelarterienkatheter für ein kontinuierliches invasives Monitoring des Sauerstoffpartialdrucks (pO<sub>2</sub>) nutzen. Bei einem versehentlichen Verlust des Zuganges muss aber mit Blutverlust gerechnet werden (35).

### **9.2. CO<sub>2</sub> Messung**

Ein kontinuierliches nicht-invasives Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-Monitoring ist bei einem neonatalen Intensivtransport sehr hilfreich (58).

Für das Monitoring von CO<sub>2</sub> während Neugeborenen-Intensivtransporten sind grundsätzlich die transkutane Kapnometrie (tCO<sub>2</sub>), die endexpiratorische Kapnometrie (etCO<sub>2</sub>) oder die invasive Blutgasanalyse von arteriellen Blutproben (paCO<sub>2</sub>) denkbar.

Bei beatmeten Neugeborenen führte ein transkutanes CO<sub>2</sub>-Monitoring zu einem verbesserten respiratorischen Outcome nach dem Transport im Vergleich zu nicht-monitorierten Neugeborenen (59).

Die transkutane Ermittlung von Blutgasen ist auf Intensivstationen weit verbreitet und kann auch beim Transport angewendet werden, vorausgesetzt dass der Monitor klein ist und das Gerät eine externe Batterieversorgung hat (43).

Die endexpiratorische Kapnometrie ist während des Transportes nützlich, um den Trend zu verfolgen, rasch die korrekte endotracheale Lage des Tubus zu kontrollieren und den Atemwegsdruck zu überwachen (37,60).

Einige Autor(inn)en haben die verschiedenen Messmethoden evaluiert und kamen auf unterschiedliche Ergebnisse. Aliwalas et al. (2005) beschrieben Abweichungen von etCO<sub>2</sub> Werten im Vergleich zu PaCO<sub>2</sub> Werten bei Frühgeborenen. Es wird angenommen, dass es bei der endexpiratorischen Kapnometrie durch eine kurze Expirationszeit, bedingt durch die kleinen Tidalvolumina und die hohe Atemfrequenz, zu Messabweichungen kommt. Auch transkutane Messungen ergaben mäßige Übereinstimmungen mit den PaCO<sub>2</sub> Werten. Besonders in den ersten kritischen 24 Stunden können deshalb nicht-invasive Methoden den paCO<sub>2</sub> Wert nicht ersetzen (61). Im Gegensatz dazu zeigten sich bei Nangia et al. (1997) in verschiedenen klinischen Situationen ähnliche Werte bei der etCO<sub>2</sub>- und arteriellen CO<sub>2</sub>-Messung (62). Tingay et al. (2005) sagen, dass aufgrund von einer fehlenden Korrelation zwischen etCO<sub>2</sub> und dem arteriellen CO<sub>2</sub>-Druck als Alternative das transkutane CO<sub>2</sub> gemessen werden soll (58).

### **9.3. Temperatur**

Beim Inkubatortransport wird ein kontinuierliches Temperaturmonitoring benötigt, um Hypo- und Hyperthermie zu vermeiden (63).

## 9.4. Respiratory Function Monitor (RFM)

Der RFM misst und veranschaulicht eine Fluss-Volumen-Kurve, Fluss-Druck-Schleife, den Atemwegsdruck, das endexpiratorische Tidalvolumen, Leckagen, den inspiratorischen Spitzendruck, den positiven endexpiratorischen Druck, die Atemfrequenz und das Minutenvolumen (64).

Lilley et al. (2005) führten eine Studie durch, in der bei 17 beatmeten Neugeborenen während eines Transportes ein RFM eingesetzt wurde. Bei 94% wurden die ursprünglichen Respiratoreinstellungen aufgrund des RFM korrigiert. *Abbildung 2* zeigt, welche aufgetretenen Probleme durch den RFM erkannt wurden, wie interveniert wurde und zu welchen Resultaten dies führte. Das RFM kann sehr nützlich sein, um die Beatmung einzustellen und während der Stabilisierung und des Transportes anzupassen (64).

**Abbildung 2: Durch den Einsatz eines Respiratory Function Monitors erkannte Probleme bei der Beatmung von Neugeborenen (64)**

Problem	Number of occurrences	Action	Result
Air trapping	4	(1) Decreased rate and PIP (2) Decreased rate and PEEP (3) Decreased rate and Ti (4) Decreased rate, Ti, and PIP	Stopped gas trapping Stopped gas trapping, reduced FiO <sub>2</sub> Improved TcPCO <sub>2</sub> Improved gas trapping, normalised TcPCO <sub>2</sub>
ETT leak	4	(1) Ventilator circuit changed (2) ETT position changed (3) ETT leak accepted (4) ETT Leak accepted	Leak ablated Leak ablated No change No change
Asynchronous interaction between the baby and the ventilator	3	(1) Noted (2) Rate increased (3) Morphine given	Improved with increased V <sub>t</sub> , TcPCO <sub>2</sub> improved Synchrony Synchrony, TcPCO <sub>2</sub> normalised
Inappropriately low expired V <sub>t</sub>	5	(1) PIP increased (2) PIP increased (3) Air trapping reduced (4) Leak ablated	TcPCO <sub>2</sub> normalised TcPCO <sub>2</sub> improved Improved V <sub>t</sub> and TcPCO <sub>2</sub> Improved V <sub>t</sub>
Inappropriately high expired V <sub>t</sub>	3	(5) PIP increased, synchrony improved (1) PIP reduced (2) PIP and Ti reduced (3) PIP and Ti reduced	V <sub>t</sub> improved V <sub>t</sub> reduced V <sub>t</sub> reduced V <sub>t</sub> reduced
Low MV	1	ETT position	MV normalised
High MV	1	Rate reduced	Arrived at destination before result
Long Ti	1	Ti reduced	
Short Ti	1	Ti increased	

PIP, Peak inspiratory pressure; PEEP, peak end expiratory pressure; FiO<sub>2</sub>, fractional inspired oxygen; Ti, inspiratory time; TcPCO<sub>2</sub>, transcutaneous carbon dioxide; ETT, endotracheal tube; V<sub>t</sub>, tidal volume; MV, minute volume.

## 9.5. Zusätzliches Monitoring

Besonders während eines Lufttransportes ist oft die kardiale und respiratorische Überwachung schwierig. Bei einer Studie wurde an 55 Neugeborenen und Kindern<sup>4</sup> ein ösophageales Stethoskop während eines Helikoptertransportes

<sup>4</sup> Anmerkung: Neugeborene und Kinder bis 18 Jahre

getestet. Es zeigte sich, dass dieses leicht zu positionieren war, ein geringes Risiko an Komplikationen hatte und die kontinuierliche Überwachung von Atemgeräuschen ermöglichte. Durch Lärm und Vibrationen war die Aufzeichnung der Herztöne minimal beeinträchtigt. Des Weiteren konnten Tubusobstruktionen und Dislokationen schnell erkannt werden (65).

## **10. Schwingungsbelastung**

### **10.1. Lärm**

Lärm während des Transportes führt bei Neugeborenen unter anderem zu einer Erhöhung der Herzfrequenz und zu Stress (66). Der Lärmpegel überschreitet meist die empfohlenen Werte. Besonders für neurologisch unreife und physiologisch beeinträchtigte Neugeborene, ist dies zu laut und führt wahrscheinlich zu einer erhöhten Morbidität. Macnab et al. (1995) sind der Meinung, dass der Grenzwert von 60dB auf der NICU überschritten werden darf, weil ein Transport zeitlimitiert ist (67). Buckland et al. (2003) widersprechen und argumentieren, dass besonders transportpflichtige Neugeborene sehr vulnerabel sind (40).

Vergleicht man verschiedene Transportmittel und Situationen miteinander, zeigt sich, dass Neugeborene großem Lärm vor allem bei Lufttransporten, speziell beim Abflug, beim Öffnen der Inkubatorluke, durch einen Luftkompressor für den Ventilator und auf Landstraßen ausgesetzt sind (40).

### **10.2. Mechanische Vibrationen**

Auch die Werte für die Vibrationen, welchen Neugeborene ausgesetzt sind, sind hoch (67,68). Am stärksten waren die mechanischen Schwingungen, die auf Patient(inn)en im Stadtverkehr und bei Fehlen einer Gelmatratze wirkten (69).

### **10.3. Verminderung von Stressfaktoren**

Gehörschützer für Neugeborene reduzieren den Lärm um 7-21dB und führen zu einer Senkung der Herzfrequenz, einer deutlich höheren mittleren Sauerstoffsättigung und weniger Schwankungen im klinischen Zustand (66,70).

Wegen des stressreduzierenden Effekts sollten Gehörschützer während des Transportes verwendet werden (66).

Die Verwendung von Gel- oder Schaummatratzen reduzieren die Übertragung der Vibration auf das Neugeborene (71,72). Es zeigte sich, dass der Effekt der Gelmatratze bei kleinem Gewicht reduziert wird und diese Neugeborenen somit stärkeren Vibrationen ausgesetzt sind (69).

Ein besonderes Augenmerk sollte auf eine gleichmäßig sachte Fahrweise gelegt werden, weil starke Vibrationen besonders bei hastigen Fahrmanövern auftreten (41,73). Durch den Einsatz von Blaulicht und Folgetonhorn kann ein flüssigerer Transport ermöglicht werden (41).

Um einen vibrationsarmen Transport zu erzielen, sollte dieser mit einem Fahrzeug mit großem Radstand durchgeführt werden. Des Weiteren sollte zumindest der Inkubator mit einer pneumatischen Federung ausgestattet sein (48).

Harrison et al. (2012) verglichen den PIPP Score (*Pattern of premature infant pain profile*) bei transportierten Neugeborenen, die mit Morphinen analgosediert wurden, mit denen, die keine Schmerztherapie erhielten. Es zeigte sich ein ähnlicher Trend in beiden Gruppen in verschiedenen Transportphasen, allerdings waren die Höhepunkte der Werte des PIPP Scores bei sedierten Neugeborenen nicht so stark ausgeprägt. Die Sedierung mit Morphinen senkt somit die Stresswahrnehmung, allerdings verhindert sie nicht die unangenehme Erfahrung (74).

## 11. Beatmung

Der Gebrauch von mechanischer im Gegensatz zu manueller Beatmung scheint stabiler in Bezug auf respiratorische Parameter (pH Wert, PaCO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>, etCO<sub>2</sub>, mittlerer Atemwegsdruck [PAW], Peak PAW) zu sein<sup>5</sup> (75).

---

<sup>5</sup> Anmerkung: Studie wurde mit postoperativen kardiochirurgischen Patient(inn)en durchgeführt. Das mittlere Alter betrug 31 Monate (5 Tage bis 14 Jahre).

### **11.1. CPAP**

Die Verwendung von nasalem CPAP während des neonatalen Intensivtransportes ist möglich und scheint eine sichere Methode der respiratorischen Unterstützung für eine sorgfältig ausgewählte Gruppe von Säuglingen zu sein. Allerdings gibt es wenige Daten darüber und oft sind die Patient(inn)en so beeinträchtigt, dass eine Intubation und maschinelle Beatmung notwendig sind. Es herrscht somit Bedarf an einer Entwicklung von Kriterien zur Auswahl an Neugeborenen, die für nasales CPAP während eines Transportes geeignet sind. Außerdem müssen ein geeignetes Transportteam und alle Ressourcen zur Verfügung stehen, um – wenn erforderlich – das Level der respiratorischen Unterstützung zu erhöhen (76).

## **12. Therapeutische Hypothermie**

Die therapeutische Hypothermie verbessert das neurologische Outcome bei reifen Neugeborenen mit moderater bis schwerer hypoxisch ischämischer Enzephalopathie (HIE), wenn sie in den ersten 6 Stunden nach der Geburt eingeleitet wird. Oft werden diese Kinder, die davon profitieren würden, in einem Krankenhaus geboren, welches solch eine Therapie nicht angemessen anbieten kann (77,78).

Es zeigte sich, dass bei Neugeborenen, die vor und während des Transportes gekühlt wurden, die Zeit von Geburt bis zum Erreichen einer Körperkerntemperatur von unter 34°C 3,9h (+- 1,6h) betrug. Im Gegensatz dazu dauerte es bei jenen, welche bis zur Ankunft im Zentrum keine Kühlung erhielten, 9,8h (+- 6,2h) (78).

Somit erscheint wegen des limitierenden therapeutischen Fensters der Beginn der Kühlung vor dem Transport beziehungsweise während des Transportes sinnvoll (77).

Man unterscheidet zwischen passivem Kühlen (externe Wärmequellen entfernen) und aktivem Kühlen (Eis- oder gekühlte Gelpackungen auflegen) (77).

## 12.1. Indikation und Diagnosestellung

In *Tabelle 8* sind die Kriterien für die Initiierung einer therapeutischen Hypothermie bei Asphyxie mit hypoxisch ischämischer Enzephalopathie zusammengefasst (79).

**Tabelle 8: Kriterien einer Hypothermiebehandlung bei Asphyxie und Enzephalopathie (79)**

Voraussetzungen (alle 3 zutreffend)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestationsalter <math>\geq 36 + 0</math> SSW und Geburtsgewicht <math>&gt; 1800g</math></li><li>• Alter <math>&lt; 6</math> Stunden</li><li>• Keine schwere intrakranielle Blutung/schwere Fehlbildung</li></ul>
Kriterien der Asphyxie (mindestens 1 zutreffend)	<ul style="list-style-type: none"><li>• APGAR mit 10 Minuten <math>\leq 5</math></li><li>• Protrahierte Reanimation <math>&gt; 10</math> Minuten</li><li>• Nabelarterien-pH <math>&lt; 7,0</math></li><li>• Arterieller pH während der ersten 60 Minuten <math>&lt; 7,0</math></li><li>• Arteriell Basendefizit <math>&gt; 15\text{mmol/l}</math></li></ul>
Kriterien der Enzephalopathie (mindestens 1 zutreffend)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bewusstseinstörung</li><li>• Muskuläre Hypotonie/Hypertonie</li><li>• Auffällige Reflexe</li><li>• Klinische Krampfanfälle</li><li>• aEEG untere Amplitude <math>&lt; 5\mu\text{V}</math></li><li>• aEEG obere Amplitude <math>&lt; 10\mu\text{V}</math></li></ul>

## 12.2. Vorgehensweise

Fairchild et al. (2010) beschreiben den Ablauf zur Initiierung der therapeutischen Hypothermie in einem amerikanischen Transportsystem: (78)

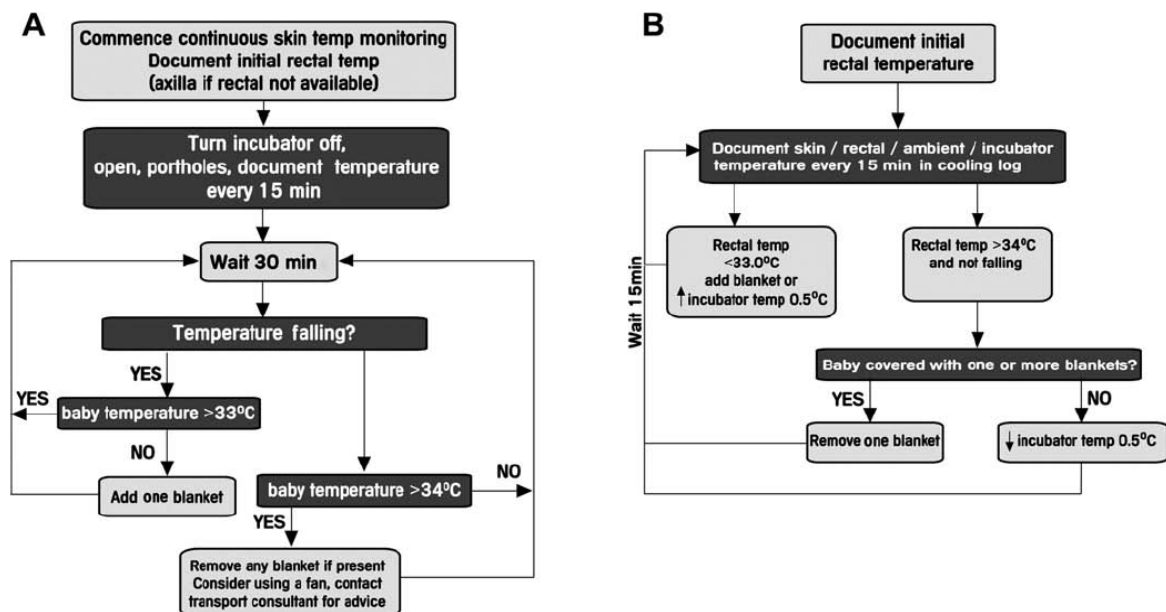
- 1) Für Ärztinnen/Ärzte im anfordernden Krankenhaus gilt die Empfehlung, dass sobald die Diagnose einer mittleren bis schweren HIE bestätigt ist, der Wärmestrahler abgedreht und die Temperatur alle 15 Minuten kontrolliert werden soll.
- 2) Bei Neugeborenen mit suspekter akuter perinataler HIE wird die/der zur Verfügung stehende Neonatologin/Neonatologe kontaktiert.
- 3) Das Transportteam wird entsandt.
- 4) Währenddessen werden die Kriterien für die HIE überprüft.
- 5) Bei Erfüllen der Kriterien wird empfohlen, die passive Kühlung fortzusetzen und die rektale Temperatur engmaschig zu überwachen.
- 6) Sobald das Transportteam eintrifft, wird mit einer kontinuierlichen rektalen Temperaturüberwachung begonnen.

- 7) Wenn es nötig erscheint, wird aktives Kühlen initiiert bis eine Temperatur von unter 34°C erreicht wird.
- 8) Das Neugeborene wird in einem temperierten Inkubator platziert.
- 9) Am Transport wird weiter die Temperatur rektal überwacht und so reguliert, dass sich ein Zielbereich von 33-34°C einstellt. Fällt die Temperatur unter 33°C, werden Decken platziert oder die Raumtemperatur im Inkubator erhöht. Unter 31°C werden Wärmepackungen aufgelegt.

Auch andere Autor(inn)en beschreiben das passive Kühlen als eine Methode, die vom anfordernden Krankenhaus durchgeführt werden kann und sicher ist, sofern die voraussetzenden Kriterien erfüllt sind und das entsprechende Personal, Equipment und Monitoring zur Verfügung stehen (77,80).

Die Verwendung von klinischen Protokollen kann dem Nicht-Tertiärkrankenhaus helfen, die richtige Diagnose zu stellen, eine therapeutische Hypothermie richtig zu beginnen bzw. aufrecht zu erhalten und eine Überkühlung zu vermeiden (81,82). *Abbildung 3* zeigt ein Kühlungsprotokoll zur Anwendung im anfordernden Krankenhaus beziehungsweise im Transportinkubator. Dabei wurde die Inkubatortemperatur initial auf 25°C gestellt (81).

**Abbildung 3: Konsensuskühlungsprotokoll: Kühlungsprotokoll (A) im anfordernden Krankenhaus und (B) im Transportinkubator (81)**



### **12.3. Komplikationen und Nebenwirkungen**

Häufige Probleme, die berichtet werden, sind „*Overcooling*“ (Überkühlung: Unterschreiten der Zieltemperatur), „*Undercooling*“ (Nicht-Erreichen der Zieltemperatur) und Bradykardie (77). In einem kleinen Kollektiv konnte bei überkühlten Neugeborenen bei der Aufnahme keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Vitalzeichen, Laborwerte und Auftreten von kardialen Arrhythmien (mit Ausnahme der Sinusbradykardie) im Vergleich zu angemessen gekühlten beobachtet werden (78).

Besonders bei aktivem Kühlen ohne Temperaturmonitoring und mit Eispackungen anstatt Kühlpackungen besteht das Risiko einer Überkühlung (78,81).

Vor allem Neugeborene mit einem niedrigen Geburtsgewicht zeigten eine Tendenz zu Temperaturen unter 32°C (78).

Hingegen kommt es bei passivem Kühlen oft nicht zum Erreichen der Zieltemperatur (78,83).

Insgesamt sind aber Nebenwirkungen bei einer Ganzkörper-Hypothermie als gering einzustufen (82).

### **12.4. Monitoring**

Obwohl die passive Kühlmethode sicher erscheint, besteht auch hier ein Risiko zur Überkühlung und deshalb ist eine kontinuierliche zentrale Temperaturüberwachung bei jeder Kühlmethode essentiell (78,84).

Kendall et al. (2010) verglichen verschiedene Messmethoden und kamen auf das Ergebnis, dass durch Vasokonstriktion die Messung der Hauttemperatur nicht mit der Kerntemperatur korreliert. Als Alternative zur rektalen Messung kann die axilläre verwendet werden (81).

### **12.5. Personalausbildung**

Um eine übermäßige Kühlung zu verhindern ist es außerdem wichtig, anfordernde und aufnehmende Ärztinnen/Ärzte in dieser Thematik auszubilden und zu schulen.

Ebenso soll das Transportteam eine spezielle Ausbildung erhalten, die folgende Inhalte umfasst (78):

- 1) Grundprinzipien der Hypothermie
- 2) Eignungs- und Ausschlusskriterien
- 3) Fertigkeit der neurologischen Untersuchung um eine moderate bis schwere HIE festzustellen
- 4) Praktisches Umgehen mit aktiver und passiver Kühlung vor und während des Transportes

### **12.6. *Servo controlled* Kühlmaschinen**

*Servo controlled* Kühlmaschinen sind Apparaturen zum Kühlen von Patient(inn)en mit einem Feedbackmechanismus. Diese pumpen Wasser durch eine Matratze beziehungsweise eine Einmalhülle und regulieren dessen Temperatur je nach rektaler Temperaturmessung (83,85). Wurde diese Kühlmethode verwendet, erreichten 84% der Neugeborenen die Zieltemperatur bei Ankunft im Tertiärzentrum. Im Gegensatz dazu hatten nur 20% der passiv und 47% der aktiv mit Eispackungen gekühlten eine Körpertemperatur zwischen 33 und 34°C. Dies zeigt, dass „servokontrollierte“ Kühlmaschinen zuverlässig zum Erreichen der therapeutischen Hypothermie eingesetzt werden können (83). Sie bieten zusätzlich den Vorteil, dass sobald die Kühlung initiiert wurde, keine weiteren Interventionen mehr notwendig sind und man sich auf andere Stabilisierungsmaßnahmen konzentrieren kann (85).

### **13. Prostaglandin E1**

Prostaglandin E1 (PGE1) wird verwendet um den Ductus arteriosus botalli bei kongenitalen Herzfehlern bis zu einer chirurgischen Intervention offen zu halten (86).

In Schweden wurden zwei Zeitperioden von Luft- und Bodentransporten mit langer Distanz miteinander verglichen. Der Großteil der Neugeborenen wurde innerhalb der ersten Lebenswoche transportiert aufgrund einer geplanten Operation oder zur weiteren Abklärung eines kongenitalen Herzfehlers. Der häufigere Gebrauch von

PGE1 während des Transportes in der zweiten Periode führte zu einem besseren Transportoutcome (87).

Meckler et al. (2009) untersuchten in einer retrospektiven Studie das Auftreten von Nebenwirkungen und Komplikationen der PGE1-Therapie vor und während des Transportes. In 95% der Fälle wurde im anfordernden Krankenhaus mit der Therapie begonnen. In *Tabelle 9* ist das Management der PGE1-Applikation vor dem Transport und das Atemwegsmanagement beschrieben (88).

**Tabelle 9: Charakteristika der PGE1-Gabe und des Atemwegsmanagements (88)**

<b>PGE<sub>1</sub> Charakteristika (N = 196)</b>	<b>Anzahl (%)</b>
<b>Verabreichungsweg</b>	
Peripherer Zugang	138 (70)
Nabelarterienkatheter	44 (22)
Nabelvenenkatheter	5 (3)
Zentralvenöser Zugang	4 (2)
<b>Dosis (N = 197)</b>	
<0.05 µg/kg pro Min.	54 (28)
0.05 µg/kg pro Min.	99 (50)
>0.05 µg/kg pro Min.	44 (22)
<b>Relation zum Transport (N = 196)</b>	
<3 h davor	50 (26)
3–6 h davor	41 (21)
6–12 h davor	44 (22)
>12 h davor	61 (31)
<b>Airway-Management (N = 199)</b>	
<b>Art der Intubation</b>	
Nicht intubiert	73 (37)
Notfallintubation	103 (52)
Elektive Intubation	23 (12)

Bei 38% der Patient(inn)en kam es zu Nebenwirkungen. Die häufigsten waren Apnoe, Hypotension und Fieber. *Tabelle 10* zeigt das Auftreten von Nebenwirkungen und deren Beziehung zum Transport. Die Assoziation mit der PGE1-Gabe wurde als „wahrscheinlich“ eingestuft, wenn die Nebenwirkung direkt auf die PGE1-Gabe zurückzuführen war oder sie innerhalb von 12 Stunden nach Therapiebeginn ohne alternative medizinische Erklärung auftrat. Ein möglicher Zusammenhang bestand dann, wenn es zu den oben genannten Kriterien eine andere medizinische Erklärung gab. Voraussagend für das Auftreten von Nebenwirkungen waren Komorbiditäten, eine hohe PGE1-Dosis während des

Transportes, eine „*single-ventricle*“-Pathologie und eine lange Dauer der PGE1-Infusion vor dem Transport (88).

Die Gabe von PGE1 während des Transportes von Neugeborenen mit einem duktusabhängigen kongenitalen Herzfehler und ohne mechanische Beatmung scheint bei einer Dosis unter 15 ng/kg/min sicher zu sein. Eine höhere Dosis führt mit höherer Wahrscheinlichkeit zu Apnoen (89).

**Tabelle 10: Nebenwirkungen von PGE1 und deren Beziehungen zum Transport (88)**

Variable	Vor dem Transport		Während des Transportes		Nach dem Transport		Gesamt (%)
	Wahrscheinlich n (%)	Möglich n (%)	Wahrscheinlich n (%)	Möglich n (%)	Wahrscheinlich n (%)	Möglich n (%)	
Apnoe	22 (11.0)	2 (1.0)	4 (2.0)	0 (0.0)	6 (3.0)	0 (0.0)	34 (18.0)
Hypoventilation	0 (0.0)	1 (0.5)	6 (3.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.5)	8 (4.0)
Hypotension	3 (1.5)	3 (1.5)	10 (5.0)	8 (4.0)	0 (0.0)	1 (0.5)	25 (13.0)
Arrhythmie	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.5)
Fieber	0 (0.0)	0 (0.0)	22 (11.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	22 (11.0)

## 14. Surfactant

Besonders bei Frühgeborenen mit einem Gestationsalter <35 Wochen kann es durch eine Lungenunreife und einem Surfactantmangel zu einem Atemnotsyndrom (IRDS: infant respiratory distress syndrome) kommen. Neben Sauerstoffgabe und maschineller Beatmung kann die endotracheale Verabreichung von Surfactant als kausale Therapie notwendig werden. Die/Der behandelnde Ärztin/Arzt sollte in der Applikationstechnik und in der neonatologischen Intensivmedizin geübt sein (86).

Vergleicht man die arteriellen Blutgase bei Frühgeborenen, die Surfactant vor oder nach dem Transport erhielten, zeigt sich, dass die Gabe vor dem Transport keinen kurzzeitigen Vorteil bringt (90). Auch der mittlere Atemwegsdruck bleibt unverändert (91).

Die Surfactantgabe bei Frühgeborenen vor dem Transport kann sicher angewandt werden, zeigt aber im Vergleich zu einer späteren Gabe keinen Unterschied in Bezug auf Mortalität und Morbidität (90,91).

Ein Vorteil der frühen Surfactantgabe war eine Reduktion der Beatmungstage (91).

In Australien wird eine Surfactantgabe vor Eintreffen des NETS (Neonatal Emergency Transport Service) nicht befürwortet, weil es oft in kleinen Krankenhäusern nicht verfügbar ist, selten verwendet wird, Nebenwirkungen hat und teuer ist (91).

Auch Wright et al. (2000) zeigten, dass die Surfactantgabe in Oregon (Vereinigte Staaten von Amerika) üblicherweise erst durch das Transportteam erfolgt (5).

## **15. Inhalatives Stickstoffmonoxid (iNO)**

Eine persistierende pulmonale Hypertension des Neugeborenen (PPHN) ist häufig mit Mekoniumaspiration, Sepsis oder Pneumonie assoziiert. Es kann zu extra- und intrapulmonalen Shunts, limitiertem Lungenvolumen und einer verringerten Lungencompliance kommen. Dies wiederum kann zu Hypoxämie, Hyperkapnie, Azidose und einer Verstärkung eines Rechts-Links-Shunts führen. Stickstoffmonoxid ist ein selektiver pulmonaler Vasodilatator und wird in der Behandlung der PPHN und bei schwerem respiratorischen Versagen eingesetzt (92).

Die iNO-Therapie während des Transportes führt zu einer signifikanten Verbesserung der Oxygenierung (93,94).

Es wurden keine unerwünschten Ereignisse beobachtet und Messungen in Kabinen von verschiedenen Fahrzeugen zeigten, dass die Umgebungs-NO- und -NO<sub>2</sub> (Stickstoffdioxid)-Konzentration innerhalb eines sicheren Bereiches blieben (93,94).

Kinsella et al. (2002) weisen darauf hin, dass in Krankenhäusern, die keine ECMO (Extrakorporale Membranoxygenierungs)-Therapie anbieten können, zumindest ein Transportsystem mit der Möglichkeit zur iNO-Therapie zur Verfügung stehen sollte. Wichtig ist die Kommunikation zwischen anforderndem Krankenhaus und ECMO-Zentrum, sowie die Optimierung der hämodynamischen Stabilität und Lungenbelüftung vor Beginn der iNO-Therapie. Um strukturelle und funktionelle

Kontraindikationen (anatomische Defekte oder stark verminderte linksventrikuläre Leistung) auszuschließen, sollte eine Echokardiographie gemacht werden. Die iNO-Therapie sollte während des Transportes fortgeführt werden. Allerdings gibt es noch keine etablierten Richtlinien für die Verwendung einer iNO-Therapie (94).

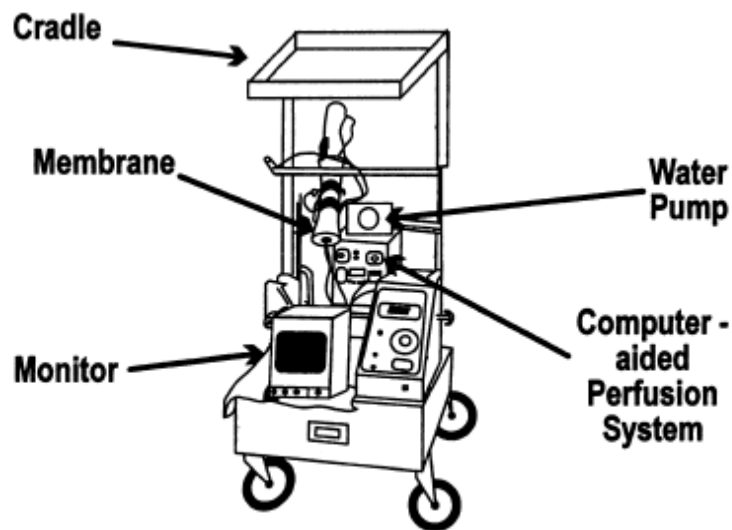
## 16. ECMO

Versagen die iNO-Therapie und eine Hochfrequenzoszillationsbeatmung zur Verbesserung der Oxygenierung, kann eine extrakorporale Membranoxygenierung notwendig werden. Kriterien der ECMO-Therapie sind: Gestationsalter >34 Wochen, Geburtsgewicht >2kg, keine Gerinnungsstörung, fehlendes Ansprechen auf andere therapeutische Maßnahmen und das Vorliegen eines Oxygenierungsindex von 25-40 (86).

Wilson et al. (2002) beschreiben den Transport von Neugeborenen mit einer mobilen ECMO. Das Equipment wird in dem Fach unter dem Inkubator gesichert. Es besteht aus einer Rollenpumpe, einem Wärmeaustauscher, einer „Bladder Box“, einem kardiovaskulären Monitoring, einem Ventilator, 3 Perfusoren und einer kontinuierlichen Messung der arteriellen und venösen Blutgase vom ECMO-Kreislauf. Zusätzlich zu einem Krankenwagen gibt es zwei Lieferwagen für den Transport des Personals und Equipments. Das Transportteam besteht aus 2 „ECMO-Ärzt(inn)en“, 2 Neonatolog(inn)en, chirurgischem Personal, 2 Schwestern/Pflegern, 2 „ECMO-Koordinator(inn)en“ und 2 „*respiratory therapists*“ (95).

In einem Transportsystem in Arkansas (USA) wird eine konventionelle kardiopulmonale „*Bypass Roller*“-Pumpe verwendet (siehe *Abbildung 4*). Das Equipment wird je nach Transportphasen in 7 verschiedenen Packungen eingeteilt (chirurgische, medizinische, Equipment- und respiratorische Phase) (96).

Abbildung 4: Trage und mobile ECMO-Pumpe (96)



Die Anforderung erfolgt über die/den Neonatologin/Neonatologen auf Abruf. Mit der/dem anfordernden Ärztin/Arzt zusammen wird unter anderem die Patientengeschichte, das derzeitige Problem und Therapie besprochen und die Möglichkeit einer mobilen ECMO-Therapie überprüft. Die/Der Neonatologin/Neonatologe kontaktiert anschließend die/den „ECMO-Koordinator/in“, woraufhin das „ECMO-Team“ angefordert wird. Während die/der Koordinator/in das Equipment zusammenstellt, informiert sich die/der Ärztin/Arzt bei dem anfordernden Krankenhaus über den Zustand des Neugeborenen und gibt den Ankunftszeitpunkt bekannt (96).

Es wird angenommen, dass aufgrund der Heparinisierung unter der ECMO-Therapie durch Vibrationen und Bewegungen die Neugeborenen während des Transportes eine höhere Inzidenz von Blutungskomplikationen bestehen könnte (96).

Vergleicht man Patient(inn)en, welche eine ECMO-Therapie am Transport erhielten mit jenen, die sie erst im Zielkrankenhaus bekamen, zeigt sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf Inzidenz von Hämorrhagien (gastrointestinal, pulmonal, im Bereich der Kanüle) und mechanischen Problemen im ECMO-Kreislauf (Tubenruptur, Oxygenatorversagen) (95).

Die mobile ECMO-Therapie scheint sicher zu sein und führt zu akzeptablen Überlebensraten. Allerdings ist es eine risikobeladene und teure Transportmodalität und sollte einen frühzeitigen Transport in ein ECMO-Zentrum nicht ersetzen (95,96).

## 17. Qualitätssicherung

### 17.1. Dokumentation

In bis zu 82% der Fälle gibt es keine Dokumentation über die Vitalzeichen des Neugeborenen während des Transportes (20).

Moss et al. (2005) ließen die Anzahl an unerwünschten Zwischenfällen in zwei Zeitperioden dokumentieren. Nach Ende der ersten Zeitperiode wurden bestimmte Veränderungen durchgeführt und im zweiten Zeitraum deren Effekt auf das Auftreten von Komplikationen erhoben. Es zeigte sich, dass durch verbesserte Ausbildung des Personals und Einführung von Leitlinien zur Instandhaltung von Equipment die Zahl von kritischen Vorkommnissen signifikant reduziert werden konnten (23). *Tabelle 11* zeigt den Vergleich dieser zwei Zeitperioden.

Auch das Austauschen von Informationen und Erfahrungen mit anderen Transportservices könnte die Anzahl von unerwünschten Zwischenfällen vermindern (23).

**Tabelle 11: Art und Häufigkeit der Zwischenfälle beim Transport (23)**

Ereignis	Anzahl 1997-2001 (% der Transporte)	Anzahl 2001-2004 (% der Transporte)
Schlechte Vorbereitung	41 (3,0)	15 (1,5)*
Logistisches Problem	22 (1,6)	9 (0,9)
Schlechte Kommunikation	14 (1,0)	20 (2,0)
Verspätung vom Krankenwagen	158 (11,4)	40 (3,9)***
Krankenwagen /Equipmentfehler	72 (5,2)	26 (2,5)**
Transportequipmentfehler	60 (4,3)	19 (1,9)**
Klinische Probleme	87 (6,3)	42 (4,1)*
Sonstiges	22 (1,6)	14 (1,4)

\*p<0,05, \*\*p<0,005, \*\*\*p<0,001

## **17.2. Scores**

Mit dem TRIPS (siehe auch 2.1.1) können Basisdaten, beispielsweise über zwei Zeitperioden, ermittelt werden und somit Interventionserfolg oder Transportqualität verglichen werden (8).

## **18. Derzeitige Leitlinien im deutschsprachigen Raum**

Die Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) veröffentlichte unter anderem die S1-Leitlinie zur Verlegung von Früh- und Reifgeborenen in Krankenhäuser der adäquaten Versorgungsstufe (siehe auch Kapitel 1). Mitwirkende Gesellschaften waren die Deutsche Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin, die Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe, die Deutsche Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin und die Deutsche Gesellschaft für Perinatale Medizin. Das Hauptziel dieser Leitlinien sind niedrige neonatale Mortalität und Morbidität mit möglichst gutem neurologischen Langzeitoutcome. Diese Leitlinien umfassen postnatale Aufnahme- und Verlegungskriterien in Abhängigkeit von den Versorgungsstufen der Krankenhäuser (6).

Des Weiteren veröffentlichte die AWMF unter anderem Leitlinien zu den „Indikationen zur Einweisung von Schwangeren in Krankenhäuser der adäquaten Versorgungsstufe“, zur „Erstversorgung von Neugeborenen“ und zu den „Aufgaben des Neugeborenen-Notarztdienstes“ (97).

Ein bei der AWMF gemeldetes Leitlinienvorhaben unter dem Titel „Neugeborenen-Transport“ ist derzeit in Bearbeitung und soll am 31.12.2014 fertiggestellt werden.

# Diskussion

## 1. Transferierungsleitlinien

Für den deutschsprachigen Raum gibt es sowohl von der Steiermärkischen KAGES als auch von der GNPI Leitlinien für den Transport beeinträchtigter Neugeborener (3,6). Diese umfassen einen Indikationskatalog, in welchen Fällen ein neonatologischer Intensivtransport durchgeführt werden sollte, beschreiben aber nicht, wie ein solcher Transport zu erfolgen hat. Die geplanten AWMF Leitlinien werden evidenzbasierte Vorschläge zur Durchführung von Neugeborenen-Intensivtransporten beinhalten, sind aber derzeit noch nicht verfügbar. Vergleicht man die vorhandenen Leitlinien miteinander, zeigt sich, dass diese in den meisten Punkten miteinander übereinstimmen.

In der Steiermark werden die vorliegenden Transferierungsempfehlungen beachtet, um die Indikation eines neonatalen Transportes zu stellen. Es kann zu Abweichungen von diesen Leitlinien kommen, wenn die/der zuständige Neonatologin/Neonatologe je nach Zustand des Neugeborenen und je nach den Fähigkeiten des Personals vor Ort individuell Entscheidungen trifft.

## 2. Risikoscores

Transport-Scores, wie der TRIPS oder MINT, kommen aus dem angloamerikanischen Raum und wurden entwickelt, um prospektiv das Risiko für einen neonatalen Transport abschätzen und retrospektiv die Transportqualität beurteilen zu können (7,8,11). In Mitteleuropa haben derartige Scores bislang keinen großen Stellenwert und werden kaum eingesetzt. Speziell auch in der Steiermark gibt es kaum Erfahrung mit der Verwendung solcher Scores. Die Entwicklung und Einführung von entsprechenden Scores als Entscheidungshilfe über die zu wählende Transportart (Rettungsfahrzeug oder Helikopter) und das Transportteam (Neonatologin/Neonatologe, Ärztin/Arzt in Ausbildung, mit oder ohne Intensivkinderkrankenpflegepersonal) wäre möglicherweise von Nutzen.

### **3. Risikofaktoren und Komplikationen bei Transporten**

Verschiedene Autor(inn)en sind sich nicht einig, ob sich die Länge der Transportdauer negativ auf das Neugeborene auswirken kann. Vieira et al. (2011) führten eine prospektive Studie durch und fanden eine Korrelation zwischen einer langen Transportdauer und dem Auftreten von Komplikationen (16). Bei Mori et al. (2007) zeigte sich eine Assoziation zwischen Transporten über 60 Minuten und einer erhöhten Mortalität (21). Bei Grosek et al. (2009) hingegen wurde in einer prospektiven Studie keine Erhöhung der Leukozytenzahl oder Herzfrequenz bei langer Transportdauer gemessen (22). Randomisiert kontrollierte Studien fehlen, in welchen Mortalität, Morbidität und das Auftreten von Stress bei langen Transporten untersucht wurden.

Studien zeigen, dass das Vorkommen von Equipment und Rettungsdienst assoziierten Zwischenfällen häufig ist (20,23). Ebenso kann es zu Komplikationen wie Hypothermie, Hyperoxie oder Entsättigung kommen (15). Es ist bekannt, dass Hypothermie mit einer erhöhten Mortalität bei Neugeborenen assoziiert ist (24). Durch die Anwendung von Wärmematratzen und einer kontinuierlichen Temperaturmessung während des Transportes kann eine physiologische Körperkerntemperatur aufrechterhalten werden (25). Des Weiteren stellt der neonatale Transport einen Risikofaktor für intrakranielle Blutungen dar (26-29). In Graz wird die Körpertemperatur während des Transportes durch punktuelle rektale Temperaturmessungen überwacht und Transportinkubatoren mit variablen Temperatureinstellungen eingesetzt. Wärmematratzen werden derzeit nicht eingesetzt.

Um zu ermitteln, ob Lufttransporte einem System zur Verfügung stehen sollen, müssen unter anderem der Bedarf an neonatalen Transporten und die Gegebenheiten einer Region erhoben werden. Das Equipment sollte mit allen Transportmitteln kompatibel sein und eine Zusammenarbeit mehrerer Berufsgruppen, wie zum Beispiel Klinikern und Technikern, sollte möglich sein (36). Transporte mit Automobilen, Flugzeugen oder Helikoptern weisen Vor- und Nachteile auf, sei es in Bezug auf Kosten, Zeit oder mechanischen Stress. Wright et al. (2000) empfehlen, dass wenn das Neugeborene instabil ist bzw. wenn die Möglichkeit, das Equipment oder die Fähigkeiten zur Stabilisierung fehlen, die

zeiteffektivste Transportart gewählt werden muss, hingegen bei einem stabilen Neugeborenen die kosteneffektivste (5). In der Steiermark entscheidet die/der diensthabende Ärztin/Arzt auf der Neonatologie über die Transportart. Wenn das Neugeborene beatmet ist, das Gestationsalter unter der 28. SSW liegt oder eine schnelle Versorgung durch eine/n Neonatologin/Neonatologen oder Pädiater/in vor Ort nicht gewährleistet ist, wird - wenn verfügbar - der Transport mit dem Hubschrauber durchgeführt. Der Transport mit dem Flugzeug spielt in Österreich keine große Rolle und wird nur in Ausnahmefällen durchgeführt.

Die endgültigen Auswirkungen von Vibrationen auf das Neugeborene scheinen noch nicht vollständig bekannt zu sein. Deswegen erscheint es sinnvoll, sich Gedanken über die Reduktion von Lärm und mechanischen Schwingungen zu machen. Beispielsweise können Gehörschützer den Lärm, Matratzen die Vibrationen und eine Sedoanalgesierung die Stresswahrnehmung dämpfen (66,71,72,74). In Graz wird derzeit bei Transporten routinemäßig kein Gehörschutz für Neugeborene eingesetzt, ist aber Thema gegenwärtiger Diskussionen. Die Durchführung von Vibrationsmessungen und in der Folge spezifische Maßnahmen zur Reduktion mechanischer Schwingungen erscheinen ebenfalls sinnvoll.

Zurzeit gibt es auch keine aktuellen Studien und Empfehlungen über die für die/den Patient(inn)en schonendste Position des Inkubators im Transportmittel und in Bezug auf die Fahrtrichtung (48).

Um diese Aspekte zu untersuchen, sollten kontrolliert randomisierte Studien durchgeführt werden. Diese sollten sowohl die Auswirkungen von Vibrationen und Lärm in den jeweiligen Fahrzeugmodellen, als auch die beste Position und Lagerung des Neugeborenen untersuchen.

#### **4. Anforderung eines neonatologischen Intensivtransportes**

Die Anforderung eines Transportes sollte von einer erfahrenen Person über eine 24-Stunden Hotline gemacht werden. Dabei sollte ein klares Protokoll verwendet werden und möglichst detaillierte Patientendaten weitergeben werden (43). Im Perinatalzentrum der Universitätsklinik Graz in Österreich wird die/der diensthabende Ärztin/Arzt auf der Neonatologie telefonisch kontaktiert. Dieser

schätzt die Situation ein und stellt danach die Indikation zu einem neonatalen Transport und entscheidet über das weitere Vorgehen. Ein vorgeschriebenes Protokoll zur Durchführung des telefonischen Anforderungsgespräches, wie es beispielsweise in Rettungsleitstellen standardmäßig Verwendung findet, liegt derzeit nicht vor.

Eine wichtige Rolle spielt die Stabilisierung des Neugeborenen. Dabei sollte vom anfordernden Krankenhaus eine Basisüberwachung durchgeführt werden, auf die Thermoregulation, den Blutglukosespiegel, eine adäquate Oxygenierung und eine gute Flüssigkeitsbilanz geachtet werden und notwendige Interventionen durchgeführt werden (5). Das STABLE Programm scheint eine gute Möglichkeit zu sein, das Personal diesbezüglich auszubilden und zu schulen (47). Allerdings ist das STABLE Programm auf das im angloamerikanischen Raum befindliche Personal ausgerichtet und somit nicht in jedem System anwendbar. In der Steiermark werden aus diesem Grund keine Schulungen im Rahmen des STABLE Programms angeboten.

## **5. Durchführung von neonatologischen Transporten**

In der Frage, welche Berufsgruppen das Transportteam bilden sollten, scheinen sich verschiedene Autor(inn)en nicht einig zu sein. Eine Möglichkeit, um Kosten und Ressourcen zu sparen, wäre die Trennung in „*low-risk*“- und „*high-risk*“-Transporte. Neugeborene mit niedrigem Risiko können auch von nicht-ärztlichem Personal adäquat begleitet werden (55). Sicher ist, dass das eingesetzte Personal in der Stabilisierung und Überstellung von Neugeborenen gut ausgebildet und erfahren sein sollte (36,43).

In der Steiermark wird jeder Neugeborenen-Intensivtransport von der/dem auf der Neonatologie diensthabenden Ärztin/Arzt und einer/einem an der Neonatologie tätigen Krankenschwester/-pfleger durchgeführt. Transporte von kardiorespiratorisch völlig stabilen Neugeborenen, die beispielsweise aufgrund der Notwendigkeit von spezieller Diagnostik (z.B. Echokardiographie bei Systolikum etc.) transferiert werden müssen, werden im Beisein von (Notfall-) Sanitäter(inne)n durch den lokalen Rettungsdienst (Rotes Kreuz, Grünes Kreuz) durchgeführt.

## 6. Ausstattung beim Neugeborenen-Intensivtransport

Es ist empfehlenswert, in einem organisierten klinischen Netzwerk das Transportequipment zu standardisieren (43). Es wird folgende Mindestausstattung empfohlen: Beatmungsgerät, Wärmesystem, Perfusoren, Multiparameter Monitor, Absaugmöglichkeit und je nach Transportteam ein inhalatives NO Abgabesystem (37).

Die Ausstattung des Transportinkubatorsystems der Universitätsklinik Graz deckt sich weitgehend mit diesen Empfehlungen. Ebenso ist ein mobiles inhalatives NO-Abgabesystem im Akutfall verfügbar. Indikationen für die Notwendigkeit eines solchen Transportes sind aber selten. Zusätzlich zur oben angeführten Aufzählung der geforderten Mindestausstattung werden in Graz standardmäßig eine Kühlbox für diverse Medikamente und ein Notfallkoffer mitgeführt.

Standards für das Patientenmanagement und Monitoring während des Transportes müssen eingeführt werden (20). Es wird empfohlen eine Standardüberwachung mit EKG, Pulsoxymetrie, Blutdruckmessung, Temperaturmessung, Atemfrequenzmessung und Kapnometrie durchzuführen (37). Dies scheint im deutschsprachigen Raum bereits etabliert zu sein. Eine transkutane Ermittlung von CO<sub>2</sub>-Werten während des Transportes wird in der Steiermark derzeit nicht eingesetzt; auch die endtidale Kapnometrie wird derzeit nicht routinemäßig durchgeführt. Rektale Temperaturmessungen erfolgen meist punktuell, können aber auch kontinuierlich durchgeführt werden. Mit den im Transportsystem der Universitätsklinik Graz verwendeten Transportinkubatoren zeigt sich die Aufnahmetemperatur der transportierten Neugeborenen meist im Normbereich, so dass ein kontinuierliches Körpertemperatur-Monitoring nur in Ausnahmefällen notwendig erscheint (z.B. passive Kühlung nach schwerer Asphyxie mit HIE).

Der *Respiratory Function Monitor* scheint eine nützliche Methode zu sein, um während des Transportes die Beatmung von Neugeborenen zu überwachen und in der Folge Respiratoreinstellungen zu optimieren (64). In Mitteleuropa ist der Einsatz dieser Überwachungsmethode während des Neugeborenen-Transportes noch nicht standardmäßig in Verwendung. Je nach Patientengut sollte der höhere Aufwand mit dem Nutzen abgewogen werden. Des Weiteren sollte bedacht

werden, dass auch in diesem Fall das Personal in der Interpretation der Werte und möglichen Fehlerquellen geschult sein muss, damit dieses Monitoring dem Neugeborenen einen Vorteil bringt.

Beatmungsgeräte sollten die Möglichkeit für invasive (SIMV) und non-invasive Beatmung (CPAP) umfassen. Einige transportpflichtige Neugeborene können von einer nasalen CPAP Therapie während des Transportes profitieren. Allerdings gibt es wenige Daten darüber und keine Kriterien zur Auswahl an Neugeborenen, die dafür geeignet erscheinen (76). Um solche Kriterien zu entwickeln, wäre es denkbar, die innerklinisch gültigen Richtlinien für eine nasale CPAP Therapie anzupassen und zu verwenden. Im Transportsystem der Universitätsklinik Graz wird die Indikation für eine endotracheale Intubation und kontrollierte Beatmung bei der Stabilisierung unter gesetzten Bedingungen bei langen Transporten großzügig gestellt, weil während des Transportes oft enge Platzverhältnisse herrschen und daher eine Eskalation der respiratorischen Therapie während des Transportes nahezu keine Therapieoption darstellt.

Damit Neugeborene mit hypoxisch ischämischer Enzephalopathie von einer therapeutischen Hypothermie profitieren, ist es wichtig, dass alle Geburtskliniken über diese gut verfügbare, aber zeitabhängige Therapieoption aufgeklärt werden (80). Durch Steigerung des Bewusstseins von Ärzt(inn)en in peripheren Krankenhäusern und die Entwicklung von allgemein gültigen Richtlinien sollte die Notwendigkeit einer rektalen Temperaturüberwachung aufgezeigt werden (81). Es gibt bereits dokumentierte Vorgehensweisen für die Initiierung dieser Therapie im anfordernden Krankenhaus und während des Transportes sowie für die erforderlichen praktischen Fähigkeiten von Ärzt(inn)en (78,79,81). Es werden Leitlinien für den Kühlungsprozess und die Auswahl der dafür geeignet erscheinenden Patient(inn)en gebraucht, um den Ärzt(inn)en in den peripheren Krankenhäusern eine Hilfestellung zu geben (77).

Ein Kriterium für die Initiierung einer Hypothermiebehandlung ist, dass das zu behandelnde Neugeborene nicht älter als 6 Stunden ist (79). In den peripheren Krankenhäusern der Steiermark könnte bei entsprechender Indikationsstellung eine therapeutischen Hypothermie durch passive Kühlung begonnen und dann am Transport fortgesetzt werden Da in der Steiermark die Transportdauer aber meist

kurz ist (<2 Stunden) und das Eintreffen des Neugeborenen im Perinatalzentrum (Graz oder Leoben) so gut wie immer in dem geforderten Zeitfenster erfolgt, wird mit der Kühlung oft erst eben dort begonnen.

Von der Gabe von PGE1 während des Transportes scheinen Neugeborene mit duktusabhängigen kongenitalen Herzfehlern zu profitieren. Allerdings ist zu beachten, dass Dosierungen über 15 ng/kg/min häufiger zu Apnoen führen, wie Studien gezeigt haben (89). Auch die Surfactantgabe sollte nur von geübten Neonatolog(inn)en durchgeführt werden (86). Es ist nicht sicher, ob eine frühe endotracheale Gabe einen Vorteil für ein Neugeborenes mit IRDS bringt (90,91).

In peripheren Krankenhäusern der Steiermark stehen Prostaglandinpräparate und Surfactant zur Verfügung. Allerdings werden diese in der Regel von erfahrenen Neonatolog(inn)en oder Pädiater(inne)n verabreicht (86). Diese Medikamente werden auch während des Neugeborenen-Intensivtransportes mitgeführt.

Einige Autor(inn)en beschreiben die Möglichkeit eines Transportes von Neugeborenen mit einer mobilen ECMO. Dieser führt zwar zu einer akzeptablen Überlebensrate, ist aber auch risikobeladen und teuer (95,96). Im deutschsprachigen Raum steht diese Transportmodalität derzeit nur in Ausnahmefällen zur Verfügung.

## **7. Qualitätssicherung und Risikomanagement**

Es gibt mehrere Möglichkeiten Qualitätssicherung durchzuführen, sei es durch Austausch von Informationen und Erfahrungen oder durch Dokumentation mittels TRIPS (8,23). Im Transportsystem der Universitätsklinik Graz evaluiert ein als Risikomanager ausgebildeter Neonatologe Risiken und erarbeitet Verbesserungsvorschläge.

Innerhalb der steiermärkischen KAGES steht auch ein sog. *Critical Incidence Report System* (CIRS) zur Verfügung. Dies ist ein Berichtssystem zur anonymisierten Meldung von kritischen Ereignissen und dient der Patientensicherheit. Bei neonatologischen Transporten aufgetretene kritische Vorkommnisse oder Beinahe-Ereignisse können auf diese Weise gemeldet und anonym diskutiert werden. Lösungsvorschläge und Wege zukünftig ähnliche

Ereignisse zu verhindern, werden von den Nutzern bzw. von Moderatoren erarbeitet. In *Tabelle 3* ist ersichtlich, dass in den meisten Bereichen des neonatalen Transportes nur wenige Studien zur Verfügung stehen. Besonders auf die im deutschsprachigen Raum gebräuchlichen Transportsysteme abgestimmte randomisiert kontrollierte Studien sollten durchgeführt werden. Darauf aufbauend könnten Empfehlungen und Richtlinien entwickelt werden, damit transportpflichtige Neugeborene bestmöglich stabilisiert und versorgt werden und der Transport unter idealen Bedingungen stattfinden kann.

## Literaturverzeichnis

- (1) Obladen M, Maier RF. Neugeborenen-Intensivmedizin. 7.th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006.
- (2) Bundesministerium für Gesundheit und Frauen. Österreichischer Strukturplan Gesundheit (ÖSG). 2012; Available at: [http://www.bmg.gv.at/cms/home/attachments/1/0/1/CH1071/CMS1136983382893/oesg\\_2012\\_text\\_ohne\\_matrizen.pdf](http://www.bmg.gv.at/cms/home/attachments/1/0/1/CH1071/CMS1136983382893/oesg_2012_text_ohne_matrizen.pdf). Accessed September, 02., 2013.
- (3) Steiermärkische KAGes. Transferierungsempfehlungen für Risikoschwangerschaften in ein Perinatalzentrum bzw. für Neugeborene in eine Neonatologie. 2001.
- (4) Gemeinsamer Bundesausschuss. Vereinbarung des Gemeinsamen Bundesausschusses über Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Versorgung von Früh- und Neugeborenen. 2009; Available at: <http://www.g-ba.de/informationen/richtlinien/41/>. Accessed August, 23., 2013.
- (5) Wright JD. Before the transport team arrives: neonatal stabilization. J Perinat Neonatal Nurs 2000 Mar;13(4):87-107; quiz 113-4.
- (6) Gesellschaft für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin e.V. (GNPI). Verlegung von Früh- und Reifgeborenen in Krankenhäuser der adäquaten Versorgungsstufe. 04/2013; Available at: [www.awmf.de](http://www.awmf.de). Accessed August, 23., 2013.
- (7) Lee SK, Zupancic JA, Pendray M, Thiessen P, Schmidt B, Whyte R, et al. Transport risk index of physiologic stability: a practical system for assessing infant transport care. J Pediatr 2001 Aug;139(2):220-226.
- (8) Eliason SH, Whyte H, Dow K, Cronin CM, Lee S, Canadian Neonatal Network. Variations in Transport Outcomes of Outborn Infants among Canadian Neonatal Intensive Care Units. Am J Perinatol 2012 Aug 23.
- (9) Goldsmit G, Rabasa C, Rodriguez S, Aguirre Y, Valdes M, Pretz D, et al. Risk factors associated to clinical deterioration during the transport of sick newborn infants. Arch Argent Pediatr 2012 Aug;110(4):304-309.
- (10) Lucas da Silva PS, Euzebio de Aguiar V, Reis ME. Assessing outcome in interhospital infant transport: the transport risk index of physiologic stability score at admission. Am J Perinatol 2012 Aug;29(7):509-514.
- (11) Broughton SJ, Berry A, Jacobe S, Cheeseman P, Tarnow-Mordi WO, Greenough A, et al. The mortality index for neonatal transportation score: a new mortality prediction model for retrieved neonates. Pediatrics 2004 Oct;114(4):e424-8.
- (12) The CRIB (clinical risk index for babies) score: a tool for assessing initial neonatal risk and comparing performance of neonatal intensive care units. The International Neonatal Network. Lancet 1993 Jul 24;342(8865):193-198.

- (13) Escobar GJ, Fischer A, Li DK, Kremers R, Armstrong MA. Score for neonatal acute physiology: validation in three Kaiser Permanente neonatal intensive care units. *Pediatrics* 1995 Nov;96(5 Pt 1):918-922.
- (14) Lee SK, Aziz K, Dunn M, Clarke M, Kovacs L, Ojah C, et al. Transport Risk Index of Physiologic Stability, Version II (TRIPS-II): A Simple and Practical Neonatal Illness Severity Score. *Am J Perinatol* 2012 Sep 21.
- (15) Vieira AL, Santos AM, Okuyama MK, Miyoshi MH, Almeida MF, Guinsburg R. Predictive score for clinical complications during intra-hospital transports of infants treated in a neonatal unit. *Clinics (Sao Paulo)* 2011;66(4):573-577.
- (16) Vieira AL, dos Santos AM, Okuyama MK, Miyoshi MH, de Almeida MF, Guinsburg R. Factors associated with clinical complications during intra-hospital transports in a neonatal unit in Brazil. *J Trop Pediatr* 2011 Oct;57(5):368-374.
- (17) Berge SD, Berg-Utby C, Skogvoll E. Helicopter transport of sick neonates: a 14-year population-based study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005 Aug;49(7):999-1003.
- (18) Lang A, Brun H, Kaaresen PI, Klingenberg C. A population based 10-year study of neonatal air transport in North Norway. *Acta Paediatr* 2007 Jul;96(7):995-999.
- (19) Holt J, Fagerli I. Air transport of the sick newborn infant: audit from a sparsely populated county in Norway. *Acta Paediatr* 1999 Jan;88(1):66-71.
- (20) Barry PW, Ralston C. Adverse events occurring during interhospital transfer of the critically ill. *Arch Dis Child* 1994 Jul;71(1):8-11.
- (21) Mori R, Fujimura M, Shiraishi J, Evans B, Corkett M, Negishi H, et al. Duration of inter-facility neonatal transport and neonatal mortality: systematic review and cohort study. *Pediatr Int* 2007 Aug;49(4):452-458.
- (22) Grosek S, Mlakar G, Vidmar I, Ihan A, Primožic J. Heart rate and leukocytes after air and ground transportation in artificially ventilated neonates: a prospective observational study. *Intensive Care Med* 2009 Jan;35(1):161-165.
- (23) Moss SJ, Embleton ND, Fenton AC. Towards safer neonatal transfer: the importance of critical incident review. *Arch Dis Child* 2005 Jul;90(7):729-732.
- (24) Gunn T, Outerbridge EW. Effectiveness of neonatal transport. *Can Med Assoc J* 1978 Mar 18;118(6):646-649.
- (25) L'Herault J, Petroff L, Jeffrey J. The effectiveness of a thermal mattress in stabilizing and maintaining body temperature during the transport of very low-birth weight newborns. *Appl Nurs Res* 2001 Nov;14(4):210-219.
- (26) Gleissner M, Jorch G, Avenarius S. Risk factors for intraventricular hemorrhage in a birth cohort of 3721 premature infants. *J Perinat Med* 2000;28(2):104-110.
- (27) Harding JE, Morton SM. Adverse effects of neonatal transport between level III centres. *J Paediatr Child Health* 1993 Apr;29(2):146-149.

- (28) Thorp JA, Jones PG, Clark RH, Knox E, Peabody JL. Perinatal factors associated with severe intracranial hemorrhage. *Am J Obstet Gynecol* 2001 Oct;185(4):859-862.
- (29) Towers CV, Bonebrake R, Padilla G, Rumney P. The effect of transport on the rate of severe intraventricular hemorrhage in very low birth weight infants. *Obstet Gynecol* 2000 Feb;95(2):291-295.
- (30) Vural M, Yilmaz I, Ilikkan B, Erginoz E, Perk Y. Intraventricular hemorrhage in preterm newborns: risk factors and results from a University Hospital in Istanbul, 8 years after. *Pediatr Int* 2007 Jun;49(3):341-344.
- (31) Lee JY, Kim HS, Jung E, Kim ES, Shim GH, Lee HJ, et al. Risk factors for periventricular-intraventricular hemorrhage in premature infants. *J Korean Med Sci* 2010 Mar;25(3):418-424.
- (32) Wells J, Ment L. Prevention of intraventricular hemorrhage in preterm infants. *Early human development* 1995;Aug 18(42(3):209-33).
- (33) Kanter RK, Boeing NM, Hannan WP, Kanter DL. Excess morbidity associated with interhospital transport. *Pediatrics* 1992 Dec;90(6):893-898.
- (34) Pieper CH, Smith J, Kirsten GF, Malan P. The transport of neonates to an intensive care unit. *S Afr Med J* 1994 Nov;84(11 Suppl):801-803.
- (35) Leslie AJ, Stephenson TJ. Audit of neonatal intensive care transport. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1994 Jul;71(1):F61-6.
- (36) Jackson L, Skeoch CH. Setting up a neonatal transport service: air transport. *Early Hum Dev* 2009 Aug;85(8):477-481.
- (37) Kempley ST, Ratnavel N, Fellows T. Vehicles and equipment for land-based neonatal transport. *Early Hum Dev* 2009 Aug;85(8):491-495.
- (38) Fetter WP, Bergmeijer JH, Kollee LA, Lafeber HN. Neonatal transport by helicopter in The Netherlands: a 7-year overview. *Eur J Emerg Med* 1995 Jun;2(2):88-91.
- (39) Hon KL, Olsen H, Totapally B, Leung TF. Air versus ground transportation of artificially ventilated neonates: comparative differences in selected cardiopulmonary parameters. *Pediatr Emerg Care* 2006 Feb;22(2):107-112.
- (40) Buckland L, Austin N, Jackson A, Inder T. Excessive exposure of sick neonates to sound during transport. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2003 Nov;88(6):F513-6.
- (41) Bouchut JC, Van Lancker E, Chritin V, Gueugniaud PY. Physical stressors during neonatal transport: helicopter compared with ground ambulance. *Air Med J* 2011 May-Jun;30(3):134-139.
- (42) Hunt RC, Bryan DM, Brinkley VS, Whitley TW, Benson NH. Inability to assess breath sounds during air medical transport by helicopter. *JAMA* 1991 Apr 17;265(15):1982-1984.
- (43) Fenton AC, Leslie A, Skeoch CH. Optimising neonatal transfer. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2004 May;89(3):F215-9.

- (44) Heermann LK, Thompson CB. Prototype expert system to assist with the stabilization of neonates prior to transport. *Proc AMIA Annu Fall Symp* 1997;213-217.
- (45) Bhutta ZA, Yusuf K. Profile and outcome of the respiratory distress syndrome among newborns in Karachi: risk factors for mortality. *J Trop Pediatr* 1997 Jun;43(3):143-148.
- (46) Karlsen KA. The S.T.A.B.L.E. Program. Available at: <http://www.stableprogram.org/index.php>. Accessed August, 27., 2013.
- (47) O'Neill N, Howlett AA. Evaluation of the impact of the S.T.A.B.L.E. Program on the pretransport care of the neonate. *Neonatal Netw* 2007 May-Jun;26(3):153-159.
- (48) Schöber JG. Der sog. Baby-NAW. *Notfall & Rettungsmedizin* 1999;2(1):29-30.
- (49) Mullane D, Byrne H, Clarke TA, Gorman W, Griffin E, Ramesh K, et al. Neonatal transportation: the effects of a national neonatal transportation programme. *Ir J Med Sci* 2004 Apr-Jun;173(2):105-108.
- (50) Hood JL, Cross A, Hulka B, Lawson EE. Effectiveness of the neonatal transport team. *Crit Care Med* 1983 Jun;11(6):419-423.
- (51) Leslie AJ, Stephenson TJ. Audit of neonatal intensive care transport--closing the loop. *Acta Paediatr* 1997 Nov;86(11):1253-1256.
- (52) Arroe M, Steensgard J, Greisen G. Emergency transport of newborn infants--fetch or bring? *Ugeskr Laeger* 2001 Feb 19;163(8):1093-1097.
- (53) Fenton AC, Leslie A. Who should staff neonatal transport teams? *Early Hum Dev* 2009 Aug;85(8):487-490.
- (54) Leslie A, Stephenson T. Neonatal transfers by advanced neonatal nurse practitioners and paediatric registrars. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2003 Nov;88(6):F509-12.
- (55) Beyer AJ, 3rd, Land G, Zaritsky A. Nonphysician transport of intubated pediatric patients: a system evaluation. *Crit Care Med* 1992 Jul;20(7):961-966.
- (56) Peters C, Bauer M, Speidel U, Jung E, Homberg F, Schofer O. Measuring vibrations of transport stress in premature and newborn infants during incubator transport. *Klin Padiatr* 1997 Sep-Oct;209(5):315-320.
- (57) Meberg A, Willy Ruud Hansen T. Neonatal transports—risks and opportunities. *OJPed* 01: 45-50 2011.
- (58) Tingay DG, Stewart MJ, Morley CJ. Monitoring of end tidal carbon dioxide and transcutaneous carbon dioxide during neonatal transport. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2005 Nov;90(6):F523-6.
- (59) O'Connor TA, Grueber R. Transcutaneous measurement of carbon dioxide tension during long-distance transport of neonates receiving mechanical ventilation. *J Perinatol* 1998 May-Jun;18(3):189-192.

- (60) Bhende MS, Karr VA, Wiltsie DC, Orr RA. Evaluation of a portable infrared end-tidal carbon dioxide monitor during pediatric interhospital transport. *Pediatrics* 1995 Jun;95(6):875-878.
- (61) Aliwalas LL, Noble L, Nesbitt K, Fallah S, Shah V, Shah PS. Agreement of carbon dioxide levels measured by arterial, transcutaneous and end tidal methods in preterm infants < or = 28 weeks gestation. *J Perinatol* 2005 Jan;25(1):26-29.
- (62) Nangia S, Saili A, Dutta AK. End tidal carbon dioxide monitoring--its reliability in neonates. *Indian J Pediatr* 1997 May-Jun;64(3):389-394.
- (63) BOWMAN E, ROY R. Control of temperature during newborn transport: An old problem with new difficulties. *J Paediatr Child Health* 1997;33(5):398-401.
- (64) Lilley CD, Stewart M, Morley CJ. Respiratory function monitoring during neonatal emergency transport. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2005 Jan;90(1):F82-3.
- (65) Bugnitz M, Mantz D. Use of the esophageal stethoscope in pediatric transports. *Air Med J* 1993 Nov-Dec;12(11-12):429-430.
- (66) Karlsson BM, Lindkvist M, Lindkvist M, Karlsson M, Lundstrom R, Hakansson S, et al. Sound and vibration: effects on infants' heart rate and heart rate variability during neonatal transport. *Acta Paediatr* 2012 Feb;101(2):148-154.
- (67) Macnab A, Chen Y, Gagnon F, Bora B, Laszlo C. Vibration and noise in pediatric emergency transport vehicles: a potential cause of morbidity? *Aviat Space Environ Med* 1995 Mar;66(3):212-219.
- (68) Bellieni CV, Pinto I, Stacchini N, Cordelli DM, Bagnoli F. Vibration risk during neonatal transport. *Minerva Pediatr* 2004 Apr;56(2):207-212.
- (69) Gajendragadkar G, Boyd JA, Potter DW, Mellen BG, Hahn GD, Shenai JP. Mechanical vibration in neonatal transport: a randomized study of different mattresses. *J Perinatol* 2000 Jul-Aug;20(5):307-310.
- (70) Zahr LK, de Traversay J. Premature infant responses to noise reduction by earmuffs: effects on behavioral and physiologic measures. *J Perinatol* 1995 Nov-Dec;15(6):448-455.
- (71) Shah S, Rothberger A, Caprio M, Mally P, Hendricks-Munoz K. Quantification of impulse experienced by neonates during inter- and intra-hospital transport measured by biophysical accelerometry. *J Perinat Med* 2008;36(1):87-92.
- (72) Sherwood HB, Donze A, Giebe J. Mechanical vibration in ambulance transport. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 1994 Jul-Aug;23(6):457-463.
- (73) Boenisch H, Gaden W, Mau G, Gohrbandt U, Teuteberg HO, Braun H, et al. Mechanical stress of newborn infants caused by incubator transport. *Monatsschr Kinderheilkd* 1985 Jul;133(7):471-475.
- (74) Harrison C, McKechnie L. How comfortable is neonatal transport? *Acta Paediatr* 2012 Feb;101(2):143-147.

- (75) Dockery WK, Futterman C, Keller SR, Sheridan MJ, Akl BF. A comparison of manual and mechanical ventilation during pediatric transport. *Crit Care Med* 1999 Apr;27(4):802-806.
- (76) Bomont RK, Cheema IU. Use of nasal continuous positive airway pressure during neonatal transfers. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2006 Mar;91(2):F85-9.
- (77) Akula VP, Davis AS, Gould JB, Van Meurs K. Therapeutic hypothermia during neonatal transport: current practices in California. *Am J Perinatol* 2012 May;29(5):319-326.
- (78) Fairchild K, Sokora D, Scott J, Zanelli S. Therapeutic Hypothermia on neonatal transport: 4-year experience in a single NICU. *J.Perinatol.* 2010;30:324-329.
- (79) Jorch G, Hübler A editors. *Neonatologie: Die Medizin des Früh- und Reifgeborenen.* : Thieme; 2010.
- (80) Khurshid F, Lee KS, McNamara PJ, Whyte H, Mak W. Lessons learned during implementation of therapeutic hypothermia for neonatal hypoxic ischemic encephalopathy in a regional transport program in Ontario. *Paediatr Child Health* 2011 Mar;16(3):153-156.
- (81) Kendall G, Kapetanakis A, Ratnavel N, Azzopardi D, Robertson N, et al. Passive cooling for initiation of therapeutic hypothermia in neonatal encephalopathy. *Arch.Dis.Child.Fetal Neonatal Ed.* 2010;95:F408-F412.
- (82) Jacobs SE, Morley CJ, Inder TE, et al. Whole-body hypothermia for term and near-term newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy: A randomized controlled trial. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2011 August 1;165(8):692-700.
- (83) O'Reilly KM, Tooley J, Winterbottom S. Therapeutic hypothermia during neonatal transport. *Acta Paediatr* 2011 Aug;100(8):1084-6; discussion e49.
- (84) Hallberg B, Olson L, Bartocci M, Edqvist I, Blennow M. Passive induction of hypothermia during transport of asphyxiated infants: a risk of excessive cooling. *Acta Paediatr* 2009 Jun;98(6):942-946.
- (85) Johnston ED, Becher JC, Mitchell AP, Stenson BJ. Provision of servo-controlled cooling during neonatal transport. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2012 Sep;97(5):F365-7.
- (86) Speer CP, Gahr M. *Pädiatrie.* 3.th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2009.
- (87) Hellstrom-Westas L, Hanseus K, Jogi P, Lundstrom NR, Svenningsen N. Long-distance transports of newborn infants with congenital heart disease. *Pediatr Cardiol* 2001 Sep-Oct;22(5):380-384.
- (88) Meckler GD, Lowe C. To intubate or not to intubate? Transporting infants on prostaglandin E1. *Pediatrics* 2009 Jan;123(1):e25-30.
- (89) Browning Carmo KA, Barr P, West M, Hopper NW, White JP, Badawi N. Transporting newborn infants with suspected duct dependent congenital heart disease on low-dose prostaglandin E1 without routine mechanical ventilation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2007 Mar;92(2):F117-9.

- (90) Costakos D, Allen D, Krauss A, Ruiz N, Fluhr K, Stouvenel A, et al. Surfactant therapy prior to the interhospital transport of preterm infants. *Am J Perinatol* 1996 Jul;13(5):309-316.
- (91) Mildenhall LF, Pavuluri NN, Bowman ED. Safety of synthetic surfactant use before preterm newborn transport. *J Paediatr Child Health* 1999 Dec;35(6):530-535.
- (92) Lowe CG, Trautwein JG. Inhaled nitric oxide therapy during the transport of neonates with persistent pulmonary hypertension or severe hypoxic respiratory failure. *Eur J Pediatr* 2007 Oct;166(10):1025-1031.
- (93) Westrope C, Roberts N, Nichani S, Hunt C, Peek GJ, Firmin R. Experience with mobile inhaled nitric oxide during transport of neonates and children with respiratory insufficiency to an extracorporeal membrane oxygenation center. *Pediatr Crit Care Med* 2004 Nov;5(6):542-546.
- (94) Kinsella JP, Griebel J, Schmidt JM, Abman SH. Use of inhaled nitric oxide during interhospital transport of newborns with hypoxemic respiratory failure. *Pediatrics* 2002 Jan;109(1):158-161.
- (95) Wilson BJ, Heiman HS, Butler TJ, Negaard KA, DiGeronimo R. A 16-Year Neonatal/Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation Transport Experience. *Pediatrics* 2002 February 01;109(2):189-193.
- (96) Heulitt MJ, Taylor BJ, Faulkner SC, Baker LL, Chipman CW, Harrell JH, et al. Inter-hospital transport of neonatal patients on extracorporeal membrane oxygenation: mobile-ECMO. *Pediatrics* 1995 Apr;95(4):562-566.
- (97) Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. AWMF: Aktuelle Leitlinien. Available at: <http://www.awmf.org/leitlinien/aktuelle-leitlinien/ll-liste/gesellschaft-fuer-neonatologie-und-paediatrische-intensivmedizin-gnpi.html>. Accessed September, 03., 2013.