

Aus dem medizinischen Zentrum für Frauenheilkunde der Philipps-Universität

Marburg

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. S. Schmidt

- Abteilung für Perinatalogie und Geburtshilfe -

Leiter: Prof. Dr. med. S. Schmidt

**Hat die Dauer der Registrierzeit der funktionellen, arteriellen  
Sauerstoffsättigung des Feten einen Einfluss auf geburtshilfliche  
Parameter?**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin  
dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von  
Katharina Schröder  
aus Berlin

Marburg 2004

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin  
der Philipps-Universität Marburg am 21.10.2004  
gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. B. Maisch

Referentin: PD Dr. med. M. Kühnert

Korreferent: Prof. Dr. med. Maier

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
1.1	Allgemeines .....	4
1.2	Fetales Monitoring sub partu .....	4
1.2.1	Geschichtlicher Rückblick .....	4
1.2.2	Fortschritte: Entwicklung der Kardiotokografie und der Fetalblutanalyse .....	5
1.2.3	Neuere Entwicklungen .....	9
1.2.3.1	Doppler-Sonografie .....	10
1.2.3.2	Transkutan gemessener Sauerstoffpartialdruck (tcpO <sub>2</sub> ) ..	10
1.2.3.3	Kinetokardiotokografie (KCTG).....	11
1.2.3.4	Nahinfrarotspektroskopie (NIRS).....	11
1.2.3.5	Fetale Pulsoxymetrie.....	12
<b>2</b>	<b>Material und Methode</b> .....	<b>23</b>
2.1	Patientenkollektiv .....	23
2.2	Geräte.....	24
2.3	Vorgehen in der geburtshilflichen Diagnostik .....	25
2.3.1	Kardiotokografie .....	25
2.3.2	Fetale Blutgasanalyse.....	25
2.3.3	Intrapartale fetale Pulsoxymetrie .....	26
2.4	Postpartale Diagnostik .....	28
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>30</b>
3.1	Daten aus den geburtshilflichen Akten .....	30
3.1.1	Alter der Patientinnen.....	30
3.1.2	Gravidität und Parität .....	31
3.1.3	Stationäre Aufnahme .....	32
3.1.4	Schwangerschaftsdauer.....	32
3.1.5	Blasensprung .....	33

## Inhaltsverzeichnis

---

3.1.6	Wehentätigkeit.....	34
3.1.7	Analgesie.....	35
3.1.8	Geburtsdauer .....	36
3.1.9	Lage des Kindes .....	37
3.1.10	Risikofaktoren.....	37
3.1.11	Kardiotokografie .....	44
3.1.12	Apgarwerte .....	45
3.2	Studienergebnisse .....	46
3.2.1	Auswertung der Fetalblutanalysen.....	46
3.2.1.1	Analyse der pH-Werte.....	46
3.2.1.2	Anzahl der Folge-FBAs .....	47
3.2.2	Analyse der arteriellen Nabelschnur-pH-Werte .....	48
3.2.3	Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der ersten Fetalblutanalyse und dem arteriellen Nabelschnur-pH- Wert.....	49
3.2.4	Auswertung der FSpO <sub>2</sub> -Messung .....	51
3.2.4.1	Registrierdauer.....	51
3.2.4.2	Auswertung der FSpO <sub>2</sub> -Sättigungswerte .....	52
3.2.5	Der Entbindungsmodus im Kollektivvergleich.....	55
3.2.6	Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur- pH-Wert $\leq 7,20$ und FSpO <sub>2</sub> -Werten $\leq 30\%$ .....	55
3.2.7	Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur- pH-Wert $\leq 7,20$ und dem Entbindungsmodus.....	56
3.2.8	Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen .....	58
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>60</b>
4.1	Anzahl der Folge-FBAs .....	61
4.2	Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der ersten Fetalblutanalyse und dem arteriellen Nabelschnur-pH- Wert.....	63

4.3	Auswertung der FSpO <sub>2</sub> -Messung .....	64
4.4	Anteil von FSpO <sub>2</sub> -Werten ≤ 30% im Kollektivvergleich.....	65
4.5	Arterielle Nabelschnur-pH-Werte und der Entbindungsmodus im Kollektivvergleich .....	67
4.6	Zusammenhang zwischen FSpO <sub>2</sub> -Werten ≤ 30% und arteriellen Nabelschnur-pH-Werten ≤ 7,20 .....	69
4.7	Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur- pH-Wert ≤ 7,20 und dem Entbindungsmodus.....	71
4.8	Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen im Kollektivvergleich .....	73
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>77</b>
6.1	Literaturverzeichnis .....	77
6.2	Abkürzungsverzeichnis .....	89
6.3	Lebenslauf.....	90
6.4	Akademische Lehrer .....	91
6.5	Danksagung .....	92
6.6	Ehrenwörtliche Erklärung.....	93

## Einleitung

### 1.1 Allgemeines

Die Geburt eines Kindes stellt sowohl für die werdende Mutter, als auch für den Geburtshelfer eine große Herausforderung dar, da sie – neben anderen Risikofaktoren – einen großen Einfluss auf die kindliche und mütterliche Morbidität und Mortalität hat. Während die Müttersterblichkeit 1950 noch bei mehr als 2‰ und die perinatale Mortalität bei nahezu 5% [129] lag, konnten maternale und perinatale kindliche Todesfälle inzwischen auf 0,066‰ und 5,5‰ reduziert werden [6]. Dies ist auf die Einführung des Mutterschutzgesetzes 1952 und die damit verbundene regelmäßige Betreuung der Schwangeren, vor allem aber auf den Fortschritt prä- und intrapartaler Untersuchungs- und Überwachungsmethoden zurückzuführen.

Das Ziel dieser Maßnahmen hat E. Saling 1985 klar definiert: „Das vordringliche Ziel der modernen Überwachung sub partu muss es sein, Schädigungen des Fetus durch eine intrauterine Asphyxie und Hypoxie zu vermeiden, d.h. mit einem Minimum an operativen Eingriffen ein Optimum an Sicherheit für Mutter und Kind zu erreichen“ [111].

### 1.2 Fetales Monitoring sub partu

#### 1.2.1 Geschichtlicher Rückblick

Die intermittierende Auskultation der kindlichen Herztöne mit dem Pinard-Holzstethoskop war bis in die 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts die einzige zuverlässige Möglichkeit und damit das Mittel der Wahl zur Überwachung des kindlichen Zustandes [40, 83].

Erstmals wurden kindliche Herztöne vermutlich von Marsac 1650 auskultiert [97]. Mehr als 150 Jahre später berichtete der Genfer Chirurg Mayor im Jahre 1818 über die Auskultation fetaler Herztöne [100]. 1821 beschrieb Le Jumeau, Vicomte de Kergeradec die Auskultation fetaler Herztöne als Nachweismethode von Einlings- und Mehrlingsgraviditäten sowie zur Bestimmung des kindlichen Zustandes und der kindlichen Lage [64]. Bereits wenige Jahre später, im Jahre

1833, vermutete Kennedy, dass eine abnorme fetale Herzfrequenz auf einen schlechten kindlichen Zustand hinweist [63]. Auch Schwartz erkannte die Auskultation fetaler Herztöne als wichtige Untersuchungsmethode an und forderte 1858 die Anwendung während der Geburt [119]. 1893 erkannte auch von Winkel die klinische Relevanz der kindlichen Herztöne und wies darauf hin, dass die fetale Herzfrequenz, die über 160 oder unter 100 Schläge pro Minute gemessen wird, Zeichen einer intrauterinen Asphyxie sei [128]. Damit waren die Grundsteine der kindlichen Überwachung während der Geburt gelegt.

Obwohl das Ziel, die kontinuierliche Registrierung der kindlichen Herzfrequenz, seit Jahren bekannt war, konnten sich die Methoden, die seit der Jahrhundertwende dafür entwickelt wurden, nicht durchsetzen. Als Beispiele seien hier das von Cremer 1906 erstmals vorgestellte abdominal abgeleitete fetale Elektrokardiogramm [21], die Phonokardiographie [32] und fortlaufende kymographische Aufzeichnungen [32] genannt.

### **1.2.2 Fortschritte: Entwicklung der Kardiotokografie und der Fetalblutanalyse**

Erst in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurden zwei Methoden für die Entwicklung der heute routinemäßig eingesetzten Kardiotokografie wegweisend:

1957 gelang es Hon und Hess eine Methode zur kontinuierlichen Ableitung der fetalen Herzfrequenz mittels Elektrodenableitung zu entwickeln [52]. Die über die Bauchdecke der Mutter abgeleiteten kindlichen Herztöne unterlagen allerdings einer großen Anzahl von Störfaktoren (Überlagerung durch mütterliche Herztöne, mangelhafte Ableitung durch Vernix caseosa, etc.) so dass sich auch dieses Verfahren zunächst nicht etablieren konnte. Erst durch eine transvaginal eingeführte fetale Skalpelektrode [53] war es möglich, die kindlichen Herzfrequenz suffizient abzuleiten. Da hierfür aber eine gesprungene Fruchtblase und ein zumindest leicht geöffneter Muttermund notwendig sind, konnte diese Methode nur während der Geburt eingesetzt werden.

1962 berichtete Hammacher über die Aufzeichnung der fetalen Herzfrequenz mit Hilfe der Phonokardiographie [50]. Bei diesem nichtinvasiven Verfahren wird der Herzschlag Schlag zu Schlag über die maternale Bauchdecke registriert.

Damit war dieses Verfahren sowohl für Untersuchungen vor als auch während der Geburt geeignet. Die Registrierung der kindlichen Herzfrequenz ist also entweder über externe oder - im Fall mangelhafter Signalgewinnung - interne Ableitung möglich. Dafür werden sog. Skalpelektroden in Form von Stich- oder Schraubelektroden [62] verwendet.

Von Schwartz wurde bereits 1870 festgestellt, dass die Beurteilung der kindlichen Herzfrequenz jedoch fast nur im Zusammenhang mit der Wehentätigkeit aussagekräftig ist [32]. Auch hier gab es daraufhin eine Vielzahl von Methoden, die zur kontinuierlichen Registrierung der Uterusmotilität entwickelt wurden (Externe Tokographie [113]; Hysterotonograph [32]; Tokograph [32], elektromechanisches Wehenschreibgerät [32], etc.).

Die Weiterentwicklung dieser Verfahren, zu der die wissenschaftlichen Arbeiten von Hammacher, Hon, Kubli und Caldeyro-Barcia sehr wesentlich beitrugen, führte schließlich zur simultanen Aufzeichnung von fetaler Herzfrequenz und Uterusmotilität, der Kardiotokografie (CTG).

Sie zeichnet sich durch eine hohe Sensitivität [88] aus und ermöglicht die Einschätzung der fetalen Befindlichkeit, da sie frühzeitig pathologische Veränderungen und eine Dekompensation des kindlichen Kreislaufes tendenziell anzuzeigen vermag. Damit stellt sie eine unübertroffene Screeningmethode dar [44].

Es muss aber berücksichtigt werden, dass die gemessene fetale Herzfrequenz nur indirekt Auskunft über die fetale Oxygenierung gibt und sie als einzelne funktionelle Größe nicht nur durch die Oxygenierung, sondern vielmehr multifaktoriell beeinflusst wird. Die Interpretation kann im Einzelfall schwierig sein und setzt demzufolge eine große klinische Erfahrung voraus. Problematisch sind hier vor allem unklare bzw. suspekte CTG-Muster, wie Tachykardie, Bradykardie, mittelschwere Dezelerationen und leichte späte Dezelerationen. In diesen Fällen ist das fetale Risiko nur schwer abzuschätzen. Weiterhin haben Studien gezeigt, dass die intrapartale Kardiotokografie trotz fetalem Wohlbefinden eine hohe Rate an auffälligen Herzfrequenzmustern aufweist und damit häufig Anlass zu operativen Interventionen gibt, ohne die neonatale Morbidität zu senken [42, 48].



Ein Grund dafür ist sicherlich die hohe Rate an falsch-positiven Befunden, die in der Literatur mit 40-60% angegeben wird [47, 117]. Eine weitere wichtige Rolle spielt die schlechte Reproduzierbarkeit der intrapartalen Kardiotokografie. Cibils berichtete, dass sowohl die Inter-, als auch die Intra-Observer-Variabilität unabhängig von Ausbildungsstand und Interpretationsmodus mit bis 74% bzw. 29% sehr hoch ist [20].

Trotzdem ist und bleibt die intrapartale Kardiotokografie ein unverzichtbarer Teil der fetalen Überwachung und liefert bei aufmerksamer Auswertung und Interpretation, vor dem Hintergrund aller zur Verfügung stehenden Parameter (Anamnese, vorausgegangene Schwangerschaften, Verlauf der jetzigen Schwangerschaft, Wachstum, Bewegung, Doppler- und Ultraschallbefunde), wichtige Informationen.

Besonders für die Verifizierung einer möglichen fetalen Azidose war ein zusätzliches diagnostisches Verfahren erforderlich, das schon vor der Etablierung der CTG-Überwachung in die Geburtsmedizin eingebracht wurde: die fetale Blutgasanalyse (FBA). Sie wurde von Saling entwickelt und 1962 erstmals vorgestellt [106]. Die Analyse geht davon aus, dass die Azidämie ein wichtiger und zuverlässiger Indikator für den Sauerstoffmangel darstellt [107].

Mit Hilfe eines Amnioskops wird – nach spontanem Blasensprung oder Amniotomie – durch eine kleine Inzision Kapillarblut aus dem vorangehenden Kindsteil entnommen und bezüglich des Säure-Basen-Status (pH-, pCO<sub>2</sub>-, pO<sub>2</sub>- und Basenüberschuss- (BE-)Wert) analysiert. Für den Fetus ist dieses Diagnostikum invasiv und traumatisierend und daher bei vielen Geburtshelfern und werdenden Eltern nicht sehr beliebt [54, 110]. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass es sich nur um eine „Momentaufnahme“ des kindlichen Zustandes handelt, die bei anhaltenden pathologischen Herzfrequenzmustern eine Aussage über eine Trendentwicklung nicht eindeutig zulässt. Eine oder mehrere Kontrollanalysen können notwendig werden. Außerdem ist die FBA nicht als Screeningmethode zu sehen, sondern als additives Verfahren, das nur bei entsprechender Indikation zum Einsatz kommt (Tab.1).

<b>Unklare, bzw. suspekta CTG-Befunde:</b>
--

Anhaltende Tachykardien Bradykardien Mittelschwere und schwere variable Dezelerationen Leichte Spätdezelerationen Anhaltende Frühdezelerationen Abnahme der Oszillationsfrequenz <2/Min. bzw. eine Bandbreite <10 Spm. Jede Form subjektiv oder objektiv schwer zu interpretierender Befunde
--

Tab. 1: Indikationen zur Fetalblutanalyse [108]; Spm = Schläge pro Minute, Min. = Minuten.

Nach Saling werden die Messergebnisse folgendermaßen eingestuft [109]:

Normalwerte:	pH-Werte > 7,25
Präazidose:	pH-Werte = 7,24-7,20
Leichte Azidose:	pH-Werte = 7,19-7,15
Mittelgradige Azidose:	pH-Werte = 7,14-7,10
Fortgeschrittene Azidose:	pH-Werte = 7,09-7,05
Schwere Azidose:	pH-Werte < 7,05

Chalmers und Mitarbeiter haben schon 1979, nach Auswertung der damals vorliegenden Studien, gefordert, dass eine geburtshilfliche Überwachung ohne Nutzung der FBA als obsolet gelten sollte [17].

Goeschen hat 1992 nach der Auswertung von 10234 Geburten gezeigt, dass die Frequenz der fetalen Blutgasanalysen mit der Zahl der durchgeführten Schnittentbindungen negativ korreliert, d.h. dass Kliniken mit weniger Fetalblutanalysen eine hohe Sectiofrequenz aufweisen und umgekehrt. Zudem lag sowohl die perinatale Mortalität als auch die Frühmortalität signifikant niedriger, wenn pathologische CTG-Befunde durch eine FBA abgeklärt worden sind [43]. Auch Grant konnte im Rahmen einer prospektiven randomisierten Studie zeigen, dass sich die Rate operativer Entbindungen wegen drohender Asphyxie durch additiven Einsatz der FBA auf fast die Hälfte verringern ließ [49]. Selbst in einem Risikokollektiv von Kindern mit pathologischen Herzfrequenzveränderungen in der Austreibungsperiode konnten nur in 15% der Fälle pH-Werte <7,25 nachgewiesen werden [41]. Umgekehrt konnte aber

auch gezeigt werden, dass bei manifester Azidämie 35% der Kinder in einem klinisch reduzierten Zustand geboren wurden und dass dies bei präazidotischen pH-Werten nur in 12% der Fall ist [7].

Unter Berücksichtigung dieser Untersuchungen wird durch die FBA als additives Verfahren sowohl die Rate an unnötigen operativen Entbindungen als auch die Rate der kindlichen Frühmortalität gesenkt. Damit gehört sie heute – ebenso wie die intrapartale Kardiotokografie – zum Goldstandard der Geburtsüberwachung. Nach heutigem Kenntnisstand liegt die erwartete Frequenz bei 5-10% [5].

### **1.2.3 Neuere Entwicklungen**

In den letzten Jahrzehnten hat sich der Wissensstand in der Perinatalogie speziell über die Physiologie des Feten durch intensive Forschung deutlich verbessert. Es kam zu einer rasanten Entwicklung neuer Überwachungsmethoden, die sich jedoch alle noch in der klinischen Erprobung befinden.

Sie müssen sich gegenüber dem CTG und der FBA durch einen deutlichen Gewinn an diagnostischer Information bewähren [84] und werden an folgenden Kriterien gemessen:

- Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit,
- Vorhersagewert des jeweiligen pathologischen Befundes für die fetale Gefährdung („fetal distress“),
- Auswirkung auf das klinische Management, gemessen an Einsparung von invasiven diagnostischen Untersuchungen sowie von unnötigen operativen Entbindungen,
- Verbesserung des Neugeborenenzustandes im Vergleich zur herkömmlichen Vorgehensweise.

Im Folgenden soll ein Überblick über die wichtigsten additiven Überwachungsmethoden gegeben werden.

### **1.2.3.1 Doppler-Sonografie**

Die Doppler-Ultraschalluntersuchung ermöglicht die Darstellung von Flussgeschwindigkeitsprofilen fetaler Gefäße. Sie hat als antepartale Überwachungsmethode - vor allem bei Hochrisikoschwangerschaften – einen festen Platz im Untersuchungskatalog und trägt als einzige Methode zu einer signifikanten Reduzierung intrauteriner Todesfälle bei [89]. Der Einsatz als intrapartale Überwachungsmethode ist zur Zeit jedoch noch begrenzt.

Als nichtinvasives, beliebig wiederholbares und reproduzierbares Verfahren ist das Ziel der intrapartalen Dopplersonografie, eine hypoxiebedingte fetale Kreislaufzentralisation nachzuweisen.

Obwohl Kurjac und Sakai mit ihren Arbeitsgruppen nachweisen konnten, dass der Resistance-Index während variabler Dezelerationen ansteigt [72, 104], sind die Forschungsergebnisse zum Teil uneinheitlich und unbefriedigend. Es besteht weder eine Korrelation des Resistance-Index der Nabelarterie zum pH-Wert in der FBA noch zum pH-Wert in der Nabelschnurarterie [118]. Die intrapartale Doppleruntersuchung kann als additives Verfahren allenfalls zur Einsparung von FBAs beitragen, diese jedoch keinesfalls ersetzen [118].

### **1.2.3.2 Transkutan gemessener Sauerstoffpartialdruck (tcpO<sub>2</sub>)**

Die transkutane Messung des Sauerstoffpartialdrucks geht auf grundlegende Arbeiten von Lübbers und Huch zurück [74]. Diese Methode hat den Vorteil, dass durch die kontinuierliche Bestimmung des Sauerstoffpartialdrucks (pO<sub>2</sub>) der Zustand des Feten besser beurteilt werden kann als durch punktuelle Messungen. Als Grundlage dient dabei das physiologische Phänomen der Hautatmung: Bei thermischer Hyperämie diffundiert Sauerstoff durch die Haut und wird an einer Elektrode elektrochemisch reduziert. Bei unbeeinträchtigter Hautdurchblutung entspricht der transkutan gemessene pO<sub>2</sub> dem arteriellen pO<sub>2</sub>, da der Reduktionsstrom dem transkutan diffundierenden Sauerstoff proportional ist. Studien konnten allerdings zeigen, dass der tcpO<sub>2</sub> mit den arteriell ermittelten Werten (pO<sub>2</sub>) nur in 20% der Fälle übereinstimmt [8].

Bei Ausbildung einer peripheren Vasokonstriktion sinkt der tcpO<sub>2</sub> ab, obwohl der arterielle pO<sub>2</sub> unverändert ist. Es entsteht eine transkutan-arterielle pO<sub>2</sub>-Differenz [55]. Jensen und Mitarbeiter konnten zeigen, dass die Messung des

tcpO<sub>2</sub> unter der Geburt in der Lage ist, die durch einen Sauerstoffmangel entstehende Kreislaufzentralisation anzuzeigen [56]. Letztlich scheinen die Dauer und das Ausmaß der tcpO<sub>2</sub>-Abnahme Rückschlüsse auf den fetalen Zustand zu ermöglichen. Der routinemäßige Einsatz während der Geburt ist wegen verschiedener methodischer Schwierigkeiten bisher allerdings nicht erfolgt.

### **1.2.3.3 Kinetokardiotokografie (KCTG)**

Bei diesem Verfahren werden fetale Körper- und Extremitätenbewegungen mit Hilfe des Ultraschall-Dopplerprinzips während der CTG-Registrierung erfasst [38]. Die Kinetokardiotokografie liefert Ergänzungen in der Geburtsüberwachung, da sie die Interpretation der fetalen Herzfrequenz durch die Einbeziehung fetaler Bewegungsprofile während Schlaf- und Wachrhythmen erleichtert. Nijhuis und Mitarbeiter und Timor-Tritsch und Mitarbeiter konnten eine verbesserte CTG-Interpretation durch Einbeziehung eines standardisierten Verhaltensbogens – Schlaf, Körperbewegungen und REM (rapid eye movement) nachweisen [96, 125]. Vergleichende Untersuchungen von Gnirs und Schneider haben zwischen tatsächlicher kindlicher Bewegung und der automatischen Bewegungsregistrierung in der Eröffnungsperiode eine sehr gute Übereinstimmung gezeigt. Allerdings war die Registrierung in der Austreibungsperiode bedingt durch mütterliche Atemexkursionen und Bewegungen sehr störanfällig [39].

Aber nicht alle bestätigen den generellen Benefit des KCTG. Butterwegge gibt zu bedenken, dass das fetale Bewegungsmuster bereits intrauterin individuellen Schwankungen unterliege, so dass für den Untersucher bei erstmaliger Analyse des Bewegungsmusters eine Abschätzung in Bezug auf den kindlichen Gesundheitszustand nur sehr ungenau möglich sei [12].

### **1.2.3.4 Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)**

Die Nahinfrarotspektroskopie ermöglicht die kontinuierliche und minimalinvasive Messung der Hämoglobinkonzentration, der Gewebeoxygenierung und der Hämodynamik des fetalen Gehirns [1, 28, 99, 116]. Dabei wird Licht bekannter

Intensität und Wellenlänge (700-1000 nm) über einen vaginal eingeführten Sensor in das kindliche Gehirn eingestrahlt. Das zurückgestrahlte, nach Streuung und Absorption reflektierte Licht wird photometrisch gemessen. Für die Absorption sind vor allem die Existenz farbtragender Teile innerhalb des Gewebes (Oxyhämoglobin, Desoxyhämoglobin und oxydierte Cytochromoxydase) und deren lichtabsorbierende Eigenschaften entscheidend. Diese ändern sich mit der Oxygenierung und hängen demzufolge sowohl von der Konzentration von oxydiertem und reduziertem Hämoglobin, als auch von der Konzentration der oxydierten Cytochromoxydase im Hirngewebe ab.

Trotz erster wissenschaftlicher Untersuchungen zur NIRS-Messung am Feten [114, 115] und weiterführender Studien konnte sich dieses Verfahren im klinischen Alltag noch nicht etablieren und kommt derzeit nur innerhalb klinischer Studien zum Einsatz.

### **1.2.3.5 Fetale Pulsoxymetrie**

Da die intrapartale Pulsoxymetrie Bestandteil der vorliegenden Studie ist, soll im folgenden ausführlicher auf die Entwicklung und das Prinzip dieses Überwachungsverfahrens eingegangen werden.

Die fetale Pulsoxymetrie ist ein Verfahren zur Bestimmung der funktionellen arteriellen Sauerstoffsättigung. Auch diese Methode beruht – ähnlich wie die NIRS - auf den unterschiedlichen Absorptionsspektren von oxygeniertem und desoxygeniertem Hämoglobin und auch sie dient in der Geburtshilfe der kontinuierlichen Überwachung des fetalen Zustandes unter der Geburt.

#### **1.2.3.5.1 Entwicklung**

1935 entwickelte Matthes das erste Gerät zur Messung der Sauerstoffsättigung in menschlichem Gewebe mit Hilfe der Lichttransmissionstechnik [85]. Dabei machte er sich die unterschiedliche Absorption von Licht unterschiedlicher Wellenlängen zunutze. Das erste klassische Oxymeter wurde 1941 von Millikan entworfen [86, 87]. Grundlegende Messungen über die Lichtabsorption am Ohrläppchen und ihre Veränderung während des Herzzyklus stammen von Aoyagi und Mitarbeitern bzw. Goldie und Squire [4, 46, 124].

Seit 1975 ist die Pulsoxymetrie vor allem in der Anästhesie, der Pädiatrie und der Intensivmedizin etabliert [3] und als bedeutsamer Fortschritt der Überwachungstechniken zu werten [12]. Durch die atraumatische und kontinuierliche Messung der Sauerstoffsättigung können Hypoxien frühzeitig erkannt und therapiert werden.

### 1.2.3.5.2 Technik der fetalen Pulsoxymetrie

Das in der Medizin zunächst angewendete Verfahren beruht auf dem Prinzip der Transmissionspulsoxymetrie. Licht mit einer definierten Wellenlänge von 735 und 890 Nanometer (nm) wird von einem Sensor in das Gewebe gesandt und von einem gegenüberliegenden Photodetektor aufgenommen. Die Messung kann an Ohrläppchen, Finger oder Fußsohle erfolgen. Ein Teil des Lichtes wird auf seinem Weg durch das Gefäßbett gestreut und absorbiert. Diese Differenz zwischen ausgesandtem und wieder aufgenommenem Licht wird berechnet. Dabei wird folgende Formel [27] zugrunde gelegt:

$$SO_2 (\%) = cO_2Hb \times 100 / (cO_2Hb + cHb)$$

SO<sub>2</sub> = funktionelle Sättigung  
cO<sub>2</sub>Hb = Konzentration von oxygeniertem Hämoglobin  
cHb = Konzentration von desoxygeniertem Hämoglobin

Verantwortlich für die Absorption sind in erster Linie die unterschiedlichen Formen von Hämoglobin. Anhand der folgenden Abbildung (Abb.1) wird deutlich, dass sich das Absorptionsverhalten von oxygeniertem und desoxygeniertem Hämoglobin unterscheidet [91]:

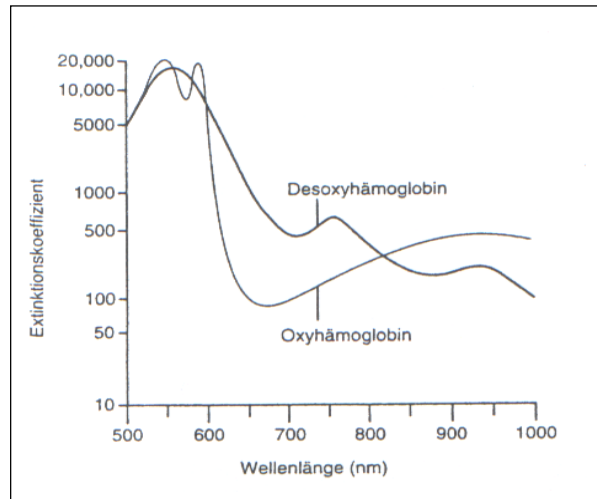


Abb. 1: Absorptionsspektren von Oxyhämoglobin und Desoxyhämoglobin [130].

Oxygeniertes, d.h. mit Sauerstoff beladenes Hämoglobin absorbiert rotes Licht im Bereich von 660-735 Nanometer (nm) stärker als desoxygeniertes Hämoglobin; im infraroten Bereich (890-940 nm) kehren sich die Verhältnisse um. Die Absorption bei rotem und infrarotem Licht wird gemessen und anhand dieser Messwerte der Prozentsatz des mit Sauerstoff gesättigten Hämoglobins (Oxyhämoglobin) bestimmt.

Die Lichtabsorption hängt jedoch von einem weiteren Faktor ab: dem Herzzyklus. Während der Systole ist das periphere Gefäßbett durch das einströmende Blutvolumen stärker gefüllt, die Absorption nimmt zu. Während der Diastole erreicht das Blutvolumen und damit die Absorption ihr Minimum. Hier ist die Absorption durch venöses Blut und andere lichthemmende Materialien wie Gewebe und Knochen als konstante Komponenten bedingt. Die Veränderung des arteriellen Blutvolumens verursacht folglich während des Herzzyklus unterschiedliche Absorptionswerte. Dadurch, dass aber die unterschiedlichen Lichtintensitäten, die von dem Photodetektor gemessen werden, miteinander in Beziehung gesetzt werden, wird der Einfluss nichtpulsierender, also konstanter Absorber unterdrückt. Folglich konzentriert sich das Oxymeter auf die Veränderung der Lichtintensität, die durch pulsierendes arterielles Blut bedingt ist [91].



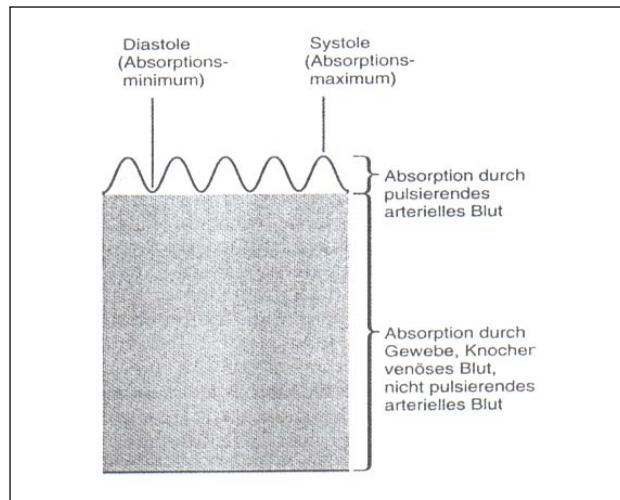


Abb. 2: Lichtabsorption durch verschiedene Gewebsbestandteile während des Herzzyklus [13].

Der Sensor besteht aus zwei Niederspannungs-Leuchtdioden (LEDs), von denen die eine rotes Licht der Wellenlänge 735 nm, die andere infrarotes Licht von 890 nm in das Gewebe einstrahlt. Da der Photodetektor nicht zwischen Licht unterschiedlicher Wellenlänge unterscheiden kann, werden die beiden Leuchtdioden in schneller Folge an- und ausgeschaltet, so dass Rot-, Infrarot- und Dunkelphasen entstehen. Mit einer Frequenz von mehreren tausend Messungen pro Sekunde kann der Photodetektor die einzelnen Lichtwellenlängen messen, die Differenz zwischen der infraroten und roten Lichtabsorption bestimmen und damit die prozentuale Sauerstoffsättigung berechnen.

Die Transmissionspulsoxymetrie fand wegen der fehlenden Möglichkeit der Sensor-/Detektorplatzierung am Feten (Finger, Zehen, Ohrläppchen) in der Geburtshilfe keine Anwendung [27]. Erst durch die Entwicklung der Reflexionspulsoxymetrie, bei der Sensor und Detektor nebeneinander positioniert sind, konnte diese Methode als Überwachungsverfahren während der Geburt eingesetzt werden. Hier wird die Absorption über die zur Hautoberfläche reflektierte Strahlung berechnet. Ferner kommt nur dieses Verfahren der fetalen Situation entgegen: Die Signale haben nur 1/10 der Intensität des Erwachsenen und können mit der Transmissionstechnik nicht gemessen werden.

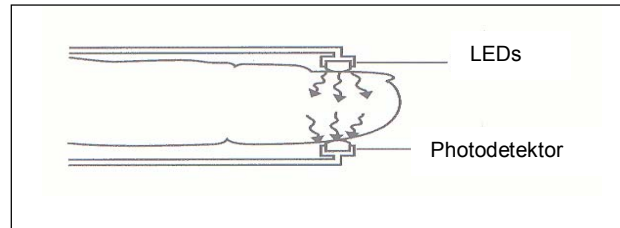


Abb. 3: Transmissionspulsoxymetrie; LEDs = Leuchtdioden [92].

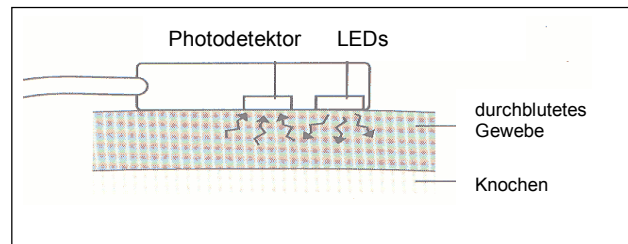


Abb. 4: Reflexionspulsoxymetrie; LEDs = Leuchtdioden [92].

Peat et al., Johnson und Lilford waren die ersten, die 1988 über ihre Erfahrungen berichteten. Sie verwendeten für ihre Untersuchungen ein umgearbeitetes Transmissionspulsoxymeter, das als Reflexionspulsoxymeter zur Überwachung des Feten während der Geburt eingesetzt werden konnte [57, 98]. Weitere Berichte zu diesem Thema folgten [33, 34, 59]. Diese Arbeiten waren aber durch die Tatsache limitiert, dass die zugrundeliegenden Oxymeter für Erwachsene konzipiert waren und somit den physiologischen Gegebenheiten des Fetus (kleinere Pulsationsamplitude, mehr Bewegungsartefakte, kleineres vaskuläres Gefäßbett, niedrigere Sättigungswerte) nicht gerecht wurden [27].

Erst eine neue Generation von Pulsoxymetern, die mit den entsprechenden Sensoren sowie verbesserter Soft- und Hardware ausgestattet war, konnte diesen Anforderungen entsprechen [27, 75].

Eine Voraussetzung für eine zufriedenstellende Signalgewinnung ist ein enger Sensor-Hautkontakt. Um ihn zu gewährleisten, wurden unterschiedliche Sensortypen entwickelt: Knitza et al. integrierten den Pulsoxymetriesensor in eine Skalpelektrode [66], Gardosi et al. entwickelten einen Ballon-Sensor [35] und König et al. propagierten einen Vakuum-Sensor, um einen engen Sensor-Hautkontakt sicherzustellen [67]. Ingenieuren von Nellcor Inc. (Pleasanton, California, USA) ist es gelungen, einen flexiblen Sensor zu entwickeln, der

durch die richtige Platzierung zwischen kindlicher Wange und Uteruswand eine gute Signalqualität liefert [58]. Dieser Sensortyp war der einzige, der den klinischen Ansprüchen genügen und sich etablieren konnte [78, 82].

Nach seiner Einführung wurden während der ersten Jahre Lichtwellenlängen von 660 und 890 nm verwendet [25]. Diese wurden nach Studienergebnissen auf 735, bzw. 890 nm geändert, um eine größere Eindringtiefe und eine bessere Signalqualität und –quantität zu erreichen [81, 94]. Anfängliche Zweifel bezüglich einer möglichen höheren intrapartalen Infektionsrate durch die Sensorapplikation und die oftmals mehrstündige Liegezeit konnten nicht bestätigt werden. Zwei unabhängige Fall-Kontrollstudien zeigten, dass die Anwendung der fetalen Pulsoxymetrie nicht mit einer höheren kindlichen oder mütterlichen Infektionsmorbidity einhergeht [14, 60, 76].

### **1.2.3.5.3 Kalibrierung**

Eine weitere wichtige Voraussetzung für eine valide Ergebniserhebung ist eine angemessene Kalibrierung. Ziel ist es, im klinisch relevanten Bereich die mittlere Abweichung zwischen der vom Gerät gemessenen funktionellen Sauerstoffsättigung ( $FSpO_2$ ) und der tatsächlichen arteriellen Sauerstoffsättigung ( $SaO_2$ ) auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Kalibrierung der kommerziellen Pulsoxymeter erfolgt an erwachsenen, freiwilligen Probanden unter kontrollierter Hypoxie. Dabei werden die Pulsoxymetriemesswerte mit den Werten der gleichzeitig durchgeführten Blutgasanalyse korreliert und so die Beziehung zwischen den in-vivo- und in-vitro-Messungen beschrieben. Da sich die Sättigungswerte jedoch in einem Bereich zwischen 70-100% bewegen, ist diese Methode für die Kalibrierung der fetalen Pulsoxymetrie nicht geeignet.

Aus gesundheitlichen und ethischen Gründen ist eine Kalibrierungsstudie an erwachsenen Probanden nicht möglich (der erwartete Sättigungswert liegt zwischen 15-80%). Aber auch in-vivo-Messungen am Feten sind nur bedingt möglich, da die arterielle Blutgasanalyse als Bezugsgröße unter der Geburt nicht durchführbar ist. Daher wurden sowohl kontrollierte Studien am Tiermodell [61, 95, 101], als auch sogenannte Doppel-Sensorstudien [29] und

Untersuchungen an schwerkranken Säuglingen und Kleinkindern [31, 91] erhoben.

Die Tierversuche wurden von der Firma Nellcor konzipiert und an sieben Jungschweinen durchgeführt [95]. Nach Applikation der Sensoren an Kopf und Gesäß wurden die Tiere mit unterschiedlichen Konzentrationen von Stickstoff und Sauerstoff beatmet. Dadurch entstanden Sauerstoffsättigungswerte zwischen 15% und 100%. Die durchgeführte Desaturierung erfolgte in kontrollierten Zeitabständen, so dass immer wieder Plateauphasen mit stabilen Sauerstoffsättigungswerten vorhanden waren. Während dieser Phasen erfolgte nach Stabilisierung der funktionelle Sauerstoffsättigungswerte (FSpO<sub>2</sub>) in der Pulsoxymetriemessung die Bestimmung der arteriellen Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>) anhand arterieller Blutgasanalysen. Daraus entstanden 348 Datenpaare im Bereich von 18% bis 100%, die miteinander korreliert wurden. Im partiellen Sauerstoffsättigungsbereich zwischen 15% bis 40% ergaben sich Differenzen von 4,8%, im Bereich zwischen 41% bis 80% Abweichungen von 4,5%. In der daraufhin in den Niederlanden durchgeführten Kontrollstudie fanden sich vergleichbare Werte [80].

Die oben zitierte Doppel-Sensorstudie [29] diente vor allem der Überprüfung der Reproduzierbarkeit und der Messgenauigkeit. Dafür wurden zwölf Feten während der Geburt in einem Zeitraum zwischen 71 und 475 Minuten mit jeweils zwei Pulsoxymetriesensoren untersucht. Dabei entstanden insgesamt 22 Stunden parallele Aufzeichnung. Die Auswertung dieser Messungen ergab eine absolute mittlere Sättigungsdifferenz von 4,5%, wobei mehr als 70% aller Messunterschiede 5% oder weniger betrug.

Die Messgenauigkeit wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Ein mangelnder Sensorhautkontakt kann zum Signalverlust, aber auch zu falsch-negativen Werten führen [36]. Ursachen dafür können Vernix caseosa, Mekonium, viele kindliche Haare, ein Caput succedaneum und Fruchtwasser sein.
- Durch starke uterine Kontraktionen kann zum einen der Druck auf den Sensor so groß werden, dass venöse Pulsationen registriert und so falsche Signale gewonnen werden. Zum anderen kann die lokale,

fetale Durchblutung stark reduziert werden, so dass falsche Messwerte entstehen.

- Starke maternale und fetale Bewegungen können zur Sensordislokation und damit mangelhafter Signalgewinnung führen.

Darüber hinaus wurde die Kalibrierung der Pulsoxymetrie im Rahmen von Untersuchungen an schwerkranken Säuglingen und Kleinkindern überprüft [91]. Die 9 untersuchten Kinder (Alter: 1 Woche bis 22 Monate) waren alle aufgrund zyanotischer Herzfehler oder schwerer pulmonaler Erkrankungen in Behandlung und präsentierten somit spontan auftretende Hypoxien im Bereich von 41% bis 92%. Der Sensor wurde an Wange, Schläfe oder Stirn manuell oder durch einen elastischen Verband fixiert. Während stabiler partieller Sauerstoffsättigungswerte wurden aus dem Sensorgebiet arterielle Blutproben entnommen und bezüglich der absoluten Sauerstoffsättigung laborchemisch untersucht. Aus den insgesamt 21 Datenpaaren ergab sich eine Standardabweichung zwischen  $SaO_2$  und  $SpO_2$  von 5,0%.

Die neue Generation von Pulsoxymetern beinhaltet eine Kalibrierungsautomatik, so dass eine individuelle Kalibrierung am Patienten durch den Untersucher nicht erforderlich ist. Beim Anschalten des Gerätes sowie in regelmäßigen Abständen während der Messung erfolgt eine erneute Kalibrierung. Dabei werden die unterschiedlichen Signale sowohl für rotes als auch für infrarotes Licht erfasst, verstärkt und gefiltert. Nach Umwandlung in digitale Signale wird die Sauerstoffsättigung durch einen Mikroprozessor berechnet, wobei die Daten aus dem roten bzw. infraroten Bereich ständig verglichen werden. Dieser Prozess wiederholt sich 30 Mal pro Sekunde, so dass abweichende Werte verworfen werden und lediglich die stabilen Werte auf der Anzeige erscheinen.

#### **1.2.3.5.4 Diagnostische und klinische Wertigkeit**

Um die diagnostische und klinische Wertigkeit dieses neuen Verfahrens einschätzen zu können, war es erforderlich, den Zusammenhang zwischen fetaler, funktioneller Sauerstoffsättigung und dem Beginn einer Azidose zu

erforschen. Dafür wurden aus ethischen Gründen zunächst tierexperimentelle Studien durchgeführt. Richardson et al. konnten 1992 erstmals einen Zusammenhang zwischen gemessener Sauerstoffsättigung und metabolischen Veränderungen nachweisen. Durch Versuche an Schaffeten zeigte diese Arbeitsgruppe, dass Sauerstoffsättigungswerte ( $SpO_2$ )  $> 30\%$  gemessen werden, solange der pH-Wert  $> 7,20$  war. Mit der Entwicklung einer Azidose sanken die gemessenen  $SpO_2$ -Werte unter  $30\%$  [102]. Dieser Grenzwert konnte nicht von allen nachfolgenden Studien bestätigt werden [22, 51, 93]. Außerdem war unklar, in wie weit diese Ergebnisse den fetalen menschlichen Gegebenheiten entsprechen.

Das Ziel, einen kritischen Grenzwert der funktionellen  $O_2$ -Sättigung zu ermitteln, bei dessen Unterschreiten ein Absinken des Säure-Basenstatus nachweisbar ist, wurde von vielen Arbeitsgruppen auch mit Studien an menschlichen Feten verfolgt [10, 11, 70, 121]. Seelbach-Göbel et al. berichteten 1994 über eine Untersuchung von 122 Patientinnen unter der Geburt und fanden bei mehr als 50% der Fälle einen arteriellen Nabelschnur-pH-Wert  $< 7,2$ , wenn die  $FSpO_2$ -Werte über mindestens zehn Minuten unter  $30\%$  lagen [120]. Kühnert et al. konnten 1997 in einer Multicenterstudie zeigen, dass  $FspO_2$ -Werte  $\leq 30\%$  über mindestens zehn Minuten signifikant mit einem niedrigen pH-Wert in der FBA korrelieren und einen Vorhersagewert bezüglich des „fetal outcome“ besitzen [70].

Weiterhin wurde die Forderung nach Normwerten der  $SpO_2$ -Messung am Feten laut [75]. Diese wurden vor allem von zwei Arbeitsgruppen ermittelt und mit  $> 30-65\%$  angegeben [23, 29].

2001 publizierte die Arbeitsgruppe um Kühnert erstmals Anwendungskriterien (vgl. Abb. 5) für die intrapartale Pulsoxymetrie als additives Verfahren zu CTG und FBA und konnte in dieser Veröffentlichung zeigen, dass die Sensitivität enorm von der Registrierdauer abhängt. Eine prozentuale Registrierdauer von  $60\%$  entsprach einer Sensitivität von  $70\%$ , und erst eine Registrierdauer von mindestens  $80\%$  lieferte eine Sensitivität von  $100\%$ . Die Sensitivität bezog sich dabei auf das Vorhandensein von  $FSpO_2$ -Werten  $\leq 30\%$  für mindestens zehn Minuten kontinuierlicher Registrierung und das Auftreten eines arteriellen Nabelschnur-pH-Wertes von  $< 7,20$  [71].

Die fetale Pulsoxymetrie ist nur ein adjuvantes Verfahren in Kombination mit dem CTG und der Fetalblutanalyse (FBA). Aus ihr allein sollten bislang keine klinischen Konsequenzen gezogen werden.

Einsatz nur bei auffälligem CTG.

Eine Ausgangs-FBA mit Bestimmung von pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, BE und Lactat sollte vor Einlegen des Sensors durchgeführt werden.

Eine aktuelle vaginale Untersuchung unter der Berücksichtigung des Plazentasitzes vor Sensoreinlage ist obligat (bei Unsicherheit Ultraschall).

Das Einlegen des Sensors sollte immer entsprechend der im Beipackzettel angegebenen Indikationen und Kontraindikationen erfolgen.

Bei Unsicherheit bezüglich der Sensorlage nach Einlegen desselben ist eine Ultraschallkontrolle sinnvoll.

Die Mindestregistrierdauer der FSpO<sub>2</sub> sollte  $\geq 80\%$  sein (nur dann: Sensitivität = 100%, Spezifität = 70% für dieses Verfahren).

Bei Abfall der FspO<sub>2</sub>  $\leq 30\%$  für  $\geq 10$  Min. (auch summiert) sollte eine Kontroll-FBA durchgeführt werden; Voraussetzung: die Ausgangs-FBA war o.B., sonst muss die FBA auch öfter wiederholt werden.

Bei fallender Tendenz der FSpO<sub>2</sub>-Werte oder bei rezidivierend bis auf 30% absinkende Werten ist eine Kontroll-FBA empfehlenswert.

Bei inkompletter oder lückenhafter FSpO<sub>2</sub>-Registrierung muss der Sensor nachjustiert werden.

Der Sensor sollte möglichst bis zum Partus liegen bleiben (um die Austreibungsphase von der FSpO<sub>2</sub> her möglichst komplett zu erfassen!).

Bei Nabelschnurarterien-pH-Werten  $\leq 7,20$  sollte eine mütterliche Blutgasanalyse (BGA) mit Bestimmung von pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, BE und Lactat durchgeführt werden (zum Ausschluss einer mütterlichen Leihazidose).

Abb. 5: Anwendungsempfehlungen für die fetale Pulsoxymetrie [71]; o.B. = ohne Befund.

Trotz der Vielzahl von Studien und publizierten Ergebnissen ist die fetale Pulsoxymetrie eine Technologie, die noch nicht für die routinemäßige Anwendung im klinischen Alltag geeignet ist. Weitere intensive Forschung, vor allem im Rahmen von prospektiven randomisierten Studien ist notwendig, um den Stellenwert der fetalen Pulsoxymetrie als intrapartales Diagnostikum zufriedenstellend zu beschreiben.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu untersuchen, ob die Registrierdauer der Pulsoxymetriemessung in Korrelation zu den geburtshilflichen Parameter steht. Dafür sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Hängt die durchschnittliche Anzahl der Folge-FBAs von der prozentualen Registrierdauer ab?
2. Gibt es einen Zusammenhang zwischen niedrigen pH-Werten ( $\text{pH} \leq 7,20$ ) in der ersten Fetalblutanalyse (=Ausgangs-FBA) und niedrigen arteriellen Nabelschnur-pH-Werten ( $\text{pH} \leq 7,20$ ) in Abhängigkeit von der Registrierdauer?
3. Wie hoch ist die minimale/maximale Registrierdauer der Pulsoxymetriemessung (Median und Standardabweichung)?
4. Wie hoch ist der Anteil von Sauerstoffsättigungswerten  $\leq 30\%$  in Abhängigkeit von der Registrierdauer?
5. Unterscheiden sich die arteriellen Nabelschnur-pH-Werte ( $\text{pH} \leq 7,20$ ) und der Entbindungsmodus in Abhängigkeit von der Registrierdauer?
6. Besteht ein Zusammenhang zwischen Pulsoxymetrie-Sättigungswerten  $\leq 30\%$  und arteriellen Nabelschnur-pH-Werten  $\leq 7,20$ ?
7. Unterscheidet sich die Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen in Abhängigkeit von der Registrierdauer?



## 2 Material und Methode

### 2.1 Patientenkollektiv

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive Untersuchung, bei der am medizinischen Zentrum für Frauenheilkunde in Marburg in der Zeit von Juni 1998 bis Juli 2001 anhand der Geburtenbücher Patientinnen ausgewählt wurden, bei denen sowohl Fetalblutanalysen als auch eine Überwachung der kindlichen Sauerstoffsättigung mittels der fetalen Pulsoxymetrie durchgeführt worden waren. Als Voraussetzung für die Aufnahme in das Studienkollektiv dienten folgende Einschlusskriterien :

1. Mindestens eine Fetalblutanalyse,
2. Messung der fetalen Sauerstoffsättigung mittels Pulsoxymetrie,
3. Aufzeichnungszeit der Pulsoxymetriemessung von mindestens 60 Minuten.

48 Patientinnen erfüllten die oben genannten Kriterien. Die restlichen Patientendaten konnten aufgrund einer zu geringen Signalregistrierung (FSpO<sub>2</sub>) der fetalen Pulsoxymetrie, zu später Sensorlegung oder fehlerhafter Blutgasanalyse nicht in das Kollektiv aufgenommen werden.

Die Daten der 48 Studienpatientinnen wurden – in Abhängigkeit von der prozentualen Aufzeichnungszeit der Pulsoxymetriemessung - in zwei Kollektive aufgeteilt. Dabei dienten die von Kühnert et al. [71] entwickelten Anwendungskriterien (vgl. Abb. 5) als Grundlage.

Der Grenzwert betrug 80%. In Kollektiv A (N=27) befinden sich alle Daten mit einer Registrierdauer von < 80 %, in Kollektiv B (N=21) entsprechend alle Daten mit Werten von ≥ 80%.

Die Datenerhebung erfolgte anonym anhand der geburtshilflichen Patientenakten.

## 2.2 Geräte

Zur Kardiotokografieregistrierung wurden die Geräte Typ 8041 A und 1350 A der Firma Hewlett-Packard verwendet. Die fetale Blutgasmessung erfolgte mit dem Blutgasanalysator „ABL 625“ der Firma Radiometer Kopenhagen. Für die fetale Pulsoxymetrieüberwachung kam das Gerät „Nellcor N-400“ von der Firma Nellcor-Mallinckrodt (Pleasanton, C.A., USA) mit dem dazugehörigen Einmalsensor FS 14C (vgl. Abb. 6, 7) zur Anwendung.

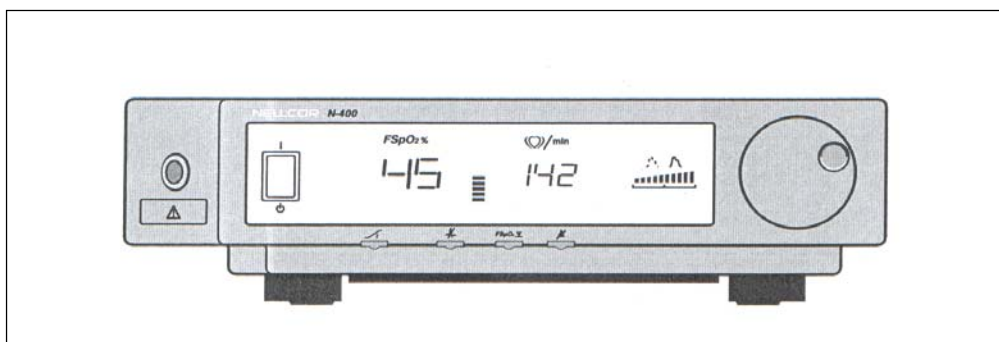


Abb. 6: Sauerstoffsättigungsmonitor N-400 der Firma Nellcor [92].

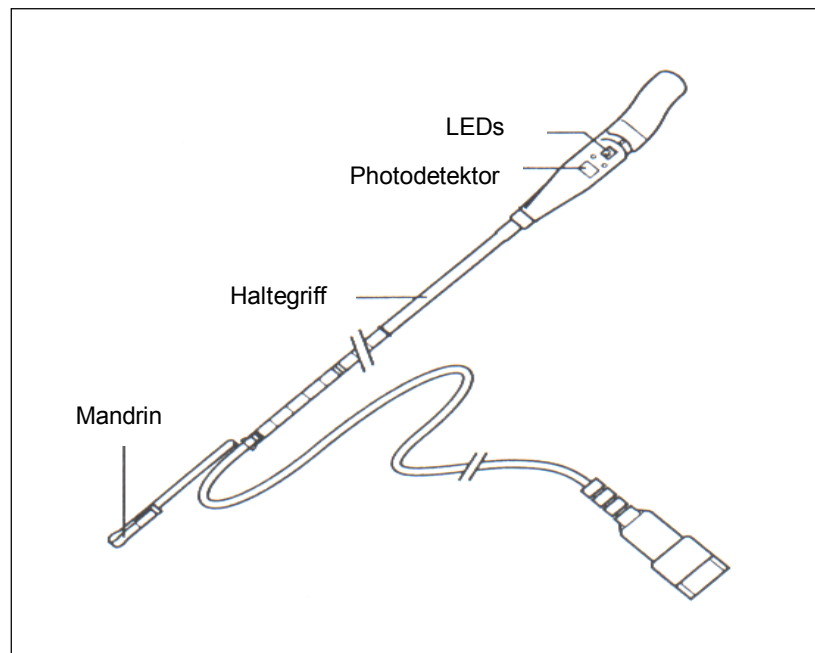


Abb. 7: Einmalsensor FS 14C [13].

## **2.3 Vorgehen in der geburtshilflichen Diagnostik**

### **2.3.1 Kardiotokografie**

Bei allen Patientinnen wurde routinemäßig sub partu die Wehentätigkeit und die kindliche Herzfrequenz simultan und kontinuierlich mittels Kardiotokografie überwacht.

Die Wehentätigkeit wurde dabei mechanoelektrisch erfasst, d.h. die mechanischen Veränderungen in der mütterlichen Bauchwand wurden durch einen speziellen Aufnehmer in elektrische Signale umgewandelt, entsprechend verstärkt und auf einem 2-Kanal-Schreiber aufgezeichnet. Dafür wurde ein Wehensensor auf dem Bauch der Schwangeren, in Höhe des Fundus uteri, mit einem elastischen Band befestigt. Kam es während einer Wehe zur Uteruskontraktion, bewirkte die Kompression des Sensors eine Signalauslösung.

Die kindliche Herzfrequenz wurde mittels Ultraschallkardiografie gemessen. Die Herzaktion wurde dabei durch Frequenzänderung des reflektierten Ultraschallsignals erfasst, um einerseits in akustische Signale umgewandelt zu werden und andererseits der Berechnung der kindlichen Herzfrequenz zu dienen. Die Ableitung der kindlichen Herzfrequenz erfolgte indirekt über die Bauchdecke der Mutter. Zusätzlich zum Wehensensor wurde auf gleiche Weise am Punctum maximum der kindlichen Herztöne der Ultraschalltransducer befestigt.

War die Signalgewinnung der indirekten Herzfrequenzmessung ungenügend, bestand die Möglichkeit, eine direkte Messung mittels EKG-Ableitung via Kopfschwartenelektrode von der kindlichen Kopfhaut durchzuführen. Voraussetzung dafür war eine gesprungene Fruchtblase.

### **2.3.2 Fetale Blutgasanalyse**

Die kindliche Herzfrequenz diente als grundlegendes Kriterium zur Beurteilung des fetalen Zustandes. Bestand aufgrund eines auffälligen CTG-Musters (Figo-Score < 8) Verdacht auf eine kindliche Hypoxie oder Azidose, wurde durch den behandelnden Geburtshelfer die Indikation zur fetalen Blutgasanalyse (FBA) gestellt. Dabei handelt es sich um eine invasive und traumatisierende

Untersuchung. Nach amnioskopischer Einstellung des Kopfes, beziehungsweise des vorangehenden Kindsteils wird die Kopfhaut mit Paraffin abgetupft und mit einer Lanzette inzidiert. Anschließend wird das austretende Kapillarblut mit einer heparinisierten Glaskapillare aufgenommen. Mit Hilfe eines Blutgasanalysators können dann pH-Wert, Kohlendioxid- und Sauerstoffpartialdruck ( in mm Hg), Basenexzess- (in mmol/l) und Sauerstoffsättigungswerte (in %) bestimmt werden, wobei im klinischen Alltag dem pH-Wert die größte Bedeutung zukommt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass es sich bei dieser Untersuchung lediglich um eine Momentaufnahme des kindlichen Zustandes handelt.

### **2.3.3 Intrapartale fetale Pulsoxymetrie**

Um eine engmaschige und - im Gegensatz zur FBA - kontinuierliche Kontrolle des kindlichen Zustandes zu gewährleisten, wurde zusätzlich die kindliche Sauerstoffsättigung mit einem Reflexionspulsoxymeter (Nellcor N-400) überwacht. Diese Untersuchung ist nicht traumatisierend und minimal invasiv (entsprechend einer vaginalen Untersuchung). Die Einlage des Sensors erfolgte vor oder nach der ersten Fetalblutuntersuchung. Hierbei handelt es sich um einen flexiblen Einmalsensor, der zwischen Uteruswand und vorangehendem Kindsteil platziert wird. Bei Schädellagen soll nach den Empfehlungen des Herstellers, der Sensor der kindlichen Wange oder Schläfe anliegen [90].

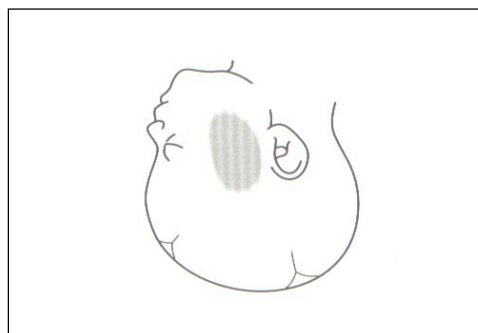


Abb. 8: Optimale Sensorplatzierung (grauschrattierte Fläche) [92].

Voraussetzung für die Sensorapplikation ist eine gesprungene Fruchtblase und eine Muttermundweite von mindestens zwei Zentimetern. Kontraindikationen

sind: Plazenta praevia, tiefsitzende Plazenta, Uterusanomalien und unklare vaginale Blutungen.

Mit dieser zusätzlichen Untersuchung war es möglich, jede folgende FBA in Zusammenhang mit der aufgezeichneten kindlichen Herzfrequenz und der pulsoxymetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung zu beurteilen.

Die Aufzeichnung der gemessenen Pulsoxymetriewerte erfolgt parallel zur kindlichen Herzfrequenz und der mütterlichen Wehentätigkeit. Sie wird im unteren Bereich des CTG-Streifens als kontinuierliche Linie dokumentiert. Alle drei Messparameter haben dabei eine gemeinsame horizontale, d.h. zeitliche Skalierung, wobei zehn Millimeter einer Minute entsprechen.

Eine vertikale Prozentskala erleichtert die Bestimmung des genauen Pulsoxymetriewertes und befindet sich im Abstand von zehn Minuten auf dem CTG-Papier. Die Skalierung umfasst einen theoretischen Messbereich zwischen null und hundert Prozent und ist in 20-Prozentmarken unterteilt.

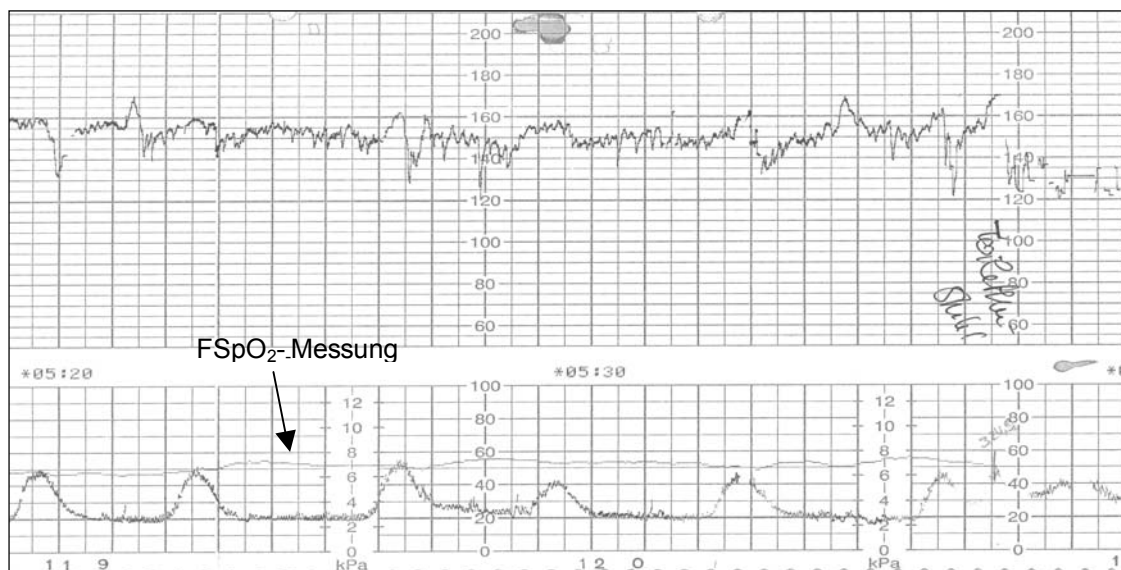


Abb. 9: Aufzeichnung der fetalen Pulsoxymetriemessung.

Für die Auswertung der Pulsoxymetriemessung muss allerdings berücksichtigt werden, dass bei mangelnder Signalgewinnung eine Unterbrechung der Aufzeichnung möglich ist. Die Gesamtliedgedauer der Sonde entspricht also nur im Idealfall der Aufzeichnungszeit.

Um diese Aufzeichnungszeit bzw. Gesamtliedgedauer für die vorliegende Studie möglichst präzise auswerten zu können, wurde eine zusätzliche Einteilung geschaffen. Sie unterscheidet folgende Messergebnisse:

- Keine Aufzeichnung,
- Werte zwischen 0-30%,
- Werte zwischen 31-60%,
- Werte zwischen 61-90%.

Auf der Zeitachse des CTG-Streifens wurden diese Bereiche mit unterschiedlichen Farben markiert und anschließend die jeweilige Minutenanzahl innerhalb jedes Bereiches addiert. Die Summe aller Werte ergibt die o.g. Gesamtliegedauer, d.h. den Zeitraum von der Sensorlegung bis zur Entfernung. Die Aufzeichnungszeit oder Registrierdauer beschreibt den Zeitraum der tatsächlichen Signaldokumentation, d.h. die Differenz zwischen Gesamtliegedauer und dem Bereich „keine Aufzeichnung“.

## 2.4 Postpartale Diagnostik

Postpartal wurden alle Neugeborenen anhand des Apgar-Scores beurteilt. Dabei handelt es sich um einen Punktescore, der dem Geburtshelfer eine Einschätzung des Gesamtzustandes des Neugeborenen ermöglicht (vgl. Tab. 2). Die Bewertung erfolgt nach einer, fünf und zehn Minuten postpartal.

Punkte	0	1	2
<b>Aussehen</b>	Blau oder weiß	Stamm rosig, Extremitäten blau	Rosig
<b>Puls</b>	Fehlt	Schwach (<100/ Min.)	Kräftig (>100/Min.)
<b>Grimassen (Reflexe) beim Absaugen</b>	Keine	Grimassen	Kräftiges Schreien, Husten, Niesen
<b>Aktivität (Muskeltonus)</b>	Keine Spontanbewegungen, schlaff	Geringe Flexion der Extremitäten, träge	Aktive Spontanbewegungen
<b>Respiration</b>	Keine	Unregelmäßig, schnappend	Regelmäßig

Tab. 2: Apgar-score; Min. = Minuten [9].

In Ergänzung zum Apgar-Score wurde als objektives Kriterium eine Blutgasanalyse aus arteriellem und venösem Nabelschnurblut durchgeführt. Es erfolgte eine Bestimmung des pH-Wertes, des partiellen Sauerstoff- und Kohlendioxid drucks (in mm Hg), des Standardbikarbonats (in mmol/l) und der Sauerstoffsättigung (in %). Der pH-Wert spielt – wie bei der FBA – im klinischen Alltag die entscheidende Rolle. Er bestimmt am Ende der Geburt objektiv das

sog. „fetal outcome“ und dient somit als abschließende „Qualitätskontrolle“ der Geburt.

Je nach Bedarf wurden die Neugeborenen postpartal auf die Neugeborenenintensivstation der Marburger Universitätsklinik für Kinderheilkunde verlegt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Daten aus den geburtshilflichen Akten

##### 3.1.1 Alter der Patientinnen

Kollektiv A: Das Alter der Patientinnen variierte zwischen 17 und 39 Jahren und lag im Durchschnitt bei 29 Jahren (Median: 29).

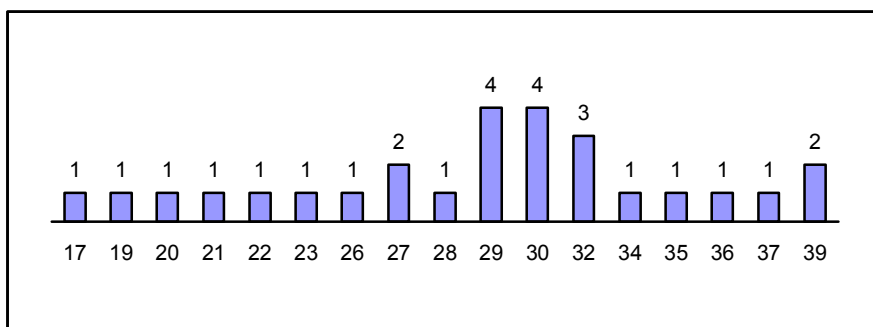


Abb. 10: Mütterliches Alter, Kollektiv A (N = 27).

Kollektiv B: Die Altersgrenzen lagen zwischen 17 und 36 Jahren. Im Durchschnitt betrug das Alter der Frauen 27 Jahren (Median: 26).

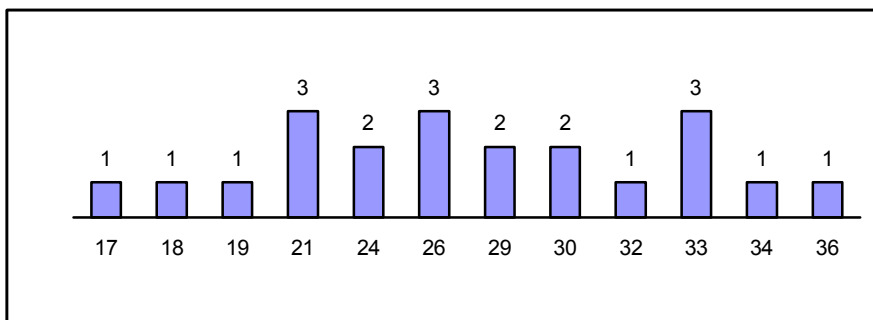


Abb. 11: Mütterliches Alter, Kollektiv B (N=21).



### 3.1.2 Gravidität und Parität

Kollektiv A: Es handelte sich bei 59,3% der Frauen (N=16) um die erste Schwangerschaft, bei 18,5% der Frauen (N=5) um die zweite und in 11,1% (N=3) um die dritte Schwangerschaft. Bei jeweils 3,7% der Patientinnen (N=1) lag die vierte, sechste bzw. neunte Schwangerschaft vor (Mittelwert: 2,0). Die durchschnittliche Parität lag bei 1,7.

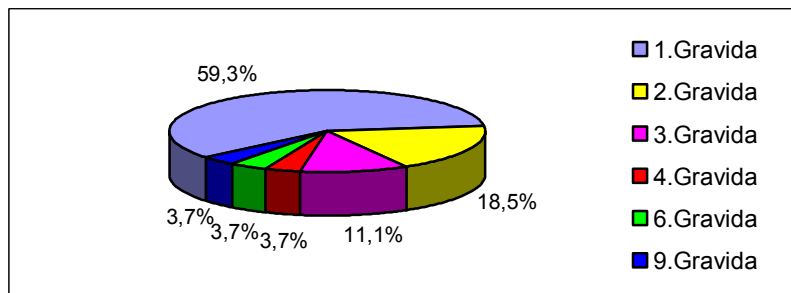


Abb. 12: Gravidität, Kollektiv A (N=27).

Kollektiv B: 57,1% der Frauen (N=12) hatten die erste, 33,3% (N=7) die zweite und 9,5% (N=2) die dritte Schwangerschaft (Mittelwert: 1,4). Die durchschnittliche Parität lag bei 1,5.

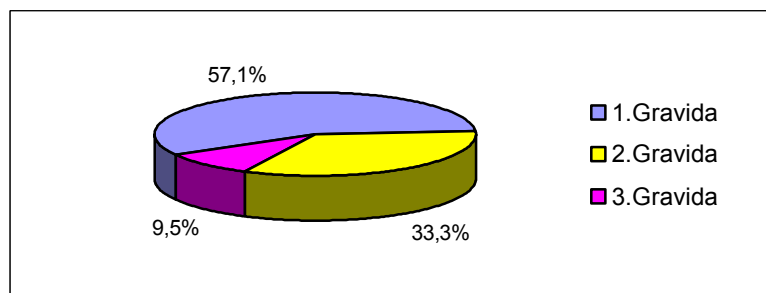


Abb. 13: Gravidität, Kollektiv B (N=21).

### 3.1.3 Stationäre Aufnahme

Kollektiv A : Aufnahmegrund war bei 33,3% der Patientinnen (N=9) eine spontane Wehentätigkeit und bei 37,0% (N=10) ein vorzeitiger Blasensprung. 22,2% der Patientinnen (N=6) wurden wegen Terminüberschreitung zur medikamentösen Geburtseinleitung stationär aufgenommen. Bei 7,4% (N=2) war die Indikation zur stationären Aufnahme durch eine vorzeitig einsetzende Wehentätigkeit gegeben.

Kollektiv B: 52,4% der Patientinnen (N=11) wurden bei spontaner Wehentätigkeit und 33,3% (N=7) wegen eines vorzeitigen Blasensprungs stationär aufgenommen. Bei 4,8% der Patientinnen (N=1) lag eine Plazentainsuffizienz vor, 9,5% (N=2) erhielten wegen Terminüberschreitung stationär eine medikamentöse Geburtseinleitung.

### 3.1.4 Schwangerschaftsdauer

Kollektiv A: Die Geburt erfolgte zwischen der 35. und 43. Schwangerschaftswoche, wobei der überwiegende Anteil der Patientinnen zwischen der 40. und 42. Schwangerschaftswoche entbunden wurde (Mittelwert: 40,7 Schwangerschaftswochen, Median: 41).

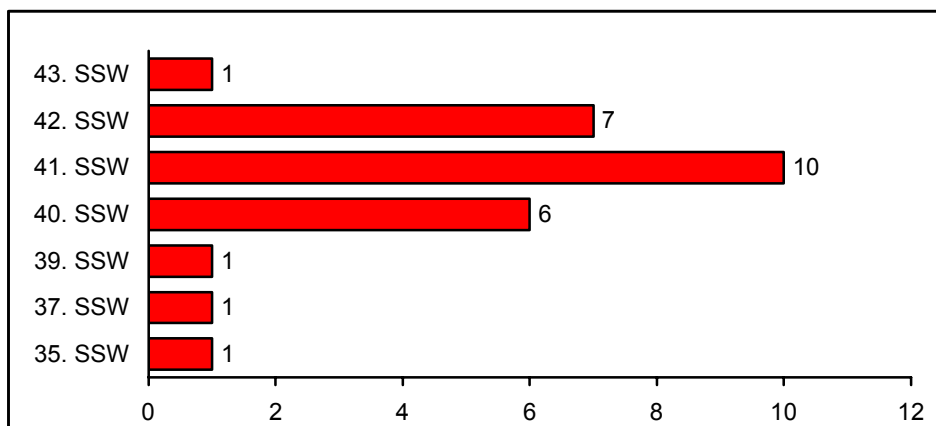


Abb. 14: Schwangerschaftswoche, Kollektiv A (N=27).

Kollektiv B: Der Entbindungszeitpunkt lag zwischen der 36. und der 42. Schwangerschaftswoche. Die Mehrzahl der Kinder wurde zwischen der 39. und der 42. Schwangerschaftswoche (Mittelwert: 40,4 Schwangerschaftswochen, Median: 41) geboren.

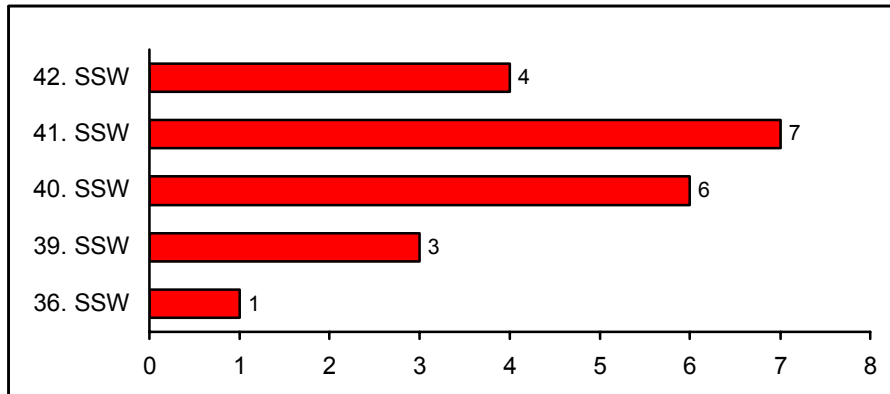


Abb. 15: Schwangerschaftswoche, Kollektiv B (N=21).

### 3.1.5 Blasensprung

In Kollektiv A fand sich bei 22,2% der Frauen (N=6) ein zeitgerechter Blasensprung, bei 37,0% (N=10) kam es zum vorzeitigen Blasensprung und bei 11,1% (N=3) trat ein frühzeitiger Blasensprung ein. Während der stationären Behandlung wurde bei 29,6% der Patientinnen (N=8) eine Amniotomie durchgeführt. In 14,8% der Fälle (N=4) war nach hohem Blasensprung die Amniotomie der Vorblase erforderlich.

In Kollektiv B kam es bei 28,6% der Frauen (N=6) zu einem zeitgerechten Blasensprung. Ein vorzeitiger Blasensprung trat bei weiteren 28,6% (N=6) auf. In 42,8% der Fälle (N=9) wurde eine Amniotomie durchgeführt. Die Rate der zusätzlichen Eröffnungen der Vorblase lag hier bei 9,5% (N=2).

### 3.1.6 Wehentätigkeit

Kollektiv A: Zur anfänglichen, spontanen Wehentätigkeit kam es bei 63,0% der Frauen (N=17), wobei bei 7,4% (N=2) die Wehentätigkeit durch die Gabe von Prostaglandingel bzw. durch eine Amniotomie angeregt werden musste.

Bei den restlichen 37,0% der Patientinnen (N=10) war eine Geburtseinleitung von vornherein erforderlich. Die Indikation wurde anhand der entsprechenden Risikofaktoren (Terminüberschreitung, vorzeitiger Blasensprung, Plazentainsuffizienz) gestellt.

Je nach individuellem Befund wurde zur Weheneinleitung eine intravenöse Oxytocininfusion (OI), die Applikation von Prostaglandingel oder eine Amniotomie (AT) verwendet. Folgende Kombinationen der genannten Methoden kamen zum Einsatz:

SW	PG	OI	AT	N	Anzahl (%)
x				15	55,5
x	x			1	3,7
x			x	1	3,7
	x			3	11,1
	x	x		2	7,4
	x		x	1	3,7
		x		4	14,8

Tab. 3: Wehentätigkeit bzw. -einleitung, Kollektiv A (N=27); SW = spontane Wehentätigkeit, PG = Prostaglandingel, OI = Oxytocininfusion, AT = Amniotomie.

Im weiteren Geburtsverlauf wurde bei allen Patientinnen (N=27) eine zeitweilige medikamentöse Wehenunterstützung erforderlich. In 85,2% (N=23) kam eine medikamentöse Tokolyse zur Anwendung. Zur Wehenunterstützung wurde Orasthin® intravenös verabreicht; die Tokolyse erfolgte intravenös mit Partusisten®.

Kollektiv B: Bei 66,7% der Patientinnen (N=14) setzte eine spontane Wehentätigkeit ein; bei 9,5% (N=2) dieser Patientinnen musste zusätzlich Orasthin® verabreicht werden. Bei den restlichen 33,3% der Frauen (N=7) wurde die Geburt initial (bedingt durch die vorhandenen Risikokonstellation)

eingeleitet. In 9,5% (N=2) war eine Oxytocininfusion, in 23,8% (N=5) die Applikation von Prostaglandingel notwendig.

SW	PG	OI	AT	N	Anzahl (%)
x				12	57,1
x		x		2	9,5
	x			5	23,8
		x		2	9,5

Tab. 4: Wehentätigkeit bzw -einleitung, Kollektiv B (N=21); SW = spontane Wehentätigkeit, PG = Prostaglandingel, OI = Oxytocininfusion, AT = Amniotomie.

### 3.1.7 Analgesie

Eine Analgesierung war bei den meisten Frauen notwendig. Indikationen dafür stellten einerseits der Wunsch der Patientin, andererseits die individuelle geburtshilfliche Situation bzw. eine erforderliche operative Entbindung dar.

Zur Anwendung kamen intravenös verabreichte Opiate, Periduralanästhesie, Pudendusblockade und Intubationsnarkose. Die Auswahl und ggf. Änderung der analgetische Therapie erfolgte situationsabhängig subjektiv nach dem Bedarf der werdenden Mutter und objektiv bei geburtshilflichen Eingriffen.

Kollektiv A: Alle Patientinnen (N=27) benötigten eine Analgesierung. 18,5% der Patientinnen (N=5) erhielten intravenös Opiate (Meptid®, Dolantin® oder Temgesic®) und waren damit ausreichend analgisiert. Bei weiteren 33,3% (N=9) war diese Schmerztherapie nicht ausreichend: 29,6% der Patientinnen (N=8) erhielten zusätzlich eine Periduralanästhesie (PDA), eine Patientin bekam zusätzlich einen Pudendusblockade mit Scandicain®. Bei 29,6% der Frauen (N=8) wurde eine alleinige Periduralanästhesie verwendet. Zwei Patientinnen (7,4%) erhielten trotz Opiatgabe und PDA eine Intubationsnarkose (ITN), zwei Patientinnen (7,4%) trotz Opiatgabe eine ITN und eine Patientin trotz PDA eine ITN.

In 37,0% der Fälle (N=10) wurde die Geburt durch eine sekundäre Sectio caesarea beendet, die jeweils zu 18,5% (N=5) in Periduralanästhesie und in Intubationsnarkose durchgeführt wurde.

Opiate	PDA	ITN	PB	N	Anzahl (%)
x				5	18,5
x	x			8	29,6
x			x	1	3,7
	x			8	29,6
x	x	x		2	7,4
x		x		2	7,4
	x	x		1	3,7

Tab. 5: Verwendete Analgetika, Kollektiv A (N=27), PDA = Periduralanästhesie, ITN = Intubationsnarkose, PB = Pudendusblock.

Kollektiv B: In diesem Kollektiv benötigten 95,2% der Frauen (N=20) eine Analgesierung, nur bei einer Patientin war keine Schmerzmedikation erforderlich.

Durch die alleinige Gabe von Opiaten wurde bei 33,3% der Patientinnen (N=7) eine ausreichende Schmerzlinderung erreicht. Bei weiteren 19,0% (N=4) wurde zusätzlich eine Periduralanästhesie verwendet.

Eine alleinige Periduralanästhesie wurde bei 42,9% der Frauen (N=9) durchgeführt.

Opiate	PDA	ITN	PB	N	Anzahl (%)
x				7	33,3
x	x			4	19,0
	x			9	42,9

Tab. 6: verwendete Analgetika, Kollektiv B (N=20), PDA = Periduralanästhesie, ITN = Intubationsnarkose, PB = Pudendusblock.

### 3.1.8 Geburtsdauer

Die durchschnittliche Geburtsdauer lag in Kollektiv A bei 15,7 Stunden (Median:12,4). Das Minimum betrug 5,4 Stunden, das Maximum 36,1 Stunden.

In Kollektiv B variierte die Geburtsdauer zwischen 4,3 und 31,1 Stunden und dauerte im Durchschnitt 12,2 Stunden (Median: 12,1).

### **3.1.9 Lage des Kindes**

Kollektiv A: Bei 77,8% der Patientinnen (N=21) befand sich das Kind in einer regelrechten vorderen Hinterhauptslage, bei 22,2% (N=6) handelte es sich um eine regelwidrige Schädellage. Beckenendlagen wurden nicht beobachtet.

Kollektiv B: Hier wurden 81,0% der Kinder (N=17) aus einer regelrechten Schädellage, 19,0% (N=4) aus einer regelwidrigen Schädellage geboren. Beckenendlagen traten auch in diesem Kollektiv nicht auf.

### **3.1.10 Risikofaktoren**

Die Risikofaktoren waren vielfältig und in ihrem Auftreten sehr unterschiedlich stark gewichtet.

Zur besseren Übersicht wurden sie in vier Gruppen unterteilt:

#### 1. Schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren:

- Schwangere unter 18 oder über 35 Jahre,
- Adipositas,
- vorbestehender Hypertonus,
- Nikotinkonsum,
- Niereninsuffizienz und
- Epilepsie.

#### 2. Risikofaktoren, die durch vorherige Schwangerschaften bedingt waren:

- Zustand nach Abort,
- Zustand nach Interruptio,
- Zustand nach Sectio caesarea,
- Zustand nach postpartalem Kindstod.

### 3. Risikofaktoren, die durch die aktuelle Schwangerschaft bedingt waren:

- Blutung vor der 28. Schwangerschaftswoche,
- Blutung nach der 28. Schwangerschaftswoche,
- Ödeme,
- Plazentainsuffizienz,
- vorzeitiger Blasensprung,
- Terminüberschreitung,
- Terminunsicherheit,
- Oligohydramnion,
- Polyhydramnion,
- Makrosomie,
- Gestationsdiabetes,
- Präeklampsie,
- vorzeitige Wehentätigkeit,
- schwangerschaftsinduzierter Hypertonus.

### 4. Risikofaktoren, die sich peripartal manifestiert haben:

- Frühgeburt,
- grünes Fruchtwasser,
- Nabelschnurumschlingung,
- cephalo-pelvines Missverhältnis,
- Verdacht auf Amnioninfektionssyndrom
- Geburtsstillstand,
- unregelmäßige Wehentätigkeit,
- protrahierte Geburt,
- hoher Geradstand.

Kollektiv A: Insgesamt war der Risikofaktor „Terminüberschreitung“ bei weitem am häufigsten vertreten, davon waren 66,7% der Patientinnen (N=18) betroffen, gefolgt vom Risikofaktor „Geburtsstillstand“, der bei 59,3% der Frauen vorlag (N=16). Es traten durchschnittlich 4,3 Risikofaktoren pro Patientin auf. Es waren mindestens ein, maximal neun Risikofaktoren vorhanden.



Zu 1.: Allgemeine, schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren fanden sich bei 37,0% der Frauen (N=10).

Der Faktor „Schwangere über 35 Jahre“ stand gemeinsam mit dem Faktor „Adipositas“ in dieser Gruppe an der Spitze; sie betrafen jeweils 14,8% der Patientinnen (N=4).

Bei 11,1% der Patientinnen (N=3) waren jeweils zwei Risikofaktoren aus dieser Gruppe vorhanden. Der durchschnittliche Wert lag in diesem Kollektiv bei 0,48 Risikofaktoren.

<b>Schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren</b>	N	Anzahl (%)
Schwangere über 35 Jahre	4	14,8
Adipositas	4	14,8
Nikotinkonsum	2	7,4
Schwangere unter 18 Jahre	1	3,7
Vorbestehender Hypertonus	1	3,7
Niereninsuffizienz	1	3,7
Epilepsie	0	0

Tab. 6: Schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren, Kollektiv A (N=10); Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Zu 2.: Risikofaktoren, die durch vorausgegangene Schwangerschaften bedingt waren, fanden sich bei 29,6% der Patientinnen (N=8). Der Faktor „Zustand nach Abort“ war, gefolgt vom Faktor „Zustand nach Sectio caesarea“ in dieser Gruppe am häufigsten vorhanden. Bei 3,7% der Patientinnen (N=1) waren zwei Risikofaktoren aus dieser Gruppe zu finden (Zustand nach Abort und Zustand nach Interruptio). Durchschnittlich lagen in dieser Gruppe 0,33 Risikofaktoren vor.

<b>Durch vorherige Schwangerschaften bedingte Risikofaktoren</b>	N	Anzahl(%)
Z.n. Abort	4	14,8
Z.n. Sectio	3	11,1
Z.n. Interruptio	2	7,4
Z.n. postpartalem Kindstod	0	0

Tab. 7: Durch vorherige Schwangerschaften bedingte Risikofaktoren, Kollektiv A (N=8), Z. n. = Zustand nach; Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Zu 3.: Risikofaktoren, die durch die aktuelle Schwangerschaft bedingt waren, traten bei 96,2% aller Patientinnen (N=26) auf. Damit steht die dritte Gruppe im Vergleich zu den anderen Gruppen deutlich im Vordergrund.

Der Risikofaktor „Terminüberschreitung“ war mit Abstand der häufigste, er bestand bei 66,6% der Patientinnen (N=18).

Bei 25,9% der Patientinnen (N=7) fanden sich je zwei Faktoren aus dieser Gruppe. 11,1% der Frauen (N=3) wiesen jeweils drei Risikofaktoren auf, bei 7,4% (N=2) waren vier, bei 3,7% (N=1) fünf Risikofaktoren vorhanden. Im Durchschnitt lagen in dieser Risikogruppe 1,9 Risikofaktoren vor.

<b>Durch die aktuelle Schwangerschaft bedingte Risikofaktoren</b>	N	Anzahl(%)
Terminüberschreitung	18	66,6
Vorzeitiger Blasensprung	10	37,0
Ödeme	6	22,2
Oligohydramnion	2	7,4
Makrosomie	2	7,4
Gestationsdiabetes	2	7,4
Präeklampsie	2	7,4
Vorzeitige Wehentätigkeit	2	7,4
Schwangerschaftsinduzierter Hypertonus	2	7,4
Blutung nach der 28. SSW	1	3,7
Plazentainsuffizienz	1	3,7
Terminunsicherheit	1	3,7
Polyhydramnion	1	3,7
Small for gestational age	1	3,7

Tab. 8: Durch die aktuelle Schwangerschaft bedingte Risikofaktoren, Kollektiv A (N=26); Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Zu 4.: Peripartale Risikofaktoren traten bei 77,8% der Patientinnen (N=21) auf. Mit einem Anteil von 59,3% (N=16) dominierte hier deutlich der Faktor „Geburtsstillstand“, gefolgt vom Faktor „Nabelschnurumschlingung“. 22,2% der Frauen (N=6) wiesen keinen Faktor aus dieser Gruppe auf. 44,4% der Patientinnen (N=12) zeigten jeweils zwei Faktoren. Bei 14,8% (N=4) fanden sich je drei bzw. vier Faktoren dieser Gruppe. Im Mittel waren aus dieser Gruppe 1,6 Risikofaktoren pro Patientin zu finden.

## Ergebnisse

<b>Peripartal entstandene Risikofaktoren</b>	<b>N</b>	<b>Anzahl(%)</b>
Nabelschnurumschlingung	9	33,3
Unregelmäßige Wehentätigkeit	7	25,9
Grünes Fruchtwasser	5	18,5
Hoher Geradstand	2	7,4
Frühgeburt	1	3,7
Cephalo-pelvines Missverhältnis	1	3,7
V.a. Amnioninfektionssyndrom	1	3,7
Protrahierte Geburt	1	3,7

Tab. 9: Peripartal entstandene Risikofaktoren, Kollektiv A (N=21), V.a. = Verdacht auf; Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Kollektiv B: Auch in diesem Kollektiv war der Risikofaktor „Terminüberschreitung“, der sich bei 52,3% der Frauen (N=11) fand, am häufigsten vorhanden. An zweiter Stelle stand der Faktor „Nabelschnurumschlingung“. Er trat bei 42,9% (N=9) auf. Der Durchschnitt der vorhandenen Risikofaktoren lag bei 3,7. 9,5% der Patientinnen (N=2) wiesen keinerlei Risiken auf, das Maximum lag bei sieben Risikofaktoren.

Zu 1.: Schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren fanden sich bei 33,3% der Frauen (N=7). Spitzenreiter war hier mit 14,3% (N=3) der Faktor „Adipositas“, gefolgt vom Nikotinabusus, der von 9,5% der Patientinnen (N=2) angegeben wurde.

Zwei Risikofaktoren dieser Gruppe fanden sich bei 9,5% (N=2) der Patientinnen, wobei es sich um die Kombination Adipositas und Hypertonus bzw. Adipositas und Epilepsie handelte.

Durchschnittlich waren 0,43 Risikofaktoren aus dieser Gruppe im untersuchten Kollektiv vorhanden.

<b>Schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren</b>	N	Anzahl (%)
Adipositas	3	14,3
Nikotinkonsum	2	9,6
Schwangere unter 18 Jahre	1	4,8
Schwangere über 35 Jahre	1	4,8
Vorbestehender Hypertonus	1	4,8
Epilepsie	1	4,8
Niereninsuffizienz	0	0

Tab. 10: Schwangerschaftsunabhängige Risikofaktoren, Kollektiv B (N=7); Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Zu 2.: Risikofaktoren, die durch vorangehende Schwangerschaften bedingt waren, traten bei 38,1% der Frauen (N=8) auf. An erster Stelle in dieser Gruppe stand der Faktor „Zustand nach Sectio caesarea“. Im Mittel waren 0,4 Risikofaktoren vorhanden.

<b>Durch vorherige Schwangerschaften bedingte Risikofaktoren</b>	N	Anzahl(%)
Z.n. Sectio caesarea	5	23,8
Z.n. Abort	3	14,3
Z.n. postpartalem Kindstod	1	4,8
Z.n. Interruptio	0	0

Tab. 11: Durch vorherige Schwangerschaften bedingte Risikofaktoren, Kollektiv B (N=8), Z.n. = Zustand nach; Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Zu 3.: Auch in Kollektiv B waren die Risikofaktoren dieser Gruppe am häufigsten vertreten. 85,7% der Frauen (N=18) waren davon betroffen. Der Faktor „Terminüberschreitung“ war - ähnlich häufig wie in Kollektiv A - bei 52,3% der Patientinnen (N=11) vorhanden. Bei 19,0% (N=4) traten je zwei Risikofaktoren, bei 9,5% (N=2) drei und bei 4,8% der Frauen (N=1) vier Faktoren auf. Durchschnittlich fanden sich in dieser Risikogruppe 1,3 Faktoren pro Patientin.

<b>Durch aktuelle Schwangerschaft bedingte Risikofaktoren</b>	N	Anzahl(%)
Terminüberschreitung	11	52,4
Vorzeitiger Blasensprung	6	28,6
Ödeme	4	19,0
Blutung vor der 28. SSW	1	4,8
Blutung nach der 28. SSW	1	4,8
Plazentainsuffizienz	1	4,8
Terminunsicherheit	1	4,8
Small for gestational age	1	4,8
Oligohydramnion	0	0
Polyhydramnion	0	0
Makrosomie	0	0
Gestationsdiabetes	0	0
Präeklampsie	0	0
Vorzeitige Wehentätigkeit	0	0
Schwangerschaftsinduzierter Hypertonus	0	0

Tab. 12: Durch aktuelle Schwangerschaft bedingte Risikofaktoren, Kollektiv B (N=18); Mehrfachnennungen waren vorhanden.

Zu 4.: Komplikationen, die sich subpartal entwickelten, waren auch in Kollektiv B zahlreich vorhanden. Bei 81,0% der Frauen (N=17) fanden sich Risikofaktoren aus dieser Gruppe. Der Faktor „Nabelschnurumschlingung“ steht mit 42,9% (N=9) auch in diesem Kollektiv an der Spitze, jedoch dicht gefolgt von den Faktoren „grünes Fruchtwasser“ und „Geburtsstillstand“. Bei 19,0% der Frauen (N=4) traten keine Risikofaktoren auf, bei weiteren 19,0% (N=4) fanden sich jeweils zwei und bei 28,6% (N=6) sogar drei Faktoren. Durchschnittlich waren 1,6 Risikofaktoren dieser Gruppe vorhanden.

<b>Peripartal entstandene Risikofaktoren</b>	<b>N</b>	<b>Anzahl (%)</b>
Nabelschnurumschlingung	9	42,9
Grünes Fruchtwasser	8	38,1
Geburtsstillstand	8	38,1
Unregelmäßige Wehentätigkeit	3	14,3
Cephalo-pelvines Missverhältnis	2	9,5
Protrahierte Geburt	2	9,5
Frühgeburt	1	4,8
V.a. Amnioninfektionssyndrom	0	0
Hoher Geradstand	0	0

Tab. 13: Peripartal entstandene Risikofaktoren, Kollektiv B (N=17), V.a. = Verdacht auf; Mehrfachnennungen waren vorhanden.

### **3.1.11 Kardiotokografie**

Die Kardiotokografie-(CTG-) Muster waren in beiden Kollektiven auffällig (Figo-Score < 8). Hinweise für den fetalen Distress waren wehenunabhängige und variable Dezelerationen sowie anhaltende Brady- und Tachykardien, die die Indikation zur Fetalblutanalyse ergaben.

Es wird deutlich, dass es sich bei den Patientinnen beider Kollektive um Risikopatientinnen handelt. Zum einen waren bei der Mehrzahl der Patientinnen mehrere Risikofaktoren vorhanden (vgl. 3.1.10), zum anderen kam es, wie unter 3.1.11 erwähnt, bei allen Patientinnen zu suspekten bzw. pathologischen CTG-Mustern. Das Risikoprofil weicht also deutlich vom regelrechten Zustand ab.

### 3.1.12 Apgarwerte

Postpartal wurden alle Neugeborenen anhand des Apgarscores bezüglich ihres Gesamtzustandes bewertet (vgl. Tab. 2).

In Kollektiv A (N=27) kamen folgende Ergebnisse zustande: Durchschnittlich wurde ein 1-Minuten-Apgarwert von 8,5 erreicht (Median 9, Standardabweichung 0,7). Der durchschnittliche Wert nach fünf Minuten lag bei 9,4 (Median 9, Standardabweichung 0,7) bzw. nach 10 Minuten bei 9,7 (Median 10, Standardabweichung 0,5).

In Kollektiv B (N=21) ergab der durchschnittliche Apgarwert nach einer Minute 8,1 (Median 9, Standardabweichung 1,6). Nach fünf bzw. zehn Minuten wurden Werte von 9,4 (Median 10, Standardabweichung 0,8) bzw. 9,7 (Median 10, Standardabweichung 0,5) ermittelt.

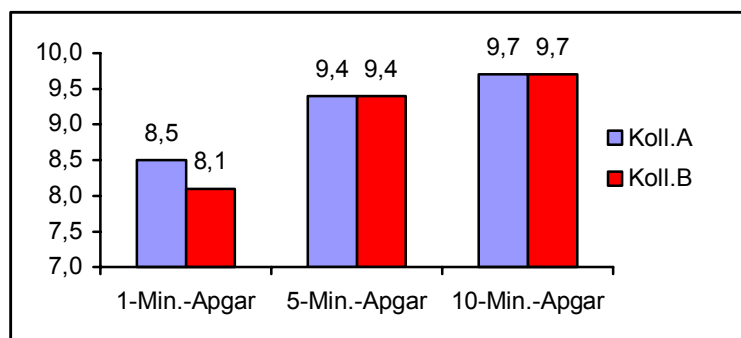


Abb. 16: Durchschnittlich erreichte Apgarwerte nach 1, 5 und 10 Minuten in den beiden Kollektiven; Koll.A /B = Kollektiv A/B.

Im Vergleich ergaben sich nur marginale Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven. Besonders nach einer Minute wurden in Kollektiv B niedrigere Werte ermittelt. Während in Kollektiv A nur Werte  $\geq 7$  vorlagen, hatten in Kollektiv B vier Neugeborene nach einer Minute Apgarwerte  $< 7$ . Bei allen Kindern erfolgte jedoch eine rasche Erholung, so dass sich die Werte nach fünf bzw. zehn Minuten nur geringfügig unterschieden.

## 3.2 Studienergebnisse

### 3.2.1 Auswertung der Fetalblutanalysen

#### 3.2.1.1 Analyse der pH-Werte

Kollektiv A: Bei allen Patientinnen (N=27) wurde eine Ausgangs-FBA durchgeführt. Wegen mangelnder Dokumentation lagen nur von N=26 Patientinnen die Ergebnisse vor. Durchschnittlich wurden pH-Werte von 7,30 erreicht (Median 7,30, Standardabweichung 0,04), der niedrigste Wert betrug 7,20, der höchste 7,40.

Eine zweite FBA erfolgte bei N=20 Patientinnen. Der Mittelwert lag hier bei 7,29 (Median: 7,28, Standardabweichung 0,06). Die Werte variierten zwischen 7,16 und 7,45.

Drei FBAs wurden bei neun Frauen durchgeführt. Auch hier lag der Mittelwert bei 7,29 (Median: 7,30, Standardabweichung: 0,05), das Minimum bei 7,22 und das Maximum bei 7,41.

Bei einer Patientin erfolgte eine vierte FBA, der pH-Wert betrug 7,33 (vgl. Tab. 14).

Kollektiv B: Vergleichbar mit Kollektiv A erfolgte bei allen Patientinnen (N=21) eine Ausgangs-FBA, aber auch hier lag das Ergebnis von einer Patientin zur Auswertung nicht vor. Der Mittelwert betrug 7,32 (Median: 7,32, Standardabweichung: 0,05), der niedrigste pH-Wert 7,25 und der höchste 7,42.

Eine erste Kontroll-FBA wurde bei 18 Patientinnen durchgeführt, wobei der gemessene durchschnittliche Wert bei 7,29 (Median: 7,30, Standardabweichung 0,04) und der niedrigste bzw. höchste Wert bei 7,22 bzw. 7,35 lag.

Bei elf Frauen erfolgte eine dritte FBA, die im Mittel zu einem pH-Wert von 7,31 (Median: 7,31, Standardabweichung: 0,05) führte.

Eine vierte FBA wurde schließlich bei vier Frauen durchgeführt. Der durchschnittliche Wert betrug 7,30 (Median: 7,31, Standardabweichung: 0,07). Die Werte variierten zwischen 7,20 und 7,38 (vgl. Tab. 14).



Kollektiv		N	MW	SD	MED	MIN	MAX
A	pH FBA 1	26	7,30	0,04	7,30	7,20	7,40
	pH FBA 2	20	7,29	0,06	7,28	7,16	7,45
	pH FBA 3	9	7,29	0,05	7,30	7,22	7,41
	pH FBA 4	1	7,33	0,0	7,33	7,33	7,33
B	pH FBA1	20	7,32	0,05	7,32	7,25	7,42
	pH FBA 2	18	7,29	0,04	7,30	7,22	7,35
	pH FBA 3	11	7,31	0,05	7,31	7,22	7,38
	pH FBA 4	4	7,30	0,07	7,31	7,20	7,38

Tab. 14: Auswertung der Fetalblutanalysen in den beiden Kollektiven; MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, MED = Median, MIN = Minimum, MAX = Maximum.

### 3.2.1.2 Anzahl der Folge-FBAs

Kollektiv A: Es wurde bei allen Patientinnen (N=27) eine Ausgangs-FBA durchgeführt, bei einer Patientin lag das Messergebnis – wie oben erwähnt – nicht vor, so dass der gültige Prozentsatz 96,3 % beträgt. Eine zweite FBA erfolgte bei 74,1% der Patientinnen (N=20), eine dritte bzw. vierte FBA bei 33,3% (N=9) bzw. 3,7% (N=1) der Patientinnen.

Kollektiv B: Auch hier wurde bei allen Patientinnen (N=21) eine Ausgangs-FBA durchgeführt, und auch hier lag das Ergebnis von einer Patientin nicht vor. Daraus ergab sich ein Prozentsatz von 95,2%. Bei 90,0% der Patientinnen (N=18) erfolgte eine zweite und bei 55,5% (N=11) bzw. 20,0% (N=4) der Patientinnen eine dritte bzw. vierte FBA (vgl. Tab.15).

Kollektiv	A			B		
	N	gültige %	%	N	gültige %	%
pH FBA 1	26	<b>96,3</b>	100,0	20	<b>95,2</b>	100,0
pH FBA 2	20	<b>74,1</b>	76,9	18	<b>90,0</b>	85,7
pH FBA 3	9	<b>33,3</b>	34,6	11	<b>55,5</b>	52,4
pH FBA 4	1	<b>3,7</b>	3,8	4	<b>20,0</b>	19,0

Tab. 15: Anzahl der Fetalblutanalysen (FBAs), absolut und in Prozent.

Anmerkung: Die Angabe "%" bezieht sich auf alle Patientinnen, auch solche, von denen die Angaben fehlen (Ein Wert fehlt in beiden Gruppen). Die Angabe "gültige %" bezieht sich auf die Patientinnen, von denen tatsächlich ein Messwert vorlag.

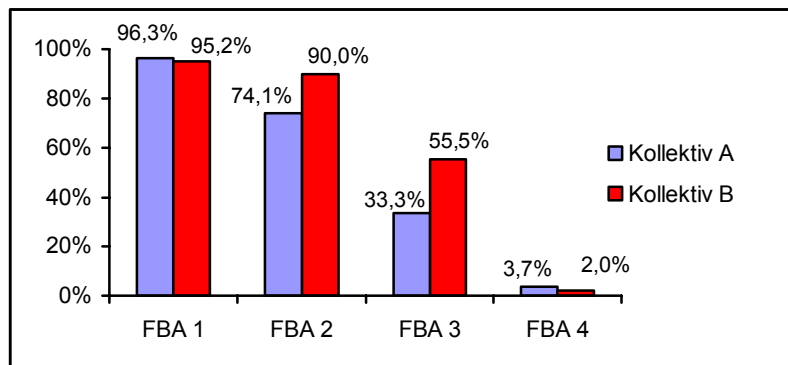


Abb. 17: Prozentsatz der durchgeführten FBAs in den Kollektiven.

Es wird deutlich, dass die Anzahl der Folge-FBAs zwischen den beiden Kollektiven differiert: Während in Kollektiv A durchschnittlich 1,15 Folge-FBAs pro Patientin durchgeführt wurden, erfolgten in Kollektiv B pro Patientin durchschnittlich 1,65 FBAs. Dieser Verteilungsunterschied ist jedoch nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test: F=2,81).

### 3.2.2 Analyse der arteriellen Nabelschnur-pH-Werte

Kollektiv A: Die Analyse des arteriellen Nabelschnurblutes ergab im Mittel einen pH-Wert von 7,23. Die Standardabweichung betrug 0,06 und der Median 7,25. Der niedrigste Wert lag bei 7,07, der höchste bei 7,32 (vgl. Tab. 16).

Kollektiv B: Hier ergab sich ein durchschnittlicher pH-Wert von 7,22. Die Standardabweichung lag bei 0,07 und der Median bei 7,22. Als niedrigster Wert wurde 7,11 gemessen, als höchster 7,34 (vgl.Tab. 16).

Im Vergleich ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede (t-Test nach Student:  $t_v=1,059$ ;  $p=0,296$ ).

Kollektiv	N	MW	SD	MED	MIN	MAX
A	27	7,23	0,06	7,25	7,07	7,32
B	21	7,22	0,07	7,22	7,11	7,34

Tab. 16: Statistische Kennwerte des arteriellen Nabelschnur-pH-Wertes für beide Kollektive; MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, MED = Median, MIN = Minimum, MAX = Maximum .

### **3.2.3 Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der ersten Fetalblutanalyse und dem arteriellen Nabelschnur-pH-Wert**

Als Variablen dienten der pH-Wert der ersten FBA (pH1) und der postpartal bestimmte pH-Wert aus der Nabelschnurarterie (NapH) in den jeweiligen Kollektiven.

Die Variablen  $pH1 - 4$ ,  $NapH \leq 7,20$  und  $NapH > 7,20$  sind alle sechs hinreichend normalverteilt (vgl. Tab. 17). Es ist zu berücksichtigen, dass in beiden Kollektiven jeweils ein pH-Wert aus der ersten FBA wegen mangelnder Dokumentation fehlt.

## Ergebnisse

Kollektiv		N	Mittelwert	SD	Median	Minimum	Maximum
A	pH FBA 1	26	7,30	0,04	7,30	7,20	7,40
	pH FBA 2	20	7,29	0,06	7,28	7,16	7,45
	pH FBA 3	9	7,29	0,05	7,30	7,22	7,41
	pH FBA 4	1	7,33	0,0	7,33	7,33	7,33
	NapH $\leq 7,20$	6	7,15	0,05	7,16	7,07	7,20
	NapH $>7,20$	21	7,26	0,03	7,26	7,21	7,32
B	pH FBA 1	20	7,32	0,05	7,32	7,25	7,42
	pH FBA 2	18	7,29	0,04	7,30	7,22	7,35
	pH FBA 3	11	7,31	0,05	7,31	7,22	7,38
	pH FBA 4	4	7,30	0,07	7,31	7,20	7,38
	NapH $\leq 7,20$	9	7,15	0,03	7,14	7,11	7,20
	NapH $>7,20$	12	7,27	0,04	7,26	7,21	7,34

Tab. 17: Statistische Kennwerte zur Fetalblutanalyse (FBA) und den arteriellen Nabelschnur-pH-Werten (NapH); SD = Standardabweichung.

Um den Zusammenhang zwischen den pH-Werten in der ersten Fetalblutanalyse und den pH-Werten aus dem arteriellen Nabelschnurblut in den jeweiligen Kollektiven zu bestimmen, wurden alle pH-Werte (pH1) der ersten FBA (N=46) in eine Variable gelegt, mit dem pH-Wert aus der Nabelschnurarterie (NapH) korreliert und wieder in die Kollektive aufgeteilt. Folgende Ergebnisse kamen zustande:

Kollektiv A: Der Pearson-Korrelationskoeffizient (N=26) zwischen pH1 und NapH betrug  $r=0,512$ ;  $p=0,008$ . Hier besteht ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen den genannten Variablen.

Kollektiv B: Zwischen pH1 und NapH wurde ein Pearson-Korrelationskoeffizient (N=20) von  $r= -0,130$ ;  $p= 0,584$  berechnet. Es besteht kein signifikanter Zusammenhang.

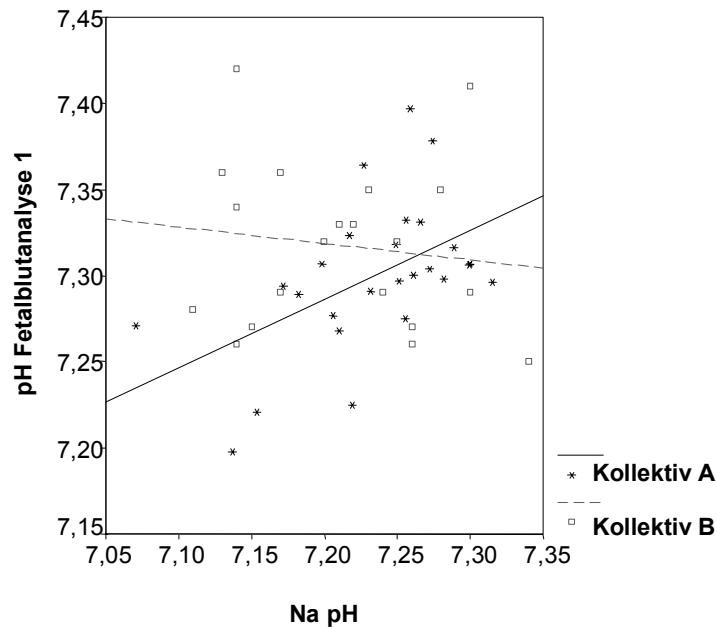


Abb. 18: Zusammenhang zwischen der ersten FBA und dem arteriellen Nabelschnur-pH-Wert.

### 3.2.4 Auswertung der FSpO<sub>2</sub>-Messung

#### 3.2.4.1 **Registrierdauer**

Kollektiv A (N=27): Die durchschnittliche Registrierdauer lag bei 171,8 Minuten (62,2%), während der Median bei 143,0 Minuten (64,8%) und die Standardabweichung bei 96,4 Minuten (12,5%) lag. Entsprechend der Einschlusskriterien betrug die minimale Registrierdauer 60,0 Minuten (29,9%), die maximale Registrierdauer 393,0 Minuten (77,6%).

Kollektiv B (N=21): Hier lag der Mittelwert bei 187,3 registrierten Minuten (88,5%). Der Median betrug 161,3 Minuten (87,8%) und die Standardabweichung 89,9 Minuten (6,8%). Die minimale Registrierdauer lag bei 70,8 Minuten (80,0%), die maximale bei 422,5 Minuten (98,7%).

Die Registrierdauer (in Prozent) ist in beiden Kollektiven hinreichend normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test).

## Ergebnisse

Kollektiv	N	Mittelwert		SD		Median		Minimum		Maximum	
		Min	%	Min	%	Min	%	Min	%	Min	%
A	27	171,8	62,2	96,4	12,5	143,0	64,8	60,0	29,9	393,0	77,6
B	21	187,4	88,5	88,1	6,6	161,3	87,8	70,75	80,0	422,5	98,7

Tab. 18: Statistische Kennwerte der Dauer der Pulsoxymetriemessung; Angaben in Minuten (Min.) und Prozent der Liegedauer der Sonde (%); SD = Standardabweichung.

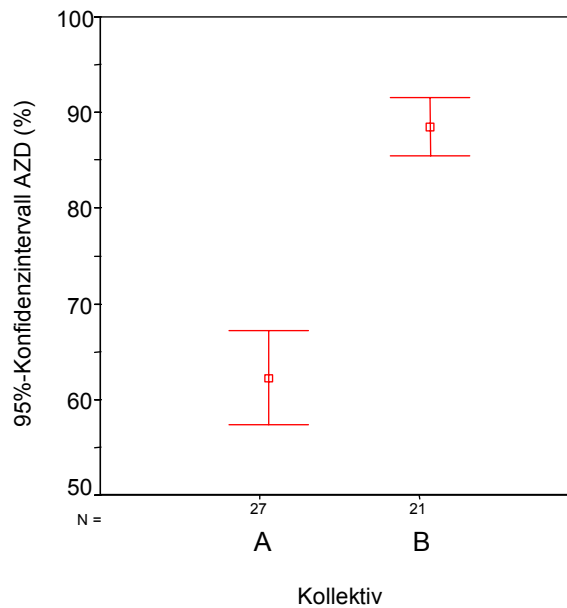


Abb. 19: Mittelwert und 95%-Konfidenzintervall der Registrierdauer (AZD, %).

### 3.2.4.2 Auswertung der FSpO<sub>2</sub>-Sättigungswerte

#### 3.2.4.2.1 Sättigungswerte zwischen 0 und 30%

Kollektiv A: Der Anteil an Sättigungswerten  $\leq 30\%$  betrug im Durchschnitt 12,5 Minuten, im Verhältnis zur Registrierdauer entspricht das 8,9%. Die berechneten Werte der Standardabweichung und des Medians betragen 13,3 (13,4%) bzw. 10,8 Minuten (4,6%). Der minimale bzw. maximal gemessene Wert lag bei 0 (0%) bzw. 46,8 Minuten (57,0%) (vgl. Tab. 19).

Kollektiv B: Die durchschnittliche Dauer von Sättigungswerten  $\leq 30\%$  betrug 25,9 Minuten, das entspricht im Verhältnis zur Registrierdauer 13,9%. Die Standardabweichung lag bei 42,8 Minuten (18,5%) und der Median bei 10,3 Minuten (5,9%). Die minimale Dauer ergab 0, die maximale 197,3 Minuten (69,7%) (vgl. Tab. 19).

Kollektiv	N	Mittelwert		SD		Median		Minimum		Maximum	
		Min	%	Min	%	Min	%	Min	%	Min	%
A	27	12,5	8,9	13,3	13,4	10,8	4,6	0,0	0,0	46,8	57,0
B	21	25,9	13,9	42,8	18,5	10,3	5,9	0,0	0,0	197,3	69,7

Tab. 19: Statistische Kennwerte der relativen Zeit der Pulsoxymetriemessung für  $\leq 30\%$ ; SD = Standardabweichung; Min = Minuten.

Anhand der Tabelle wird ersichtlich, dass sich nur marginale Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven finden. Diese sind statistisch nicht signifikant (t-Test nach Student:  $t_v=1,054$ ;  $p=0,297$ ).

### 3.2.4.2.2 Sättigungswerte zwischen 31-60%

Kollektiv A: Der größte Anteil der Registrierdauer lag in dem Bereich 31-60%. Durchschnittlich 136,2 Minuten (82,9%) wurden in diesem Bereich aufgezeichnet (Median: 130,0, Standardabweichung 80,5). Die kürzeste Dauer betrug 0,5 Minuten, die längste Dauer 316,8 Minuten.

Kollektiv B: Auch in diesem Kollektiv lag der größte Anteil der Registrierdauer mit durchschnittlich 159,5 Minuten (84,8%) in dem Bereich zwischen 31-60% (Median: 143,0, Standardabweichung: 91,1). Das gemessene Minimum betrug 66,5 Minuten, das Maximum 419,5 Minuten.

### 3.2.4.2.3 Sättigungswerte zwischen 61-90%

Kollektiv A: In dem Sättigungsbereich zwischen 61-90% wurden im Durchschnitt Werte von 23,1 Minuten (7,8%) beobachtet (Median: 2, Standardabweichung: 68,8). Der kürzeste Messzeitraum lag bei null Minuten und der längste bei 359,0 Minuten.

Kollektiv B: In diesem Kollektiv wurden nur bei vier Patientinnen Werte in diesem Bereich gemessen. Durchschnittlich ergab sich ein Messzeitraum von zwei Minuten (1,3%) (Median: 6,8, Standardabweichung: 4,0). Die kürzeste Dauer lag bei null Minuten, die längste 14,3 Minuten.

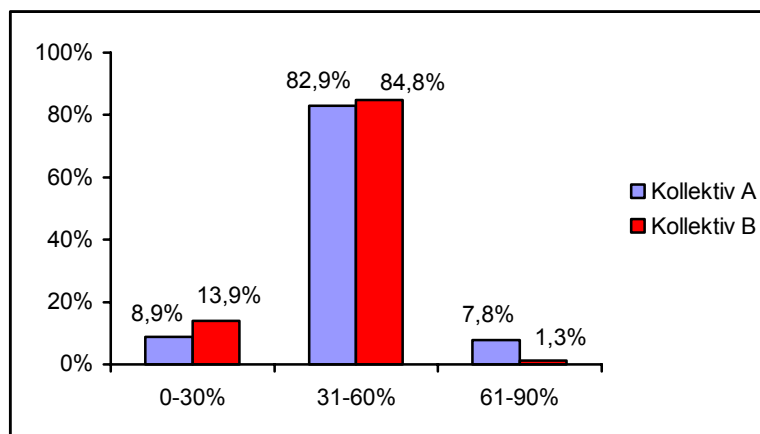


Abb. 19: Verteilung der funktionellen O<sup>2</sup>-Sättigungswerte in den Kollektiven.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Kollektiven lässt sich weder im Sättigungsbereich zwischen 0-30%, noch in den beiden anderen Bereichen finden.



### 3.2.5 Der Entbindungsmodus im Kollektivvergleich

Kollektiv A: 33,3% der Frauen (N=9) haben spontan geboren, bei 37,0% (N=10) erfolgte eine sekundäre Sectio caesarea, bei 29,6% (N=8) eine Vakuumextraktion.

Kollektiv B: 52,4% der Frauen (N=11) wurden spontan entbunden, bei 38,1% (N=8) erfolgte eine sekundäre Sectio caesarea, bei 9,5% (N=2) eine Vakuumextraktion.

	Kollektiv			
	A		B	
Entbindungsmodus	N	%	N	%
Spontangeburt	9	33,3	11	52,4
Sek. Sectio caesarea	10	37,0	8	38,1
Vakuumextraktion	8	29,6	2	9,5
Gesamt	27	100,0	21	100,0

Tab. 20: Verteilung des Entbindungsmodus in den beiden Kollektiven; sek. Sectio caesarea = sekundäre Sectio caesarea.

Es bestehen keine statistisch signifikanten Verteilungsunterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des Geburtsmodus (Chi<sup>2</sup>-Test: F=3,324 mit p=0,190), auch wenn die Spontangeburt und die Vakuumextraktion einen zahlenmäßig relativen Häufigkeitsunterschied aufweisen.

### 3.2.6 Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur-pH-Wert $\leq 7,20$ und FSpO<sub>2</sub>-Werten $\leq 30\%$

Kollektiv A: Wie aus Tab. 17 ersichtlich, war bei 22,2% der Neugeborenen (N=6) der arterielle Nabelschnur-pH-Wert  $\leq 7,20$ . Im Mittel lag er bei diesen Kindern bei 7,15, die Standardabweichung betrug 0,05, der Median 7,16. Der niedrigste gemessene Wert ergab 7,07, der höchste 7,20.

Die Pulsoxymetriesättigungswerte  $\leq 30\%$  wurden unter 3.2.4.2.1 analysiert. Sie lagen im Mittel bei 8,9%.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur-pH-Wert und Pulsoxymetriesättigungswerten  $\leq 30\%$  konnte nicht ermittelt werden. Der Pearson-Korrelationskoeffizient (N=27) betrug  $r = -0,259$  und  $p = 0,192$ .

Kollektiv B: In diesem Kollektiv wurden 42,9% der Kinder (N=9) mit einem arteriellem Nabelschnur-pH-Wert  $\leq 7,20$  geboren. Der durchschnittliche Wert lag bei 7,15, die Standardabweichung betrug 0,03 und der Median lag bei 7,14. Das Minimum und Maximum ergaben Werte von 7,11 bzw. 7,20.

Der Anteil von Pulsoxymetriesättigungswerten  $\leq 30\%$  betrug hier durchschnittlich 13,85% (vgl. Abb. 19).

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang konnte auch hier nicht ermittelt werden. Zwischen dem arteriellen Nabelschnur-pH-Wert und den Pulsoxymetriesättigungswerten  $\leq 30\%$  wurde ein Pearson-Korrelationskoeffizient (N=21) von  $r = -0,006$  und  $p = 0,980$  errechnet.

Auch die gemeinsame Auswertung der Kollektive liefert kein statistisch signifikantes Ergebnis: Der Pearson-Korrelationskoeffizient (N=48) zwischen arteriellem Nabelschnur-pH-Wert und Pulsoxymetriesättigungswerten  $\leq 30\%$  betrug  $r = -0,137$ ;  $p = 0,352$ .

### **3.2.7 Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur-pH-Wert $\leq 7,20$ und dem Entbindungsmodus**

In der folgenden Tabelle wurden die Kollektive bezüglich Geburtsmodus und arteriellem Nabelschnur-pH-Wert (NapH)  $\leq 7,20$  aufgeschlüsselt. Daraus ergaben sich folgende Ergebnisse:

## Ergebnisse

	Kollektiv					
	A			B		
	Anzahl	Prozent	NapH-Wert $\leq 7,20$	Anzahl	Prozent	NapH-Wert $\leq 7,20$
SP	9	33,3%	1 (11,1%)	11	52,4%	5 (45,5%)
SS	10	37,0%	1 (10,0%)	8	38,1%	1 (12,5%)
VE	8	29,6%	3 (37,5%)	2	9,5%	2 (7,2%)
Gesamt	27	100,0%		21	100,0%	

Tab. 21: Anzahl der Neugeborenen mit NapH  $\leq 7,20$  in Abhängigkeit vom Entbindungsmodus; SP = Spontanpartus, SS = sekundäre Sectio caesarea, VE = Vakuumextraktion.

Kollektiv A: Neun Kinder (33,3%) wurden spontan geboren, bei einem Kind fand sich dabei ein NapH  $\leq 7,20$ . Die restlichen Frauen wurden operativ entbunden: Zehn (37,3%) erhielten eine sekundäre Sectio caesarea, wobei hier ein Kind einen NapH  $\leq 7,20$  hatte. Eine Vakuumextraktion erfolgte bei acht Patientinnen (29,6%). Ein NapH  $\leq 7,20$  fand sich hier bei 3 Säuglingen.

Kollektiv B: Eine Spontangeburt erfolgte bei elf Patientinnen (52,4%), wobei knapp die Hälfte der Neugeborenen (45,5%) einen NapH  $\leq 7,20$  zeigte.

Acht Kinder (38,1%) wurden per sekundärer Sectio caesarea geboren. Von ihnen zeigte ein Kind einen NapH  $\leq 7,20$ . Eine Vakuumextraktion wurde bei zwei Frauen (9,5%) durchgeführt. Bei deren beiden Neugeborenen ergab die Blutgasanalyse des arteriellen Nabelschnurblutes einen pH-Wert  $\leq 7,20$  (vgl. Tab. 21).

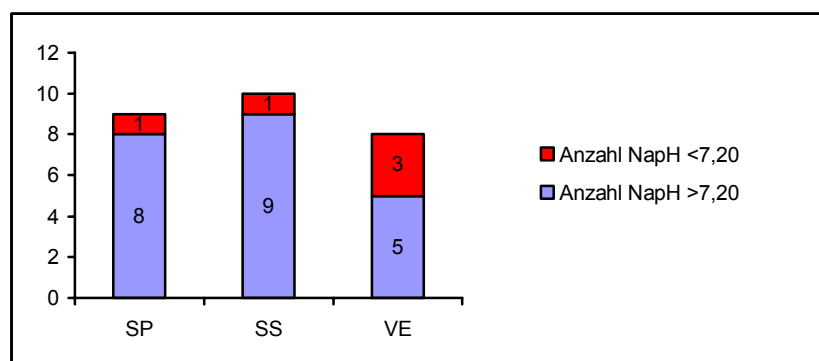


Abb. 20: Kollektiv A (N=27): Anzahl NapH  $\leq 7,20$  in Abhängigkeit vom Entbindungsmodus.

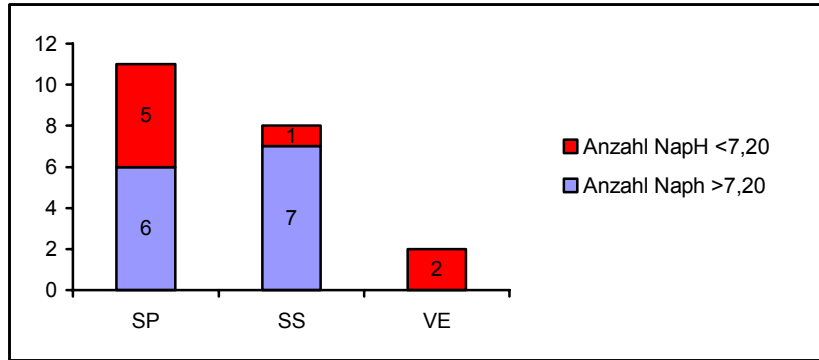


Abb. 21: Kollektiv B (N=21): Anzahl NapH  $\leq 7,20$  in Abhängigkeit vom Entbindungsmodus.

Der Unterschied in der Verteilung des Geburtsmodus ist in den beiden Gruppen nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test: F=3,32; p=0,190).

Die Fallzahl ist aber zu klein, als dass es erlaubt wäre, einen Chi<sup>2</sup>-Test für die Verteilungsunterschiede der Neugeborenen mit einem NapH  $\leq 7,20$  zwischen den beiden Kollektiven nach dem Geburtsmodus zu berechnen.

### 3.2.8 Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen

	Kollektiv			
	A		B	
	Anzahl	%	Anzahl	%
keine Verlegung	23	85,2%	18	85,7%
Verlegung auf NICU	4	14,8%	3	14,3%
Gesamt	27	100,0%	21	100,0%

Tab. 22: Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen in den beide Kollektiven, NICU = Neonatal intensive care unite.

Kollektiv A: 14,8% der Neugeborenen (N=4) wurden wegen pulmonaler Anpassungsstörungen, Zyanose, einem Krampfanfall unklarer Genese bzw. Verdacht auf Infektion auf die Neugeborenen-Intensivstation verlegt.

## Ergebnisse

---

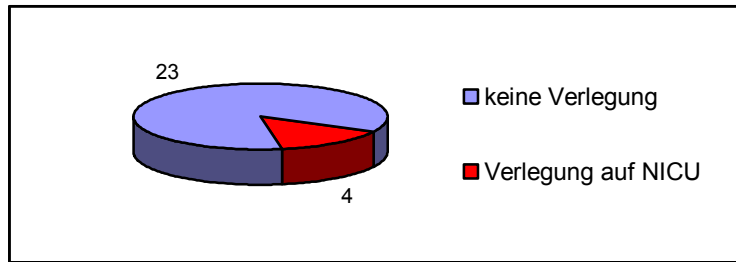


Abb. 22: Kollektiv A (N=27): Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen; NICU = Neonatal intensive care unite.

Kollektiv B: Eine Verlegung erfolgte hier bei 14,3% der Kinder (N=3). Die Indikation wurde in allen Fällen bei Verdacht auf Infektion gestellt. Bei einem Neugeborenen entstand zusätzlich der Verdacht auf eine Fazialisparese.

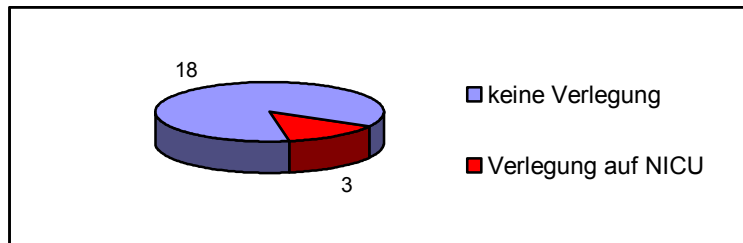


Abb. 23: Kollektiv B (N=21): Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen; NICU = Neonatal intensive care unite.

Es bestehen keine statistisch signifikanten Verteilungsunterschiede zwischen den beiden Kollektiven hinsichtlich der Verlegungshäufigkeit (Chi<sup>2</sup>-Test: F=0,003 mit p=0,959).

## 4 Diskussion

Ziel der modernen Geburtsmedizin ist es, sowohl die maternale, als auch die perinatale kindliche Morbidität und Mortalität auf ein Minimum zu reduzieren [111]. Dank der Einführung des Mutterschutzgesetzes 1952, aber vor allem der Entwicklung intrapartaler Überwachungsmethoden konnten die maternale und perinatale kindliche Mortalität im letzten Jahrhundert deutlich gesenkt werden [6, 129]. Als Meilensteine der subpartalen Überwachungsmethoden sind die kontinuierliche Aufzeichnung der kindlichen Herzfrequenz (CTG) und die von Saling entwickelte Fetalblutanalyse [106] zu werten.

Zur jüngeren Generation an Überwachungsmethoden gehört die intrapartale Aufzeichnung der fetalen Sauerstoffsättigung beim Feten, d.h. die intrapartale Pulsoxymetrie. Mithilfe einer zwischen Uteruswand und kindlicher Wange/Schläfe platzierten Sonde kann die funktionelle Sauerstoffsättigung kontinuierlich gemessen, aufgezeichnet und in das geburtshilfliche Management mit einbezogen werden. Bis heute ist aber die Datenlage bezüglich Wertigkeit und Zuverlässigkeit dieser Methode sehr uneinheitlich, so dass sie sich trotz zahlreicher Publikationen und intensiver Forschung noch nicht im klinischen Alltag etablieren konnte.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu untersuchen, ob die Registrierdauer der Pulsoxymetriemessung einen Einfluss auf die geburtshilflichen Parameter hat. Dafür sollten folgende Fragen beantwortet werden:

1. Hängt die durchschnittliche Anzahl der Folge-FBAs von der prozentualen Registrierdauer ab?
2. Gibt es einen Zusammenhang zwischen niedrigen pH-Werten ( $\text{pH} \leq 7,20$ ) in der ersten Fetalblutanalyse und niedrigen arteriellen Nabelschnur-pH-Werten ( $\text{pH} \leq 7,20$ ) in Abhängigkeit von der Registrierdauer?
3. Wie hoch ist die minimale/maximale Registrierdauer der Pulsoxymetriemessung (Median und Standardabweichung)?

4. Wie hoch ist der Anteil von Sauerstoffsättigungswerten  $\leq 30\%$  in Abhängigkeit von der Registrierdauer?
5. Unterscheiden sich die arteriellen Nabelschnur-pH-Werte (  $\text{pH} \leq 7,20$ ) und der Entbindungsmodus in Abhängigkeit von der Registrierdauer?
6. Besteht ein Zusammenhang zwischen Pulsoxymetrie-Sättigungswerten  $\leq 30\%$  und arteriellen Nabelschnur-pH-Werten  $\leq 7,20$ ?
7. Unterscheidet sich die Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen in Abhängigkeit von der Registrierdauer?

Im Folgenden sollen die einzelnen Ergebnisse bewertet und diskutiert werden. Zunächst wurden die geburtshilflichen Daten und die jeweiligen Risikoprofile in den beiden Patientenkollektiven analysiert (vgl. 3.1). Bei nur marginalen Unterschieden sind die Daten der beiden Kollektive durchaus miteinander vergleichbar. Vor allem anhand der Anzahl der Risikofaktoren und der suspekten bzw. pathologischen CTG-Muster wird deutlich, dass es sich in beiden Kollektiven um Risikopatientinnen handelt.

### **4.1 Anzahl der Folge-FBAs**

In Kollektiv A (N=27) wurden durchschnittlich 1,15 Folge-FBAs pro Patientin durchgeführt, während in Kollektiv B (N=21) pro Patientin durchschnittlich 1,65 FBAs erfolgten. Das bedeutet: Obwohl in Kollektiv B eine bessere Signalqualität der Pulsoxymetriemessung vorlag (Registrierdauer  $\geq 80\%$ ), wurden hier mehr Kontroll-FBAs durchgeführt (vgl. Tab. 23). Dieser Verteilungsunterschied ist nicht signifikant (Chi-<sup>2</sup>-Test:  $F=2,81$ ), entspricht aber nicht der Erwartung, mithilfe dieser Methode die Frequenz an Fetalblutanalysen zu senken [112].

Als Ursache dafür könnte man sich auf schlechte, d.h. niedrige pH-Werte ( $\text{pH} \leq 7,20$ ) in der Ausgangs-FBA berufen, die eine engmaschige Kontrolle erforderlich gemacht hätten. Bei genauerer Betrachtung der durchschnittlichen Werte (vgl. Tab. 23) liegen diese jedoch nicht im azidotischen Bereich. Im Kollektivvergleich sind ebenfalls nur marginale Unterschiede zu finden, so dass häufigere FBA-Kontrollen in Kollektiv B nicht gerechtfertigt waren.

## Diskussion

Kollektiv	A			B		
	N	gültige %	%	N	gültige %	%
pH FBA 1	26	<b>96,3</b>	100,0	20	<b>95,2</b>	100,0
pH FBA 2	20	<b>74,1</b>	76,9	18	<b>90,0</b>	85,7
pH FBA 3	9	<b>33,3</b>	34,6	11	<b>55,5</b>	52,4
pH FBA 4	1	<b>3,7</b>	3,8	4	<b>20,0</b>	19,0

Tab. 23: Anzahl der Fetalblutanalysen (FBAs), absolut und in Prozent.

Anmerkung: Die Angabe "%" bezieht sich auf alle Patientinnen, auch solche, von denen die Angaben fehlen (Ein Wert fehlt in beiden Gruppen). Die Angabe "gültige %" bezieht sich auf die Patientinnen, von denen tatsächlich ein Messwert vorlag.

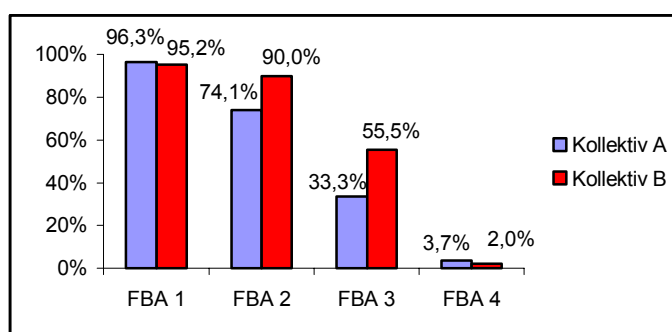


Abb. 24: Prozentsatz der durchgeführten FBAs.

Kollektiv		N	MW	SD	MED	MIN	MAX
A	pH FBA 1	26	<b>7,30</b>	0,04	7,30	7,20	7,40
	pH FBA 2	20	<b>7,29</b>	0,06	7,28	7,16	7,45
	pH FBA 3	9	<b>7,29</b>	0,05	7,30	7,22	7,41
	pH FBA 4	1	<b>7,33</b>	0,0	7,33	7,33	7,33
B	pH FBA1	20	<b>7,32</b>	0,05	7,32	7,25	7,42
	pH FBA 2	18	<b>7,29</b>	0,04	7,30	7,22	7,35
	pH FBA 3	11	<b>7,31</b>	0,05	7,31	7,22	7,38
	pH FBA 4	4	<b>7,30</b>	0,07	7,31	7,20	7,38

Tab. 23: Auswertung der Fetalblutanalysen in den beiden Kollektiven; MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, MED = Median, MIN = Minimum, MAX = Maximum.

Ein Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Anzahl der Folge-FBAs und der prozentualen Registrierdauer konnte nicht gefunden werden.



## 4.2 Zusammenhang zwischen dem pH-Wert der ersten Fetalblutanalyse und dem arteriellen Nabelschnur-pH-Wert

In Kollektiv A (N=27) zeigte sich ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen den Variablen pH1 und NapH (Pearson-Korrelationskoeffizient  $r=0,512$ ;  $p=0,008$ ), während in Kollektiv B (N=21) keine Korrelation vorlag (Pearson-Korrelationskoeffizient  $r=-0,130$ ;  $p=0,584$ ) (vgl. Abb. 25).

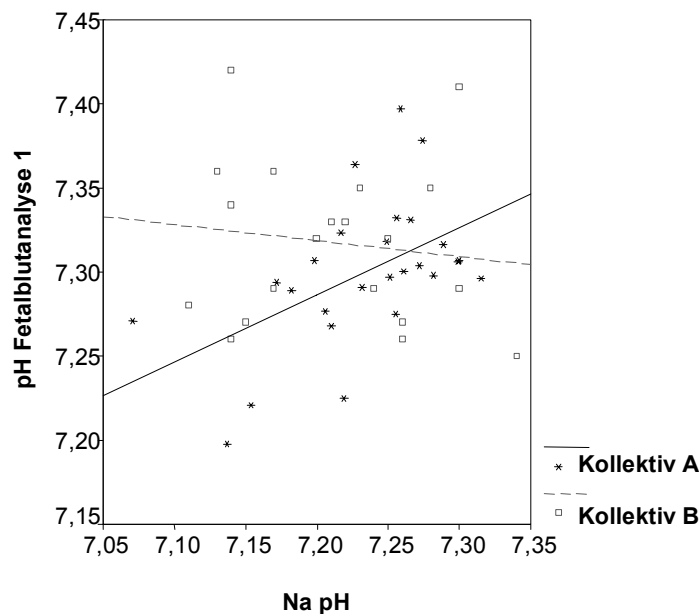


Abb. 25: Zusammenhang zwischen der ersten FBA und den arteriellen Nabelschnur-pH-Werten.

Eine Erklärung dafür wäre der zeitliche Rahmen, in dem die erste FBA und die Analyse des Nabelschnurblutes stattgefunden haben, und zwar unter der Vorstellung, dass sich bei einer lang dauernden Geburt der Säure-Basen-Status des Feten stärker verändert als bei einer kürzeren. Deshalb wurden die Zeitabstände zwischen den FBAs und dem Partus berechnet.

In Kollektiv A (N=27) fand die Ausgangs-FBA im Durchschnitt 292,3 Minuten vor der Geburt statt (Median 249,0, Standardabweichung 215,0), wobei der kürzeste Abstand 16,0, der längste 1093,0 Minuten betrug.

In Kollektiv B (N=21) erfolgte die Ausgangs-FBA durchschnittlich 298,0 Minuten präpartal (Median 258,0, Standardabweichung 167,6). Der kürzeste bzw. längste Abstand betrug hier 108,0 bzw. 813,0 Minuten.

Auch nach einer Einteilung der jeweiligen Werte in Gruppen ergibt sich keine eindeutige Ursache für die fehlende Korrelation in Kollektiv B, so dass dieses Ergebnis nur schwer einzuordnen ist.

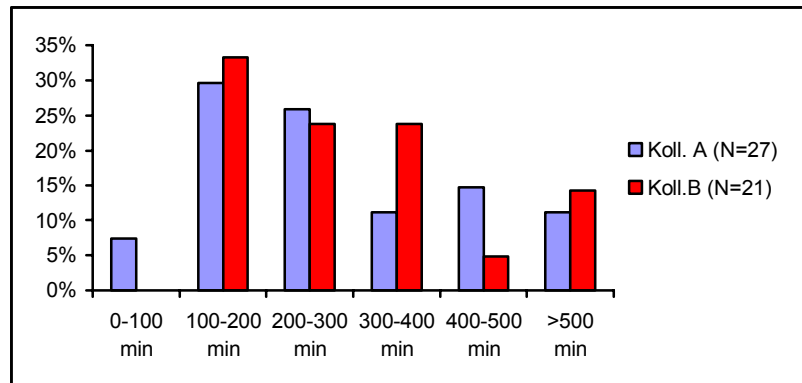


Abb. 26: Zeitabstände der Ausgangs-FBA im Verhältnis zur Geburt in den beiden Kollektiven; min = Minuten; Koll.A/B = Kollektiv A/B.

### 4.3 Auswertung der FSpO<sub>2</sub>-Messung

Die Einteilung in die beiden Kollektive erfolgte anhand der prozentualen Registrierdauer der Pulsoxymetriemessung bei einem Grenzwert von 80%. Kühnert et al. propagierten 2001 eine Registrierdauer  $\geq 80\%$ , um die Sensitivität und Spezifität dieser Methode zu steigern [71].

Die durchschnittliche Registrierdauer lag in Kollektiv A (N=27) bei 171,8 Minuten (62,2%) (Median 143,0, Standardabweichung 96,4). Diese Signalausbeute ist mit Ergebnissen anderer Studien vergleichbar [2, 19, 24, 25, 45, 79]. Entsprechend der Einschlusskriterien und in Anlehnung an die o.g. Veröffentlichung von Kühnert et al. [71] betrug die minimale Registrierdauer 60,0 Minuten (29,9%). Die maximale Registrierdauer lag bei 393,0 Minuten (77,6%).

In Kollektiv B (N=21) lag der Mittelwert bei 187,3 registrierten Minuten (88,5%) (Median 161,3; Standardabweichung 89,9). Vergleichbare Werte sind in der Literatur nur in Einzelfällen zu finden [65, 66, 126]. Ursache hierfür sind vor allem zwei Faktoren: Zum einen die jeweilige klinische Erfahrung des Anwenders, zum anderen eine relativ hohe Störanfälligkeit des hier

verwendeten Pulsoxymetriesystems. Die Signalgewinnung wird häufig durch mangelnde Sensorfixierung, reichlich Vernix caseosa, Mekonium, dichtes kindliches Haar, starke Wehentätigkeit und sowohl mütterliche, als auch kindliche Bewegungen erschwert [16, 36, 71, 77]. Für eine Signalgewinnung  $\geq 80\%$  ist daher, je nach Untersucher, ein häufiges Nachjustieren des Sensors erforderlich.

Eine verlässliche Registrierdauer  $\geq 80\%$  wurde von Knitza et al. durch die Verwendung einer Skalpelektrode erreicht, in die Leuchtdioden und Messsensoren integriert sind [66]. Die Störanfälligkeit dieses Systems scheint deutlich geringer zu sein, wobei aber berücksichtigt werden muss, dass die Elektrode invasiv am vorangehenden Kindsteil befestigt werden muss. Für die Zukunft wäre eine verbesserte Sensorfixierung des Nellcor-Systems wünschenswert, um eine verlässliche Signalqualität sicher zu stellen.

Die minimale Registrierdauer lag bei 70,8 Minuten (80,0%) und die maximale bei 422,5 Minuten (98,7%).

#### 4.4 Anteil von FSpO<sub>2</sub>-Werten $\leq 30\%$ im Kollektivvergleich

Der Anteil an Sättigungswerten  $\leq 30\%$  betrug in Kollektiv A im Durchschnitt 12,5 Minuten, im Verhältnis zur Registrierdauer entspricht das 8,9% (Standardabweichung 13,3 (13,4%), Median 10,8 (4,6%)). Der minimale bzw. maximal gemessene Wert lag bei 0% bzw. 57%.

In Kollektiv B betrug die durchschnittliche Dauer von Sättigungswerten  $\leq 30\%$  25,9 Minuten, das entspricht im Verhältnis zur Registrierdauer 13,9% (Standardabweichung 42,8 (18,5%), Median 10,3 (5,9%)). Die minimale Dauer ergab 0, die maximale 197,3 Minuten (69,7%), vgl. Abb. 27.

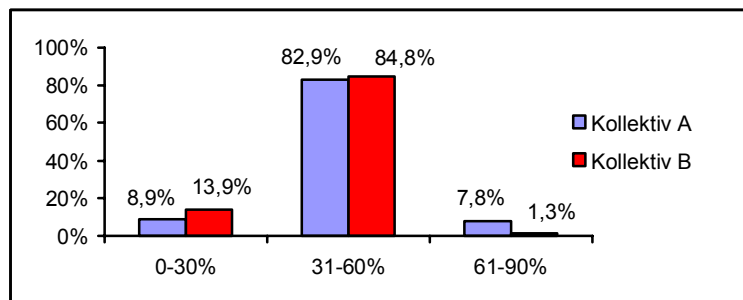


Abb. 27: Anteile der funktionellen O<sub>2</sub>-Sättigung in den Kollektiven.

Aus Abb. 27 wird ersichtlich, dass sich die fetalen O<sub>2</sub>-Sättigungswerte hauptsächlich im Bereich 31-60% bewegen und damit im Normbereich liegen [23, 29]. Sowohl der Bereich 0-30%, als auch der Bereich 61-90% haben nur einen geringen Anteil. Auch diese Ergebnisse können mit Daten von anderen Arbeitsgruppen verglichen werden [2, 14, 15, 18, 25, 30, 105, 126].

Deutlich wird aber auch, dass die Registrierdauer keinerlei Einfluss auf den Anteil der FSpO<sub>2</sub>-Werte  $\leq 30\%$  hat.

An dieser Stelle soll ein Ausblick bezüglich des 30%-Grenzwertes erfolgen. Ziel verschiedener Arbeitsgruppen war es, einen kritischen Schwellenwert zu definieren, der das „fetal well-being“ sicherstellt. Dieser wurde von verschiedenen Arbeitsgruppen bei 30% gesetzt [14, 26, 68, 69, 70, 71, 112, 120, 123]. Weiterhin spielt die Dauer der FSpO<sub>2</sub>-Werte  $\leq 30\%$  eine wichtige Rolle. Bei einer Dauer von zehn Minuten und mehr kann es zur Entwicklung einer fetale Azidose kommen [68, 120].

Bei Betrachtung der einzelnen Werte des eigenen Patientenguts zeigt sich für Kollektiv A im Bereich 0-30%, dass 22,2% der Patientinnen (N=6) keine FSpO<sub>2</sub>-Werte  $\leq 30\%$  präsentierten. Bei 66,6% (N=18) fanden sich kurzfristige, d.h. weniger als zehn Minuten dauernde FSpO<sub>2</sub>-Werte  $\leq 30\%$ , die singulär oder wiederholt auftraten. FSpO<sub>2</sub>-Werte, die mindestens zehn Minuten den 30%-Grenzwert unterschritten, wurden nur bei 11,1% (N=3) gefunden.

In Kollektiv B ergaben sich ähnliche Werte: 19,1% der Patientinnen (N=4) hatten keine FSpO<sub>2</sub>-Werte  $\leq 30\%$ . Kurzfristige FSpO<sub>2</sub>-Veränderungen (< 10 Minuten) wurden bei ebenfalls 66,6% (N=14) gefunden. Bei 14,3% der Patientinnen (N=3) handelte es sich um längerfristige FSpO<sub>2</sub>-Veränderungen (> 10 Minuten), die nach Angaben einiger Autoren als Prädiktor für die Entwicklung einer fetale Azidose gewertet werden können [1, 10, 61, 71, 120, 121, 122] (vgl. Abb. 28).

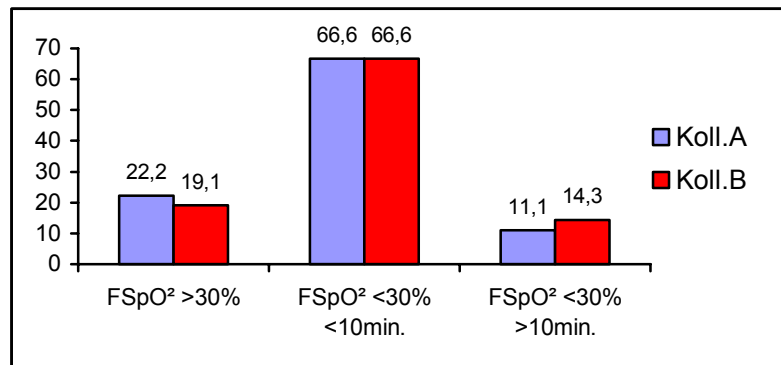


Abb. 28: Prozentuale Verteilung der FSpO<sub>2</sub>-Werte ≤ 30%; Koll.A/B = Kollektiv A/B.

Bei keinem der drei Fälle mit langfristigen FSpO<sub>2</sub>-Werte ≤ 30% wurde in Kollektiv A ein arterieller Nabelschnur-pH-Wert ≤ 7,20 gefunden (NapHs: 7,26; 7,21; 7,23). In Kollektiv B zeigte eines der drei Neugeborenen, die intrapartal längerfristig Sättigungswerte ≤ 30% präsentierten, einen pH-Wert von 7,14. Die anderen beiden Kinder lagen mit 7,23 und 7,30 nicht im azidotischen Bereich. Damit können die o.g. Daten aus der Literatur nur bedingt bestätigt werden. Allerdings ist die Fallzahl mit je drei Patientinnen sehr klein und damit nur bedingt aussagekräftig.

#### 4.5 Arterielle Nabelschnur-pH-Werte und der Entbindungsmodus im Kollektivvergleich

In Kollektiv A (N=27) lag der durchschnittliche Nabelschnur-pH-Wert bei 7,23 (Median 7,25, Standardabweichung 0,06). Das gemessene Minimum lag bei 7,07, das Maximum bei 7,32.

Der Mittelwert in Kollektiv B (N=21) betrug 7,22 (Median 7,22, Standardabweichung 0,07). Die Werte variierten zwischen 7,11 und 7,34.

Der Unterschied zwischen den beiden Kollektiven ist minimal und statistisch nicht signifikant (t-Test nach Student:  $t_v=1,059$ ;  $p=0,296$ ).

Die durchschnittlichen Werte liegen etwas unter denen der in der Literatur genannten Normwerte, die mit 7,27-7,28 angegeben sind [131], was aber bei einem Risikokollektiv nicht verwunderlich ist.

Wenn man die Nabelschnurblutanalyse als Qualitätsmerkmal heranzieht, wurde im vorliegenden Kollektiv durch eine FSpO<sub>2</sub>-Messung  $\geq 80\%$  keine Verbesserung des neonatalen Outcomes erzielt aber auch keine höhere Azidoserate bei den Neugeborenen beobachtet.

Der Entbindungsmodus in den beiden Kollektiven ist aus Tabelle 24 ersichtlich. Gegenüber Kollektiv B imponiert Kollektiv A mit einer größeren Rate an Vakuumentextraktionen, dafür sind die Verhältnisse bezüglich der Spontangeburt umgekehrt, hier liegt Kollektiv B zahlenmäßig vorne. Diese Verteilungsunterschiede sind jedoch, vermutlich aufgrund der relativ kleinen Fallzahl, statistisch nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test: F=3,324 mit p=0,190).

	Kollektiv			
	A		B	
Entbindungsmodus	N	%	N	%
Spontangeburt	9	<b>33,3</b>	11	<b>52,4</b>
Sek. Sectio caesarea	10	<b>37,0</b>	8	<b>38,1</b>
Vakuumentextration	8	<b>29,6</b>	2	<b>9,5</b>
Gesamt	27	100,0	21	100,0

Tab. 24: Verteilung des Entbindungsmodus in den beiden Gruppen; sek. Sectio caesarea = sekundäre Sectio caesarea.

Auch wenn die statistischen Werte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Kollektiven belegen, ist doch ein relativer Unterschied festzustellen: Die Rate der operativen Entbindungen liegt in Kollektiv A bei 66,6%, in Kollektiv B jedoch nur bei 47,6%. Damit könnte man zumindest vermuten, dass bei zusätzlicher FSpO<sub>2</sub>-Messung die Zahl der operativen Entbindungen reduziert werden kann.

Auch an dieser Stelle sei nochmals auf die relativ niedrige Fallzahl und den retrospektiven Charakter der vorliegenden Studie hingewiesen. Diese beiden Gegebenheiten, sowie die Tatsache, dass es sich hier um zwei Risikokollektive handelt, können und sollen nicht allein für die hohe Sectiofrequenz verantwortlich gemacht werden. Ihr Einfluss auf die Ergebnisse ist aber sicher vorhanden und schränkt die Aussagekraft der vorliegenden Daten ein.

Die von Saling formulierte Erwartung, die Zahl der operativen Entbindungen mit Hilfe der fetalen Pulsoxymetrie zu senken [112], konnte im vorliegenden

Patientengut somit nicht signifikant bestätigt werden. Eine Tendenz zur Senkung der Sectiofrequenz lässt sich jedoch vermuten. Garite et al. konnten in einer prospektiv randomisierten Studie zeigen, dass durch die zusätzliche Verwendung der fetalen Pulsoxymetrie die Sectorate, die wegen drohender kindlicher Asphyxie durchgeführt wurde, um mehr als 50% gesenkt werden konnte [37]. Diese Daten werden durch die Veröffentlichung von Roztocil et al. bestätigt. Auch sie gehen von einer Senkung der Sectorate um mehr als 50% aus [103]. Die Arbeitsgruppe um Vitoratos sieht die FSpO<sub>2</sub>-Messung ebenfalls als vielversprechende Technik zur Einschätzung des fetalen Zustandes während der Geburt an, durch die die Sectiofrequenz gesenkt werden könnte [127].

#### **4.6 Zusammenhang zwischen FSpO<sub>2</sub>-Werten ≤ 30% und arteriellen Nabelschnur-pH-Werten ≤ 7,20**

Der Zusammenhang zwischen niedrigen FSpO<sub>2</sub>-Werte (≤ 30%) und niedrigen NapH-Werten (≤ 7,20) wurde unter 4.4 bereits beschrieben. Im Folgenden soll der Fokus zunächst auf die pH-Werte ≤ 7,20 der arteriellen Nabelschnuranalyse gerichtet werden.

In Kollektiv A (N=27) wurden 22,2% der Neugeborenen (N=6) mit einem Nabelschnur-pH-Wert ≤ 7,20 geboren, wobei der Durchschnitt bei 7,15 lag (Median 7,16, Standardabweichung 0,05). Bei keinem dieser Fälle zeigten sich subpartal längerfristig FSpO<sub>2</sub>-Werte ≤ 30% als Prädiktor für eine fetale Azidose. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang konnte nicht ermittelt werden (Pearson-Korrelationskoeffizient r=-0,259; p=0,192).

Ein Nabelschnur-pH-Wert ≤ 7,20 war bei 42,9% der Neugeborenen (N=9) aus Kollektiv B (N=21) vorhanden. Durchschnittlich wurde ein pH-Wert von 7,15 erreicht (Median 7,14, Standardabweichung 0,03). Lediglich in einem Fall zeigten sich subpartal FSpO<sub>2</sub>-Werte ≤ 30% kontinuierlich über einen längeren Zeitraum (>10 Minuten). Die restlichen Patienten präsentierten nur kurzfristige Sättigungswerte ≤ 30%, die die Zehn-Minuten-Grenze nicht überschritten.

Eine statistisch signifikante Korrelation zwischen FSpO<sub>2</sub>-Werte  $\leq 30\%$  und dem arteriellen Nabelschnur-pH-Wert konnte auch in diesem Kollektiv nicht ermittelt werden (Pearson-Korrelationskoeffizient  $r=-0,006$ ;  $p=0,980$ ).

Damit können die eigenen Daten die Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen, die häufig einen Zusammenhang zwischen niedrigen fetalen O<sub>2</sub>-Sättigungswerten und niedrigen arteriellen Nabelschnur-pH-Werten feststellten, nicht bestätigt werden [10, 73, 120]. Dabei muss berücksichtigt werden, dass dort meistens die durchschnittlichen FSpO<sub>2</sub>-Werte aus den letzten zehn, bzw. dreißig Minuten präpartal mit den NapH-Werten korreliert wurden. Durch die enge zeitliche Verknüpfung ist ein Zusammenhang zwischen den beiden Variablen zu erwarten und auch erreicht worden.

Aber auch die Aussage von Seelbach-Göbel et al., dass Neugeborenen mit einem pH-Wert  $< 7,15$  intrapartal häufig längere Phasen von FSpO<sub>2</sub>-Werten  $\leq 30\%$  zeigten als Neugeborene mit einem pH  $> 7,20$ , konnte nicht bestätigt werden [121].

Vielleicht sollte aber dem sog. „fetal preload“ mehr Bedeutung beigemessen werden. Dieser Begriff wurde von Kühnert 1997 definiert und in einer Publikation erläutert [70]. Es wird gefordert, dass vor jeder FSpO<sub>2</sub>-Messung eine FBA erfolgen sollte, um festzustellen, in welchem Säure-Basen-Status sich der Fetus zu Beginn der FSpO<sub>2</sub>-Messung befindet, um die FSpO<sub>2</sub>-Werte besser in das Gesamtbild einordnen zu können.

In Abb. 29 sind die Differenzen der pH-Werte zwischen FBA1 und NapH – aufgeteilt in Gruppen – dargestellt. Es wird deutlich, dass sich der Säure-Basenstatus in Kollektiv A weniger verändert hat, als in Kollektiv B: während sich in diesem Kollektiv die Werte vor allem im Bereich  $-0,11$  bis  $-0,15$  bewegen, sind sie in jenem Kollektiv in erster Linie in den Bereichen  $-0,02$  bis  $-0,1$  angesiedelt. Durchschnittlich veränderten sich die pH-Werte in Kollektiv A um  $-0,09$  (Median  $-0,11$ , Standardabweichung  $0,11$ ), in Kollektiv B um  $-0,11$  (Median  $-0,12$ , Standardabweichung  $0,10$ ).

In beiden Kollektiven lassen sich allerdings bei den o.g. Patientinnen mit längerfristigen FSpO<sub>2</sub>-Werten  $\leq 30\%$  keine „Ausreißer“ im Sinne größerer pH-



Wertveränderungen finden (vgl. Tab. 25). Ganz im Gegenteil spiegeln sie das Verteilungsmuster der beiden Kollektive wieder.

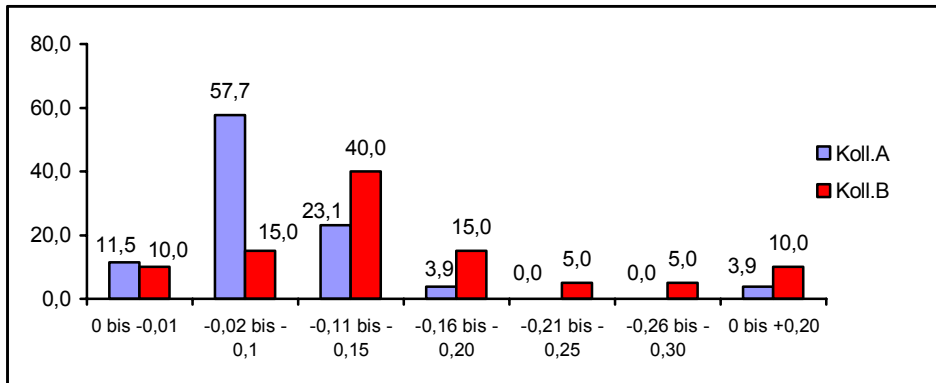


Abb. 29: PH-Wertveränderungen zwischen FBA1 und NapH in den beiden Kollektiven; Koll.A/B = Kollektiv A/B.

pH-Wertveränderungen zwischen FBA1 und NapH	
<b>Kollektiv A</b>	
Patientin C.S.	-0,02
Patientin M.E.	-0,06
Patientin D.G.	-0,13
<b>Kollektiv B</b>	
Patientin G.H.	-0,12
Patientin M.K.	-0,20
Patientin M.H.	-0,08

Tab. 25: PH-Wertveränderungen zwischen FBA1 und NapH bei Patientinnen mit längerfristigen FSpO<sub>2</sub>-Werten < 30%.

Ein Zusammenhang zwischen niedrigen FSpO<sub>2</sub>-Werten ( $\leq 30\%$ ) und niedrigen NapH-Werten ( $< 7,20$ ) konnte in keinem der beiden Kollektive ermittelt werden.

#### 4.7 Zusammenhang zwischen arteriellem Nabelschnur-pH-Wert $\leq 7,20$ und dem Entbindungsmodus

In der folgenden Tabelle wird noch einmal der Geburtsmodus in den beiden Kollektiven, sowie die Anzahl der Neugeborenen mit einem arteriellen Nabelschnur-pH-Wert  $\leq 7,20$  präsentiert.

	Kollektiv					
	A			B		
	Anzahl	Prozent	NapH $\leq 7,20$	Anzahl	Prozent	NapH $\leq 7,20$
SP	9	33,3%	<b>1 (11,1%)</b>	11	52,4%	<b>5 (45,5%)</b>
SS	10	37,0%	<b>1 (10,0%)</b>	8	38,1%	<b>1 (12,5%)</b>
VE	8	29,6%	<b>3 (37,5%)</b>	2	9,5%	<b>2 (7,2%)</b>
Gesamt	27	100,0%		21	100,0%	

Tab. 26: Anzahl der Neugeborenen mit NapH  $\leq 7,20$  in Abhängigkeit vom Entbindungsmodus; SP = Spontanpartus, SS = sekundäre Sectio caesarea, VE = Vakuumextraktion.

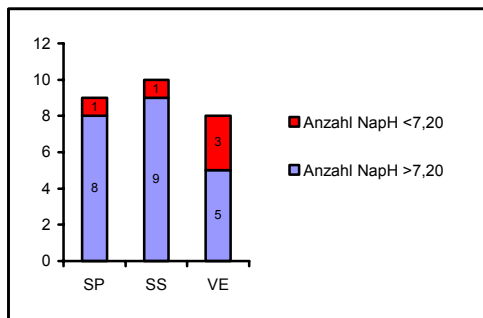


Abb. 30: Kollektiv A (N=27): Anzahl NapH  $>/\leq 7,20$  in Abhängigkeit vom Entbindungsmodus.

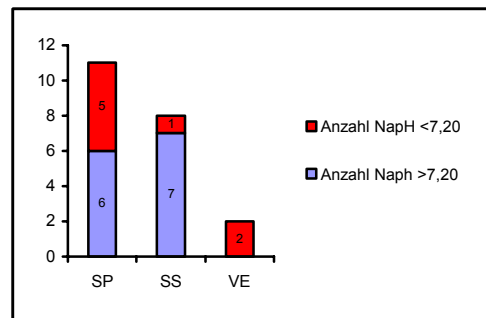


Abb. 31: Kollektiv B (N=21): Anzahl NapH  $>/\leq 7,20$  in Abhängigkeit vom Entbindungsmodus.

Anhand der Abbildungen 30 und 31 wird deutlich, dass in Kollektiv B, im Vergleich zu Kollektiv A, häufiger Kinder spontan geboren wurden und außerdem in dieser Gruppe häufiger ein NapH  $\leq 7,20$  vorlag. Das heißt, die Rate der Spontanentbindungen war höher, gleichzeitig aber auch die Rate von Nabelschnur-pH-Werten  $\leq 7,20$ .

Diese Tatsache als Trendentwicklung zu werten, ist sicherlich nicht gerechtfertigt, zumal zwar numerische, nicht aber signifikante Unterschiede vorliegen (Chi<sup>2</sup>-Test: F=3,32; p=0,190). Trotzdem soll anhand dieses Beispiels auf die Gratwanderung der modernen Geburtsmedizin hingewiesen werden: Deren Ziel ist es, die Rate an unnötigen operativen Entbindungen so niedrig wie möglich zu halten. Gleichzeitig soll aber ein hohes Maß an Sicherheit für Mutter und Kind (gutes neonatales Outcome) erreicht werden. Diese Ziele zu verfolgen kann in der praktischen Umsetzung zu einem schwierigen Entscheidungsproblem werden, das ein großes Maß an geburtshilflicher Erfahrung erfordert.

## 4.8 Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen im Kollektivvergleich

In Tab. 27 wird die Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen in den beiden Kollektiven sichtbar. Es zeigt sich ein nahezu identisches Ergebnis: In Kollektiv A hat eine neonatale Verlegung in 14,8% statt gefunden, in Kollektiv B in 14,3% der Fälle.

	Kollektiv			
	A		B	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Keine Verlegung	23	<b>85,2%</b>	18	<b>85,7%</b>
Verlegung auf NICU	4	<b>14,8%</b>	3	<b>14,3%</b>
Gesamt	27	100,0%	21	100,0%

Tab. 27: Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen in den beide Kollektiven, NICU = Neonatal intensive care unite.

Es bestehen keine statistisch signifikanten Verteilungsunterschiede zwischen den beiden Kollektiven (Chi<sup>2</sup>-Test: F=0,003 mit p=0,959).

Abschließend kann, nach Analyse aller vorliegenden Daten, gesagt werden, dass die Dauer der FSpO<sub>2</sub>-Registrierzeit keinen Einfluss auf die geburtshilflichen Parameter – Anzahl der Kontroll-FBAs, Geburtsmodus, Nabelschnur-pH-Wert und die Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen – hat.

Unter Berücksichtigung des retrospektiven Studiendesigns und den damit verbundenen möglichen Fehlerquellen, wie uneinheitliche Datendokumentation, verschiedene Untersucher und mangelnde Randomisierung, ist die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse begrenzt.

Damit wird erneut der Bedarf an prospektiven, randomisierten Studien mit großen Fallzahlen deutlich, um die uneinheitliche Datenlage zu beheben und dieser wohl vielversprechenden Methode einen gesicherten Platz im klinischen Alltag zu verschaffen.

## 5 Zusammenfassung

Die Pulsoxymetrie stellt in der Geburtshilfe noch ein relativ junges Verfahren zur subpartalen Überwachung des fetalen Zustandes dar. Während sie in anderen Fachbereichen, wie zum Beispiel der Anästhesie und Pädiatrie, schon lange zum festen Bestandteil der Diagnostik gehört, ist die fetale Pulsoxymetrie sub partu als additive Überwachungsmethode erst in den letzten 20 Jahren entwickelt und innerhalb klinischer Studien zum Einsatz gebracht worden. Bis heute sind die Ergebnisse der klinischen Forschung jedoch sehr heterogen, so dass Wertigkeit und Zuverlässigkeit der intrapartalen Pulsoxymetrie nicht eindeutig belegt sind und sich dieses Verfahren im klinischen Alltag noch nicht etablieren konnte.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu überprüfen, ob die Dauer der Registrierzeit der fetalen Pulsoxymetriemessung einen Einfluss auf die geburtshilflichen Parameter (Anzahl der Fetalblutanalysen, Geburtsmodus, Nabelschnur-pH-Wert und Verlegungshäufigkeit der Neugeborenen) hat und ob dadurch eine Verbesserung der klinischen Anwendung erreicht werden kann. Dafür wurden in der Zeit von Juni 1998 bis Juli 2001 retrospektiv Patientinnen ausgewählt, bei denen subpartal, neben der kontinuierlichen Registrierung der fetalen Herzfrequenz, sowohl Fetalblutanalysen als auch eine Überwachung der kindlichen Sauerstoffsättigung mittels der fetalen Pulsoxymetrie durchgeführt worden waren.

Die Daten der 48 Studienpatientinnen wurden – in Abhängigkeit von der prozentualen Aufzeichnungszeit der Pulsoxymetriemessung – in zwei Kollektive aufgeteilt. Als Grenzwert wurde, in Anlehnung an die von Kühnert et al. entwickelten Anwendungskriterien [71], eine prozentuale Aufzeichnungszeit von 80 Prozent festgesetzt. Nach allgemeiner Auswertung und statistischer Analyse der Daten ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Die durchschnittliche FSpO<sub>2</sub>-Registrierung lag in Kollektiv A (N=27) bei 62,2% und in Kollektiv B (N=21) bei 88,5%.
- Zwischen der prozentualen Aufzeichnungszeit und der Anzahl der Fetalblutanalysen bestand kein signifikanter Zusammenhang, d.h. auch bei

einer Aufzeichnungszeit von  $\geq 80\%$  wurden nicht weniger Fetalblutanalysen durchgeführt.

- Auch zwischen Registrierdauer und Entbindungsmodus fand sich kein statistisch relevanter Zusammenhang. Allerdings wurde ein numerischer Unterschied zwischen den beiden Kollektiven durchaus sichtbar: Bei einer FSpO<sub>2</sub>-Registrierung  $\geq 80\%$  war die Rate der Spontanentbindungen höher als bei einer FSpO<sub>2</sub>-Registrierung  $< 80\%$ .
- Zwischen Registrierdauer und arteriellen Nabelschnur-pH-Werten bestand kein signifikanter Zusammenhang. Eine Signalgewinnung von  $\geq 80\%$  hat in der vorliegenden Studie damit das neonatale Outcome weder positiv noch negativ beeinflusst.
- Ein Zusammenhang zwischen FSpO<sub>2</sub>-Werten  $\leq 30\%$  und arteriellen Nabelschnur-pH-Werten  $\leq 7,20$  konnte ebenfalls in keinem der beiden Kollektive nachgewiesen werden.
- Der Entbindungsmodus wies in Verbindung mit arteriellen Nabelschnur-pH-Werten  $\leq 7,20$  einen relativen Unterschied zwischen den beiden Kollektiven auf: Bei einer Signalgewinnung von  $\geq 80\%$  war die Rate an Spontangeburt höher, gleichzeitig aber auch die Rate an Nabelschnur-pH-Werten  $\leq 7,20$ . Dieser Unterschied ist nicht signifikant, deutet aber auf die Schwierigkeiten der modernen Geburtshilfe hin: Zum einen soll die Rate an unnötigen operativen Entbindungen möglichst gering gehalten, zum anderen aber auch ein hohes Maß an Sicherheit für Mutter und Kind ( gutes neonatales Outcome) erreicht werden. Die Verfolgung beider Ziele kann in der praktischen Umsetzung zu schwierigen Entscheidungsproblemen führen und erfordert ein großes Maß an geburtshilflicher Erfahrung.

Unter Berücksichtigung der geringen Fallzahl, des retrospektiven Studiendesigns und den damit verbundenen Fehlerquellen (uneinheitliche Datendokumentation, verschiedene Untersucher, mangelnde Randomisierung) ist die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse begrenzt. Es besteht weiterhin begründeter Bedarf sowohl an prospektiv, randomisierten Studien mit großen Fallzahlen, als auch an einer Weiterentwicklung der Technologie, insbesondere bezüglich der Sensorfixierung, um diesem wohl

vielversprechenden Verfahren einen sicheren Platz im klinischen Alltag zu verschaffen.

## 6 Anhang

### 6.1 Literaturverzeichnis

1. Aldrich CJ., D'Antona D., Wyatt JS., Spencer JA., Peebles DM., Reynolds EO. (1994): *Fetal cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy shortly before birth and acid-base status at birth*; Obstet Gynecol; 84(5): 861-6
2. Alshimmiri M., Bocking AD., Gagnon R., Natale R., Richardson BS. (1997): *Prediction of umbilical artery base excess by intrapartum fetal oxygen saturation monitoring*; Am J Obstet Gynecol; 177(4): 775-9
3. American Society of Anesthesiologists (ASA) (1993): *ASA Standards, Guidelines and Statements*; Park Ridge, IL: ASA
4. Aoyagi T., Kishi M., Yamaguchi K., Watanabe S. (1974): *Improvement of the earpiece Oxymeter*; Abstr. Jap. Sac. Med. Electronics and Biological Engeneering, 90-91
5. Bayerische Perinatalerhebung, BPE-Jahresbericht 1996. Kommission für Perinatalogie und Neonatologie, Bayerische Landesärztekammer und Kassenärztliche Vereinigung Bayerns (1997); Zauner, Dachau
6. Bayerische Perinatalerhebung, BPE-Jahresbericht 2001. Bayerische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätssicherung in der stationären Versorgung (BAQ). Qualitätsbericht Krankenhaus Bayern 2000/2001. Zauner, Dachau
7. Brandt-Niebelschütz S., Saling E. (1995): *Indications for operative termination of labour on cardiotocography and fetal blood analysis – the reliabilty of these methods*; J Perinat Med; 22(1): 19-27
8. Braems G., Künzel W., Lang U. (1993): *Transcutaneous pCO<sub>2</sub> during labour: a comparison with fetal blood gas analysis and transcutaneous pO<sub>2</sub>*; Europ J Obstet Gynec 52, 81-88
9. Breckwoldt M. (2000): *Das gesunde Neugeborene* in Pfeleiderer A., Breckwoldt M., Martius G. (Hrsg.): *Gynäkologie und Geburtshilfe*, Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York, 3.Aufl., S.448
10. Butterwegge M., Lampe S. (1995): *Clinical results of pulse oximetry*

- sub partu for measuring fetal arterial oxygen saturation*; Geburtshilfe Frauenheilkd; 55(11): 634-41
11. Butterwegge M., Goeschen K. (1995): *Erkennung fetaler Hypoxämien sub partu*; Z Geburtsh Neonatol 199, 167-169
  12. Butterwegge M. (1996): *Physiologie und Überwachung des Feten während der Geburt*; Butterwegge M. (Hrsg.): Fetale Pulsoxymetrie sub partu, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S. 16-19
  13. Butterwegge M. (1996): *Prinzip der Pulsoxymetrie* in Butterwegge M. (Hrsg.): Fetale Pulsoxymetrie sub partu, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S. 19-23
  14. Butterwegge M., Lampe S., Bandlow G. (1996): *Fetale Pulsoxymetrie sub partu: Über die infektiöse Morbidität und Akzeptanz bei der intrapartalen Anwendung*; Z Geburtsh Neonatol 200, 221-226
  15. Butterwegge M. (1997): *Fetal pulse oximetry and non-reassuring heart rate*; Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol; 72 Suppl: S. 63-66
  16. Carbonne B., Cudeville C., Sivan H., Cabrol D., Papiernik E. (1997) : *Fetal oxygen saturation measured by pulse oximetry during labour with clear or meconium-stained amniotic fluid*; Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol; 72 Suppl: S.51-55
  17. Chalmers, I. (1979): *Randomized trials of intrapartum Monitoring*; Thalhammer O., Baumgarten K., Pollak A. (Eds.): Perinatal Medicine; Thieme, Stuttgart; p. 260-265
  18. Chua S., Yeong SM., Razvi K., Arulkumaran S. (1997): *Fetal oxygen saturation during labour*; Br J Obstet Gynaecol; 104(9): 1080-3
  19. Chua S., Yam J., Razvi K., Yeong SM., Arulkumaran S. (1999): *Intrapartum fetal oxygen saturation monitoring in a busy labour ward*; Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol; 82(2): 185-9
  20. Cibils, LA. (1996): *On intrapartum fetal monitoring*; Am J Obstet Gynecol 174: 1382-1389
  21. Cremer, M. (1906): *Über die Direkte Ableitung der Aktionströme des Menschlichen Herzens vom Oesophagus und Über das Elektrokardiogramm des Fetus*; Münchener Medizinische Wochenschrift, 53, 811
  22. Dassel AC., Graaff R., Sikkema M., Meijer A., Zijlstra WG., Aarnoudse



- JG. (1995): *Reflectance pulse oximetry at the forehead improves by pressure on the probe*; J Clin Monit; 11(4): 237-44
23. Davies MG., Greene KR. (1997): *Fetal pulse oximetry--a preliminary report on sensor precision determined by dual sensor studies*; Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol;72 Suppl: S. 35-41
24. Dildy G., Clark S., Louks C. (1993): *Preliminary experience with intrapartum fetal pulse oximetry in humans*; Obstet Gynecol 81(4): 630-5
25. Dildy GA., van den Berg PP., Katz M., Clark SL., Jongsma HW., Nijhuis JG., Loucks CA. (1994): *Intrapartum fetal pulse oximetry: fetal oxygen saturation trends during labor and relation to delivery outcome*; Am J Obstet Gynecol; 171(3): 679-84
26. Dildy GA., Thorp JA., Yeast JD., Clark SL. (1996): *The relationship between oxygen saturation and pH in umbilical blood: implications for intrapartum fetal oxygen saturation monitoring*; Am J Obstet Gynecol; 175 (3 Pt 1): 682-7
27. Dildy GA., Clark SL., Loucks CA. (1996): *Intrapartum fetal pulse oximetry: past, present, and future*; Am J Obstet Gynecol; 175(1):1-9
28. Doyle P.M., O'Brien S., Wickramasinghe YAPD., Houston R., Rolfe P. (1994): *Near infrared spectrosscopy used to observe changes in fetal cerebral haemodynamics during labour*; J perinatal Med 22, 265-269
29. East CE., Colditz PB., Dunster KR., Khoo SK. (1996): *Human fetal intrapartum oxygen saturation monitoring: agreement between readings from two sensors on the same fetus*; Am J Obstet Gynecol; 174(5): 1594-8
30. East CE., Dunster KR., Colditz PB., Nath CE., Earl JW. (1997): *Fetal oxygen saturation monitoring in labour: an analysis of 118 cases*; Aust N Z J Obstet Gynaecol; 37(4): 397-401
31. Fanconi S., Doherty P., Edmonds JF., Barker GA., Bohn DJ. (1985): *Pulse oximetry in pediatric intensive care: comparison with measured saturations and transcutaneous oxygen tension*; J Pediatr 107(3): 362-6
32. Fischer WM. (1976): *Grundlagen und klinische Wertigkeit der Kardiotokographie* in Fischer WM. (Hrsg.): *Kardiotokographie*, Georg

- Thieme Verlag Stuttgart, 69-73
33. Gardosi J., Carter M., Becket T. (1989): *Continuous intrapartum monitoring of fetal oxygen saturation* [letter]; Lancet 16; 2(8664): 692-3
  34. Gardosi JO, Schram CM., Sydmonds EM (1991): *Adaption of pulse oximetry for fetal monitoring during labour*; Lancet 1: 1265-1267
  35. Gardosi J., Reed JN., Sahota D. (1994): *Fetal pulse oximetry with the ballon probe in hypoxische Gefährdung des Fetus sub partu*; Knitza R. comps. Darmstadt: Steinkopff, 179-83
  36. Gardosi JO., Damianou D., Schram CM. (1994): *Artifacts in fetal pulse oximetry: incomplete sensor-to-skin contact*; Am J Obstet Gynecol; 170(4): 1169-73
  37. Garite TJ., Dildy GA., McNamara H., Nageotte MP., Boehm FH., Dellinger EH. Etal. (2000): *A multicenter controlled trial of fetal pulse oximetry in the intrapartum management of nonreassuring fetal heart rate patterns*; Am J Obstet Gynecol; 183(5): 1049-58
  38. Gnirs J. (1995): *Kineto-Kardiographie: Automatische Detektion der fetalen Bewegungsaktivität als integraler Bestandteil antepartaler CTG-Registrierung und ihre Bedeutung für die fetale Zustandsdiagnostik*; Habilitationsschrift, München
  39. Gnirs J., Schneider KTM. (1996): *Diagnostik der fetalen Bewegungsaktivität, fetaler Stimulationstests und der Komplexitätsanalyse des fetalen EKGs als Ergänzung der intrapartalen CTG-Überwachung*; Gynäkologe 29: 28-44
  40. Gnirs J. (2003): *Geburtsüberwachung* in Schneider H., Husslein P., Schneider KTM. (Hrsg.): *Geburtshilfe*, 2. Aufl., Springer Verlag, S. 623
  41. Goeschen K., Kersting A., Saling E. (1984): *Kann in der Austreibungsperiode auf die Fetalblutanalyse verzichtet werden?* Z Geburtsh Perinatol 188, 74-79
  42. Goeschen K., Gruner T., Saling, E. (1984): *Stellenwert des Hammacher Scores und der Fetalblutanalyse bei der subpartualen Überwachung des Kindes*; Z Geburtsh Perinatol 188, 12
  43. Goeschen, K. (1992): *Kombinierte Geburtsüberwachung: Mütterliche und kindliche Ergebnisse*; Z Geburtsh Perinatol 196, 103-105
  44. Goeschen, K. (1992): *Ante- und intrapartale Kardiotokographie.*

- Bedeutung und klinische Konsequenzen*; Gynäkol. Praxis 16; 459-468
45. Goffinet F., Langer B., Carbonne B., Berkane N., Tardif D., Le Goueff F., Laville M., Maillard F. (1997): *Multicenter study on the clinical value of fetal pulse oximetry. Methodologic evaluation. The French Study Group on Fetal Pulse Oximetry*; Am J Obstet Gynecol; 177(5): 1238-46
  46. Goldie EAG. (1942): *Device for continuous indication of oxygen saturation of circulation blood in man*; J sci Instrm 19, 23
  47. Grant, A. (1989): *Monitoring the fetus during labour*; in Chalmers, J., Enkin M., Keirse M.J.N.C. (eds.); *Effective Care in Pregnancy and Childbirth*; Oxford University Press Corby, pp.846-882
  48. Grant, A. (1992): *EFM alone vs. intermittent auscultation in labour*; in: Oxford Database of Perinatal Trials. Version 1.3, Disk Issue 8, Record 3298
  49. Grant, A. (1993): *Fetal blood sampling as adjunct to the heart rate monitoring*; in: Enkin, M., Keirse M.J.N.C., Renfrew MJ., Neilson JP. (eds.); *Pregnancy and childbirth module*; Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 2
  50. Hammacher, K. (1962): *Neue Methoden zur selektiven Registrierung der fetalen Herzschlagfrequenz*; Geburtsh. U. Frauenheilk. 22, 1542
  51. Harris AP., Sendak MJ., Chung DC., Richardson CA. (1993): *Validation of arterial oxygen saturation measurements in utero using pulse oximetry*; Am J Perinatol; 10(3): 250-4
  52. Hon, EH., Hess, OW. (1957), zitiert bei Curran, J.T. (1975) p.22
  53. Hon, EH. (1963): *Instrumentation of fetal heart rate and fetal electrocardiography*; Am J Obstet Gynecol 86: 772
  54. Hon EH., Khazin AF., Paul RH. (1969): *Biochemical studies of the fetus II. Fetal pH and Apgar scores*; Obstet Gynecol 33: 237-255
  55. Jensen A., Künzel W. (1980): *The difference between fetal transcutaneous pO<sup>2</sup> and arterial pO<sup>2</sup> during labour*; Gynecol Obstet Invest 11, 249-264
  56. Jensen A., Berger R. (1991): *Fetal circulatory responses to oxygen lack*; J develop Physiol 16, 181-207
  57. Johnson N., Lilford RJ. (1988): *Continuous intrapartum measurement*

- of fetal oxygen saturation* [letter]; Lancet 2; 692-3
58. Johnson N. (1991): *Development and potential of fetal pulse oximetry*; Contemporary Review of Obstetrics and Gynaecology 3: 193-200
59. Johnson N., Johnson VA., Fisher J., Jobbings B., Bannister J., Lilford RJ. (1991): *Fetal monitoring with pulse oximetry*; Br J Obstet Gynaecol; 98(1): 36-41
60. Johnson N., Barker M., Kelly M., McNamara H., Lilford R.J., Montague I., Gupta J., van Ougaargen E. (1994): *The effect of monitoring the fetus with a pulse Oxymeter on puerperal morbidity*; Am J Obstet Gynaecol 14, 11-13
61. Jongsma HW., Crevels J., Menssen JM., Arts TH., Mulders LG., Nijhuis JG., Oesenburg B. (1991): *Application of transmission and reflection pulse oximetry in fetal lambs*; in: Lafeber HN. (ed.): Fetal and neonatal physiological measurements; Elsevier BV, Amsterdam, pp. 123-128
62. Junge HD. (1985): *Present and future technical advances in fetal heart rate monitoring*; in: Künzel W. (ed.): Fetal Heart Rate Monitoring; Springer, Berlin-Heidelberg-New York, p.53
63. Kennedy, E. (1833): *Observations of Obsteric Auscultation*. (Dublin: Hodges & Smith)
64. Kergaradec De, M.J.A.L. (1821): *Memoire sur l'auscultation appliquée a l'étude de la grossesse ou recherches sur deux nouveaux signes prpres a faire reconnaître plusieurs circonstances de l'état de gestation*; anlässlich des Treffens der Academie Royale de medicine am 26.12.1821 in Paris
65. Knitza R. (1993): Oxykardiotokograophie (OCTG) in Knitza R. (ed.): *Fetales Monitoring sub partu – Physiologie, Klinik und neue Erkenntnisse*; Workshopsonderpublikation; Mrugalla Verlag KG Landsberg, 65-78
66. Knitza R., Rall G., Mainz S., Ko HK., Kleiner B., Hepp H. (1993): *Monitoring fetal delivery by oxycardiotocography*; Geburtsh. Frauenheilkd.; 53(12): 849-53
67. König V., Ullrich GJ., Faisst K., Jörgensen JS., Huch R., Huch A. (1992): *ReflektionsPulsoxymetrie – Untersuchungen mit eigenem*

- Messsystem*; Biomedizinische Technik 37: 39-40
68. Kühnert M. (1994): *Der Stellenwert der fetalen Pulsoxymetrie bei pathologischem CTG*. In: Knitz R.: Hypoxische Gefährdung des Fetus sub partu. Steinkopff, Darmstadt, S.195-202
69. Kühnert M. (1995): *Evaluierung der fetalen Pulsoxymetrie bei pathologischem Cardiotokogramm. Eine kritische Auswertung unter Verwendung des Hammacher-Scores*. Enke Verlag Stuttgart, S. 49-61
70. Kühnert M., Seelbach-Goebel B., Butterwegge M. (1997): *Predictive agreement between the fetal arterial oxygen saturation and fetal scalp pH: results of the German multicenter study*; Am J Obstet Gynecol; 178(2): 330-5
71. Kühnert M., Seelbach-Göbel B., Butterwegge M. (2001): *Kritische Evaluierung der fetalen Pulsoxymetrie im klinischen Einsatz*; Geburtsh. Frauenheilkd.; 61: 290-296
72. Kurjac A., Dudenhausen JW., Kos M. et al. (1996): *Doppler information pertaining to the intrapartum period*; J Perinat Med 24, 271-276
73. Langer B., Boudier E., Haddad J., Pain L., Schlaeder G. (1996): *Fetal pulse oximetry during labor of 62 patients*; Fetal Diagn Ther; 11(1): 37-45
74. Lübbers D., Huch R., Huch A. (1972): *Quantitative continuous measurement of partial oxygen pressure on the skin of adults and newborn babies*; Pflügers Arch. 337, 185-198
75. Lurrie S., Weisman A., Blumberg G., Hagay Z. (1996): *Fetal oximetry monitoring: A new wonder or another mirage?* Obstet Gynecol Surv 51: 498-502
76. Luttkus A., Fengler W., Friedmann W., Nimpsch R., Dudenhausen JW. (1994): *Fetal oxygen saturation in suspected hypoxia and the normal cardiotocogram (CTG). A prospective study for validating pulse oximetry in the fetus*; Z Geburtshilfe Perinatol; 198(2): 62-6
77. Luttkus AK., Dudenhausen JW. (1996): *Fetal pulse oximetry*; Baillieres Clin Obstet Gynaecol; 10(2): 295-306
78. Luttkus AK., Dudenhausen JW. (1998): *Fetal pulse oximetry*; Curr Opin Obstet Gynecol;10(6): 481-6

79. Maesel A., Martensson L., Gudmundsson S., Marsal K. (1996): *Fetal pulse oximetry; A methodological study*; Acta Obstet Gynecol Scand; 75(2): 144-8
80. Mannheimer P., Butterwegge M., Springer K. (1996): *Über die Kalibrierung und Technologie von Pulsoxymetern am Tiermodell* in Butterwegge M. (Hrsg.): Fetale Pulsoxymetrie sub partu, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, S. 32-37
81. Mannheimer PD., Casciani JR., Fein ME., Nierlich SL. (1997): *Wavelength selection for low-saturation pulse oximetry*; IEEE Trans Biomed Eng; 44(3): 148-58
82. Mannheimer PD., Fein ME., Casciani JR. (1997): *Physio-optical considerations in the design of fetal pulse oximetry sensors*; Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol; 72 Suppl: S9-19
83. Martius G. (1962): *Die regelrechte Geburt* in Bickenbach W. (Hrsg.): Hebammenlehrbuch, Georg Thieme Verlag Stuttgart, S. 230
84. Martius G., Rath W. (1998): *Überwachung und Leitung der Entbindung* in: Geburtshilfe und Perinatologie; Georg Thieme Verlag, S.412
85. Matthes K. (1935): *Untersuchungen über die Sauerstoffsättigung des menschlichen Arterienblutes*; Arch Exp Pathol Pharmacol 176, 683-696
86. Millikan GA., Pappenheimer JR., Rawson AJ., Hervey JP. (1941): *Continuous measurement of oxygen saturation in man*; Am J Physiol 133, 390
87. Millikan GA. (1942): *Oxymeter, instrument for measuring continuously oxygen saturation of arterial blood in man*; Rev sci Instrum 13, 434
88. Murphy K., Johnson P., Moorcraft J., Pattinson R., Russel V., Turnbull A. (1990): *Birth asphyxia and the intraaortic cardiotokograph*; Brit J Obstet Gynaecol 97, 470-479
89. Neilson, JP. (1993): *Doppler ultrasound in high risk pregnancy*; in Enking MW., Keirse MJNC., Renfrew MJ., Neilson JP.: Cochrane Database of systematic Reviews, Pregnancy and Child-birth Module, Cochrane Pregnancy and Child-birth Database, Oxford Disk Issue 2
90. Nellcor (1994): *Introduction to Fetal Oxygen Saturation Monitoring*; Nellcor, 4280 Hacienda Drive, Pleasanton, CA 94588, USA

91. Nellcor Perinatal Note Number 1(1994): *Technical issues of noninvasive fetal oxygen saturation monitoring using the Nellcor N-400*. Nellcor, 4280 Hacienda Drive, Pleasanton, CA 94588, USA
92. Nellcor (1995): *Einführung in die Sauerstoffsättigungsüberwachung des Feten*; S. 9-11
93. Nijland R., Jongsma HW., Crevels J., Menssen JJ., Nijhuis JG., van den Berg PP., Oeseburg B. (1994): *The ductus arteriosus, pre- and postductal oxygen saturation measurements in fetal lambs*; Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 55, 135-140
94. Nijland R., Henk W., Jongsma HW., Nijhuis JG. (1997): *Is Reflectance Pulse Oximetry reliable for fetal monitoring? Two sensors validated in piglets*; J Matern Fetal Invest 7, 68
95. Nijland R., Nierlich S., Jongsma HW., Nijhuis JG., Oeseburg B., Springer K., Mannheimer P. (1997): *Validation of reflectance pulse oximetry: an evaluation of a new sensor in piglets*; J Clin Monit; 13(1): 43-9
96. Nijhuis JG., Prechtl HFR., Martin CB., Bots RS. (1982): *Are there behavioral states in the human fetus?* Early hum Develop 6, 177
97. O'Dowd MJ., Philipp E. (1994): *Fetal monitoring in: The history of obstetrics and gynaecology*; The Parthenon Publishing Group; New York, London, pp. 97-106
98. Peat S., Booker M., Lanigan C., Ponte J. (1988): *Continuous intrapartum measurement of fetal oxygen saturation*; Lancet 23; 2(8604): 213
99. Peebles DM., Edwards AD., Wyatt JS., Bishop AP., Cope M., Delphy DT., Reynolds EO. (1992): *Changes in human fetal cerebral hemoglobin concentration and oxygenation during labour measured by near-infrared spectroscopy*; Am J Obstet Gynecol 166, 1369-1373
100. Pinkerton, JHM. (1976): *Fetal auscultation – some aspects of its history and evolution*; Irish Med J, 69, 363-8
101. Richardson BS. (1988): *Pathophysiology of asphyxia in the fetus, Perinatal Asphyxia: Its Role in Developmental Deficits in Children*; Can Med Assoc J Suppl.31-37. Proceedings, The Canadian Medical Protective Association, Toronto, Ontario

102. Richardson BS., Carmichael L., Homan J., Patrick JE. (1992): *Electrocortical activity, electroocular activity, and breathing movements in fetal sheep with prolonged and graded hypoxemia*; Am J Obstet Gynecol; 167(2): 553-8
103. Roztocil A., Miklica J., Kucera M., Ventruba P. (2000): *Continuous monitoring of fetal oxygen saturation (FspO<sub>2</sub>) using intrapartum fetal pulse oximetry (IFPO) in the diagnosis of acute fetal hypoxia*; Ceska Gynekol; 65(4): 224-30
104. Sakai M., Kozuma S., Okai T. et al. (1997): *Doppler blood flow velocity waveforms of the umbilical artery during variable decelerations in labor*; International Journal of Gynecology and Obstetrics 59, 207-211
105. Salamalekis E., Thomopoulos P., Giannaris D., Salloum I., Prentza A., Koutsouris D. (2002): *Computerized intrapartum diagnosis of fetal hypoxia based on fetal heart rate monitoring and fetal pulse oximetry recordings utilising wavelet analysis and neural networks*; BJOG; 109(10):1137-42
106. Saling E. (1962): *Neues Vorgehen zur Untersuchung des Kindes unter der Geburt*; Arch Gynecol Obstet; 197:108
107. Saling, E. (1963): *Die Blutgasverhältnisse und der Säure-Basenhaushalt des Feten bei ungestörtem Geburtsablauf*; Z Geburtsh Gynaecol 161: 262-267
108. Saling, E. (1964): *Technik der endoskopischen Microblutentnahme am Feten*; Geburtsh. U. Frauenheilk. 24, 464
109. Saling E. (1966): *Das Kind im Bereich der Geburtshilfe*; Thieme, Stuttgart
110. Saling E., Schneider D. (1967): *Biochemical supervision of the fetus during labor*; J Obstet Gynaecol Br Commonw 74: 799-811
111. Saling, E. (1985): *Kardiotokographie mit oder ohne Fetalblutanalyse*; Geburtsh. U. Frauenheilk. 45; 190-193
112. Saling E. (1996): *Comments on post and present situation of intensive monitoring of the fetus during labour*; J Perinat Med; 24(1):7-13
113. Schäffer, O. (1896), zitiert bei Goodlin (1979): *History of fetal monitoring*; Am J Obstet Gynecol., 133, p. 342
114. Schmidt S., Lenz A., Eilers H., Helledie N., Krebs D. (1989): *Laser*



- spectrophotometry in the fetus*; J perinatal Med 17, 57-62
115. Schmidt S., Gorrissen S., Eilers H., Decler W., Krebs D. (1990): *Laserspektroskopie – ein neues Verfahren zur Überwachung des Feten*; Geburtsh. u. Frauenheilk. 50, 344-348
116. Schmidt S., Gorissen S., Eilers H., Fahnenstich H., Dorer A., Krebs D. (1991): *Animal experiments for the evaluation of laserspectroscopy in the fetus during labour*; J perinatal Med 19; 107-113
117. Schneider, H. (1993): *Die Bedeutung der intrapartalen Asphyxie für die Entstehung von kindlichen Hirnschäden*; Geburtsh. u. Frauenheilk. 53, 369-378
118. Schneider KTM., Gnirs J.(1996): *Stellenwert der Dopplersonografie sub partu*; Gynäkologe 27, 212-221
119. Schwartz H. (1858): *Die vorzeitigen Atembewegungen*, zitiert bei Fenton, AN. and Steer, CM. (1962) pp. 354-62
120. Seelbach-Göbel B., Butterwegge M., Kühnert M., Heupel M. (1994): *Fetale Reflexionspulsoxymetrie sub partu*; Z. Geburtsh u Perinat 198, 67-71
121. Seelbach-Göbel B. (1996): *Correlation between NIR spectroscopy and pulse oximetry in the fetus*; J Perinat Med; 24(1): 69-75
122. Seelbach-Göbel B., Heupel M., Kühnert M., Butterwegge M. (1999): *The prediction of fetal acidosis by means of intrapartum fetal pulse oximetry*; Am J Obstet Gynecol; 180(1 Pt 1): 73-81
123. Simpson KR. (1998): *Fetal oxygen saturation monitoring during labor*; J Perinat Neonatal Nurs.; 12(3): 26-37
124. Squire JR. (1940): *Instrument for measuring quantity of blood and its degree of oxygenation in the web of the hand*; Clin Sci 4, 331-339
125. Timor-Tritsch IE., Dierker LJ., Hertz RH., Deagan NC., Rosen MG. (1978): *Studies of antepartum behavioral state in the human fetus at term*; Am J Obstet Gynecol 132, 524
126. van den Berg PP., Nijland R., van den Brand SF., Jongsma HW., Nijhuis JG. (1994): *Intrapartum fetal surveillance of congenital heart block with pulse oximetry*; Obstet Gynecol; 84(4 Pt 2): 683-6
127. Vitoratos N., Salamaleki E., Saloum J., Makrakis E., Creatsas G. (2002): *Abnormal fetal heart rate patterns during the active phase of*

- labor: the value of fetal oxygen saturation*; J Matern Fetal Neonatal Med; 11(1):46-9
128. von Winckel, F. (1893): *Lehrbuch der Geburtshilfe*, Leipzig
129. Wulf, KH. (1988): *Geburtshilfe im Wandel*; Dtsch. Med. Wochenschr. 47: 3342-3350
130. Zijlstra WG., Buursma A., Meeuwse-van der Roest WP. (1991): *Absorption spectra of human fetal and adult oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin. Carboxyhemoglobin and methemoglobin*; Clin Chem 37: 1633-1638
131. Zimmermann A. (2003): *Versorgung des Neugeborenen* in Schneider H., Husslein P., Schneider KTM. (Hrsg.): *Geburtshilfe*; S. 921; Springer, Berlin – Heidelberg – New York

## 6.2 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BE	Basenexzess
bzw.	beziehungsweise
CTG	Kardiotokografie
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
FBA	Fetalblutanalyse
FSpO <sub>2</sub>	funktionelle Sauerstoffsättigungswerte der fetale
Pulsoxymetrie	
ggf.	gegebenenfalls
KCTG	Kinetokardiotokografie
NapH	arterieller Nabelschnur-pH-Wert
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
nm	Nanometer
o.g.	oben genannt
pCO <sub>2</sub>	Kohlendioxidpartialdruck
pO <sub>2</sub>	Sauerstoffpartialdruck
Tab.	Tabelle
tcpO <sub>2</sub>	transkutan gemessener Sauerstoffpartialdruck
V.a.	Verdacht auf
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
Z.n.	Zustand nach

## 6.3 Lebenslauf

### PERSÖNLICHE ANGABEN

---

- Name: Katharina Schröder
- Geboren am 25. Oktober 1974
- Geburtsort: Berlin
- Familienstand: ledig

### SCHULBILDUNG

---

- 1981–1985 Volksschule Wolfratshausen-Waldram
- 1985–1994 Gymnasium Geretsried

### HOCHSCHULBILDUNG

---

- 1995–1997 Vorklinischer Studienabschnitt an der Philipps-Universität Marburg
- 1997–2002 klinischer Studienabschnitt an der Philipps-Universität Marburg
  
- August 1997 Ärztliche Vorprüfung
- August 1998 I. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- März 2001 II. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- Oktober 2002 III. Abschnitt der ärztlichen Prüfung

### PRAKTISCHES JAHR

---

- Oktober 2001 – Februar 2002:  
Innere Medizin: Klinikum der Philipps-Universität Marburg
- Februar 2002 – Juni 2002:  
Chirurgie: Spital Region Oberaargau, Schweiz
- Juni 2002 – Oktober 2002:  
Gynäkologie und Geburtshilfe: Medizinisches Zentrum für Frauenheilkunde, Marburg

### ÄRZTLICHE TÄTIGKEIT

---

- Seit März 2003: Ärztin im Praktikum an der Frauenklinik im Klinikum Landshut

### WISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEIT

---

- seit Oktober 1998: Doktorandin bei Frau PD Dr. M. Kühnert am Medizinischen Zentrum für Frauenheilkunde, Marburg

## 6.4 Akademische Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren in Marburg:

Albrecht, Arnold, Aumüller, Austermann, Barth, Basler, Baum, Behr, Bertalanffy, Beyer, Bien, Christiansen, Czubayko, Daut, Doss, Duda, Engel, Engenhardt-Cabillic, Feuser, Fruhstorfer, Gemsa, Geus, Goerg, Goerke, Gotzen, Griss, Gröne, Grzeschik, Gudermann, Habermehl, Hadji, Happle, Hasilik, Hellinger, Herzum, Hesse, Himmelmann, Hofmann, Joseph, Kalder, Kern, Klenk, Klose, Koch, Koolmann, Krause, Kretschmer, Krieg, Kroll, Kühnert, Lang, Lennartz, Leppek, Löffler, Lorenz, Maisch, Maser, Mennel, Moll, Moosdorf, Mueller, Neubauer, Oertel, Pfab, Radsak, Ramaswamy, Reichardt, Remschmidt, Renz, Richter, Röhm, Rothmund, Schachtschabel, Schäfer, Schmidt, Schmitz, Schnabel, Schneider, Schneyer, Schulz, Schüffel, Seyberth, Steiniger, Sturm, Vogelmeier, Vohland, Voigt, Uwe Wagner, Ulrich Wagner, Weihe, Werner, Westermann, von Wichert, Wied, Wulf, Zielke, Zwiorek

### **6.5 Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Frau PD Dr. med. M. Kühnert für die freundliche Überlassung des Themas, die hervorragende Betreuung und Unterstützung während der gesamten Promotion.

Herrn Dr. Olaf Hars danke ich sehr für die kompetente Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Bei den Mitarbeiterinnen des Archivs vom Zentrum für Frauenheilkunde in Marburg möchte ich mich für die zuverlässige Bereitstellung der Patientenakten bedanken.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie für die ständige Unterstützung herzlich bedanken.

## 6.6 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

**„Hat die Dauer der Registrierzeit der funktionellen arteriellen Sauerstoffsättigung des Feten einen Einfluss auf die geburtshilflichen Parameter?“**

im medizinischen Zentrum für Frauenheilkunde unter der Leitung von Frau PD Dr. M. Kühnert ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen Hilfsmittel als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keinem in- und ausländischen medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Marburg, 4. März 2004