

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Aus dem Altonaer Kinderkrankenhaus  
Bleickenallee 38  
22763 Hamburg  
Direktor Prof. Dr. F. Riedel

Normwerte der postduktalen Sauerstoffsättigung bei reifen  
Neugeborenen in den ersten zehn Lebensminuten

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg vorgelegt von

**Sarah Spielmann**

aus **Kiel**

Hamburg 2010

Angenommen von der Medizinischen Fakultät am: 30.11.2010

Veröffentlicht mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. F. Riedel

Prüfungsausschuss, 2 Gutachter/in: Prof. Dr. K. Hecher

Prüfungsausschuss, 3 Gutachter/in: Prof. Dr. J. Weil

# Normwerte der postduktalen Sauerstoffsättigung bei reifen Neugeborenen in den ersten zehn Lebensminuten

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	
1.1 Problemstellung	06
1.2 Physiologische Grundlagen	
1.2.1 Sauerstoff und Hämoglobin	07
1.2.2 Sauerstoffsättigung	08
1.2.3 Sauerstoffsättigung des Feten	10
1.2.4 Literaturüberblick	11
1.3 Hypothesen und Ziel dieser Arbeit	12
2. Methodik	
2.1 Studiendesign	13
2.2 Untersuchte Variablen	13
2.3 Stichprobenansatz	13
2.4 Datenerhebung	14
2.5 Vortest	15
2.6 „Informed Consent“ und Umgang mit „Drop-outs“	15
2.7 Pulsoximetrie	15
2.8 Spontangeburt	17
2.9 Geburten nach Sectio caesarea	17
2.10 Auswertungsverfahren	17
3. Ergebnisse	
3.1 Hauptergebnisse	
3.1.1 Verlauf der postduktalen Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Lebensminuten	19
3.1.2 Normwerte der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Lebensminuten	21
3.2 Korrelationen	
3.2.1 Korrelation von Sauerstoffsättigung und Apgar-Werten	24
3.2.1.1 Korrelation des ersten Messwerts mit dem ersten Apgarwert	25
3.2.1.2 Korrelation der Sauerstoffsättigung zum Zeitpunkt „fünf Minuten“ mit dem zweiten Apgarwert	25
3.2.1.3 Korrelation der Sauerstoffsättigung zum Zeitpunkt „zehn Minuten“ mit drittem Apgarwert	25
3.2.2 Korrelation Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus	25
3.2.3 Korrelation der Sauerstoffsättigung mit diversen anderen perinatalen Variablen	30
3.3 Vergleich der Sauerstoffsättigung bei reifen, gesunden Neugeborenen mit der Frühgeborener	31
3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	33

4. Diskussion	
4.1 Repräsentativität	35
4.2 Methodische Kritik	35
4.2.1 Selektive Messungen	35
4.2.2 Fehler durch die Pulsoximeter	37
4.3 Zusammenfassung der gängigen Fachliteratur	39
4.3.1 Arbeiten zur Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen	39
4.3.2 Arbeiten zur Sauerstoffsättigung bei Frühgeborenen	40
4.3.3 Arbeiten zur Sauerstoffsättigung in den ersten Lebensminuten	41
4.4 Diskussion der Einzelergebnisse	44
4.4.1 Initial niedrige Werte der Sauerstoffsättigung	44
4.4.2 Signifikanter Anstieg der Sauerstoffsättigung	45
4.4.3 Normwerte der postduktalen Sauerstoffsättigung bei reifen Neugeborenen in den ersten zehn Lebensminuten	46
4.4.4 Korrelation zwischen der arteriellen Sauerstoffsättigung und dem Apgarindex	47
4.4.5 Kritische Auseinandersetzung mit dem Apgarindex.	47
4.4.6 Korrelation zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus	48
4.4.6.1 Verteilung und Repräsentativität der Geburtsmodi	48
4.4.6.2 Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und dem Geburtsmodus	49
4.4.7 Höchste Werte der Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen, die durch VE geboren wurden	52
4.4.8 Einfluss anderer Variablen des Geburtsverlaufs auf die Sauerstoffsättigung	52
4.4.8.1 Herzfrequenz	53
4.4.8.2 Nabel-pH und Base-Excess	53
4.4.8.3 Korrelation der Sauerstoffsättigung mit Körperlänge und Gewicht	54
4.4.8.4 Zusammenhang der Sauerstoffsättigung mit weiteren Variablen	54
4.5 Vergleich reifer Neugeborener und Frühgeborener	55
4.6 Toxizität von Sauerstoff	56
4.7 Debatte: Raumluft vs. 100% Sauerstoff	56
5. Zusammenfassende Diskussion und Ausblick.	59
6. Literaturverzeichnis	60
7. Anhang	
7.1 Aufklärungsbogen	66
7.2 Erhebungsbogen	67
7.3 Verzeichnis der Graphiken, Abbildungen und Tabellen	68

8. Danksagung	.	.	.	.	.	.	.	.	71
9. Eidesstattliche Erklärung	.	.	.	.	.	.	.	.	72

## 1. Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Mitte des letzten Jahrhunderts entwickelte die US-amerikanische Anästhesistin Virginia Apgar ein Schema zur klinischen Vitalitätsbeurteilung Neugeborener innerhalb der ersten Lebensminuten (Apgar 1953). Das Apgar-Schema sieht vor, dass ein Neugeborenes zu drei Zeitpunkten - nämlich nach einer, fünf, sowie zehn Minuten postnatal im Bezug auf fünf festgelegte Bewertungskriterien beurteilt wird: Für Herzfrequenz, Hautkolorit, Atmung, Muskeltonus und Reflexerregbarkeit werden jeweils null bis zwei Punkte vergeben, so dass eine maximale Summe von zehn Punkten möglich ist. Ein Neugeborenes, welches acht bis zehn Punkte erhält, gilt klinisch als unauffällig.

Diese Summe der vergebenen Punkte beschreibt jedoch nicht nur den objektivierten klinischen Zustand des Neugeborenen. Sie wird auch als Entscheidungshilfe für die Notwendigkeit therapeutischer Maßnahmen und klinischer Interventionen, wie zum Beispiel Atemunterstützung oder Sauerstoffgabe genutzt. So gilt ein Apgarwert von null bis drei als schwere Asphyxie, ein Wert von vier bis sechs als mäßige Asphyxie.

Die erste Maßnahme bei der Reanimation von Neugeborenen mit Asphyxie ist nach dem Absaugen der Atemwege die Beatmung, um durch die Rekrutierung von Alveolen die Sauerstoffaufnahme zu verbessern. Dabei galt Jahrzehnte lang das Dogma, dass die Behandlung in dieser Phase mit hoher inspiratorischer Sauerstoffkonzentration ( $FiO_2$ ) erfolgen müsse. Obwohl die nichtinvasive Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung seit langem in das Monitoring kranker Neu- und Frühgeborener integriert ist, wurde sie zur Therapiesteuerung in den ersten Lebensminuten bei perinataler Asphyxie kaum genutzt.

Es muss hinterfragt werden, ob der Apgarindex zusammen mit dem subjektiven klinischen Eindruck des medizinischen Personals ausreicht, um eine frühzeitige Behandlung mit Sauerstoff zu initiieren oder aber eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Neugeborenen zu postulieren.

Besonders vor dem Hintergrund der mittlerweile durch eine große Anzahl wissenschaftlicher Studien belegten Toxizität von Sauerstoff für Neugeborene stellt sich deshalb die Frage, wann, in welcher Konzentration und wie lange Sauerstoff therapeutisch verabreicht werden sollte. Um sicher entscheiden zu können und den Einsatz der Sauerstofftherapie auf ein Minimum zu beschränken, ist es notwendig zu wissen, wie hoch die Sauerstoffsättigung bei gesunden, unauffälligen Neugeborenen

ist, die nach Meinung des sie betreuenden medizinischen Personals keiner Intervention bedürfen.

Das 1953 entwickelte Apgar-Schema zählt weltweit zum Standard der Beurteilung Neugeborener, doch mit der in den 80er Jahren entwickelten und inzwischen weiter verfeinerten diagnostischen Methode der Pulsoximetrie bietet sich heute eine weitere einfach handhabbare Möglichkeit, Neugeborene hinsichtlich ihrer Oxygenierung zu beurteilen. Der Einsatz der Pulsoximetrie in der Neonatologie als validiertes Verfahren zur Messung der Sauerstoffsättigung ist mittlerweile klinischer Alltag bei der Überwachung von kranken Neu- und Frühgeborenen.

In der Praxis der Reanimation wird über die Höhe der applizierten Sauerstoffkonzentration meist auf Grundlage des klinischen Bildes entschieden, die pulsoximetrisch gemessene arterielle Sauerstoffsättigung wurde in den ersten Lebensminuten nur vereinzelt in diese Entscheidung mit einbezogen.

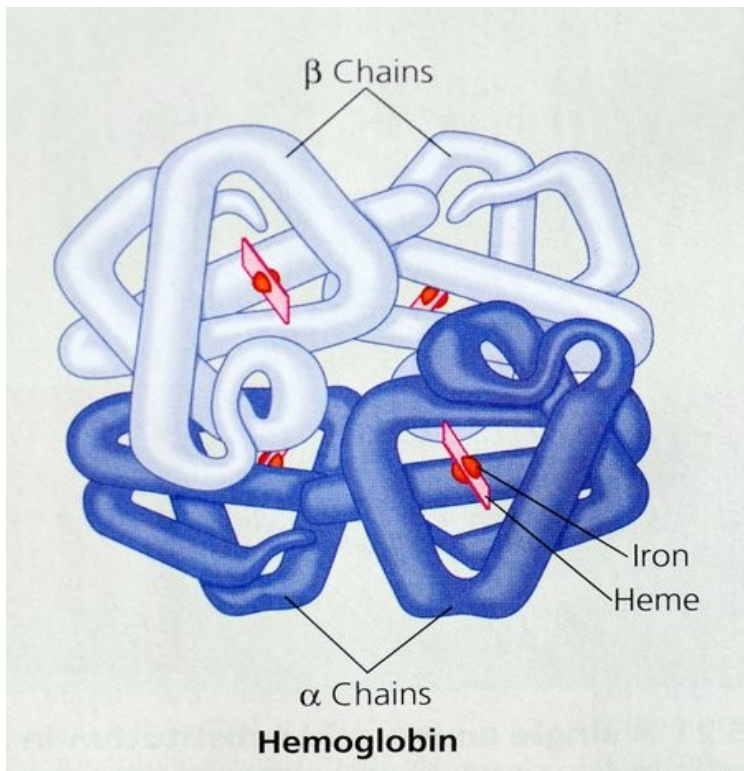
Während für Neugeborene und Säuglinge verschiedener Lebensalter Normwerte jenseits der ersten Lebensminuten vorliegen, gab es für die unmittelbare postnatale Anpassung bisher kaum Daten zur Sauerstoffsättigung klinisch unauffälliger Neugeborener.

Die Ermittlung solcher Normwerte stellt eine Voraussetzung zur evidenzbasierten Steuerung der Behandlung asphyktischer Neugeborener in den ersten Lebensminuten dar und ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

## **1.2 Physiologische Grundlagen**

### **1.2.1 Sauerstoff und Hämoglobin**

Die beiden Naturwissenschaftler *Carl Wilhelm Scheele* und *Joseph Priestly* entdeckten in den Jahren 1772 und 1774 unabhängig voneinander das chemische Element Sauerstoff. Hämoglobin wurde 1840 erstmalig beschrieben. Hierbei handelt es sich um ein Chromoprotein, welches sich aus einem Häm-Anteil und vier Globin-Molekülen zusammensetzt. Das Globin eines Erwachsenen besteht aus vier Untereinheiten (jeweils zwei alpha- und zwei beta-Ketten, siehe Abb.1). Beim Feten liegen gamma-Ketten anstelle der beta-Ketten vor, die sich in ihrer Struktur von den beta-Ketten unterscheiden. Fetales Hämoglobin wird postnatal abgebaut und durch adultes Hämoglobin ersetzt.



**Abbildung 1: Hb-Molekül und Häm-Komponente**

(<http://www.bio.miami.edu/~cmallery/150/protein/c8.42.hemoglobin.jpg>)

Pro Molekül Hämoglobin können vier Moleküle Sauerstoff transportiert werden, die jeweils reversibel an die Eisenatome des Häms gebunden sind.

### 1.2.2 Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigung in % gibt an, wie viel Prozent des im Körper vorhandenen Hämoglobins mit Sauerstoff gesättigt sind, der maximale Wert liegt bei 100%.

Zum besseren Verständnis soll an dieser Stelle der Begriff der Sauerstoffsättigung noch weiter differenziert werden, denn in vielen Arbeiten, die sich mit der Sauerstoffsättigung auseinandersetzen, wird zwischen „funktionell“ und „fraktionell“ unterschieden.

Die funktionelle Sauerstoffsättigung gibt an, welche Menge des Hämoglobins oxigeniert ist, ohne dabei eventuell vorhandenes dysfunktionales Hämoglobin, wie zum Beispiel Methämoglobin, zu erfassen.

Die fraktionelle Sauerstoffsättigung beschreibt den Anteil oxigenierten Hämoglobins einschließlich gemessener dysfunktionaler Hämoglobine.

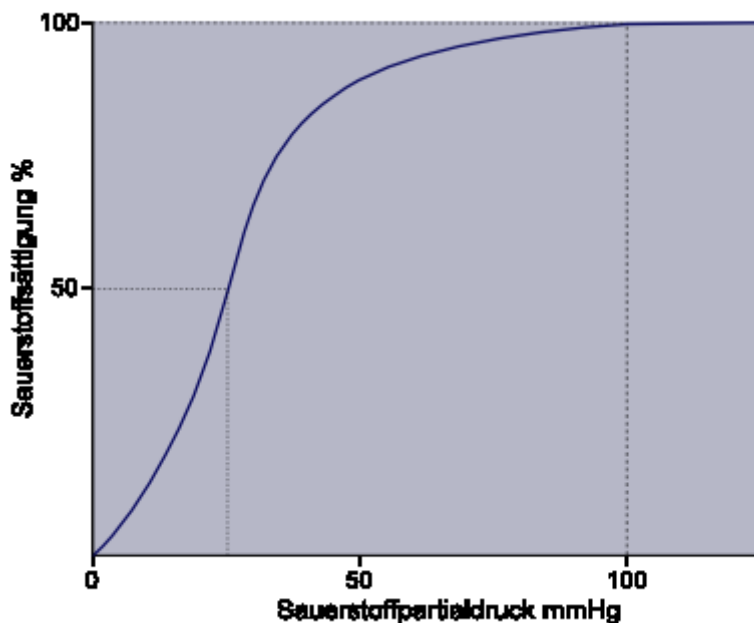
Je nachdem, welche Art der Sauerstoffsättigung betrachtet werden soll, werden unterschiedliche Messverfahren eingesetzt. Die fraktionelle Sauerstoffsättigung wird



in der Regel mit einem Hämoximeter, die funktionelle mittels eines Pulsoximeters gemessen.

Wenn in dieser vorliegenden Arbeit von der untersuchten Sauerstoffsättigung die Rede ist, so handelt es sich hierbei stets um die funktionelle Sauerstoffsättigung.

Der Sättigungsgrad des Hämoglobins ist unter anderem vom vorliegenden Sauerstoffpartialdruck abhängig, einem Wert, der den Anteil des Sauerstoffs am Gesamtdruck innerhalb eines Gasgemisches, wie zum Beispiel Luft abbildet. Dieser Zusammenhang zwischen der Sauerstoffsättigung und dem Partialdruck kann graphisch in der Sauerstoffdissoziationskurve dargestellt werden (Graphik A).



### **Graphik A: Sauerstoffdissoziationskurve**

(<http://www.criticalcare.at/images/sauerstoffdissoziationskurve1.png>)

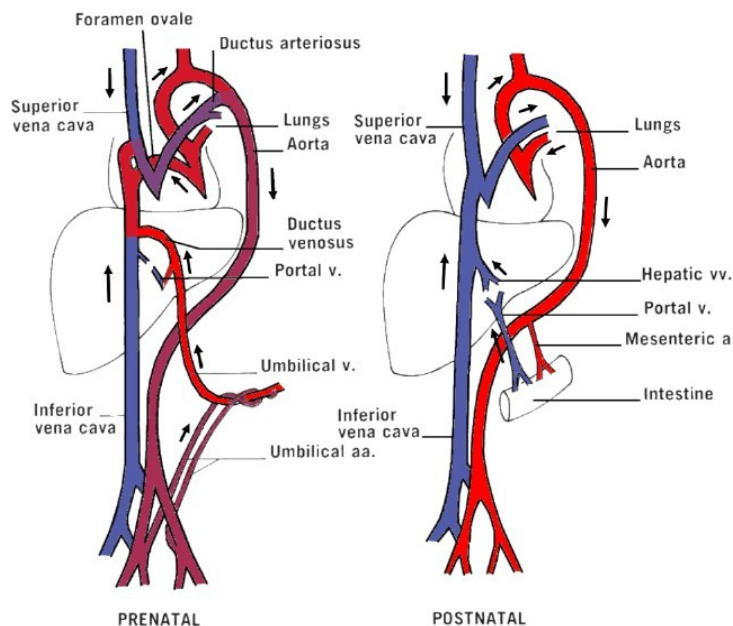
Auf der X-Achse wird der Partialdruck in mmHg, auf der Y-Achse die Sauerstoffsättigung in % aufgetragen. Die Kurve, die einen charakteristischen S-förmigen Verlauf hat, verdeutlicht die Grundlagen des Sauerstofftransportes im Blut. Neben den physiologischen Grundlagen der Sauerstoffaufnahme und -abgabe im Gewebe lässt sich anhand der obigen Grafik ein weiterer wichtiger Aspekt darstellen. Es gibt eine Anzahl von Faktoren, die die Affinität des Sauerstoffes zum Hämoglobin beeinflussen und somit letztlich einen Einfluss auf die Höhe der Sauerstoffsättigung

nehmen können. Hierzu zählt beispielsweise die Temperatur, aber auch der pH-Wert des Blutes.

Theoretisch kann der Wert des Sauerstoffpartialdruckes dazu herangezogen werden, die Sauerstoffsättigung zu berechnen.

### 1.2.3 Sauerstoffsättigung des Feten

In der Pränatalperiode wird der Fetus über die mütterliche Plazenta mit Sauerstoff versorgt (Abb. 2).



### **Abbildung 2: Fetaler Kreislauf**

([http://www.dartmouth.edu/~humananatomy/figures/chapter\\_23/23-13.HTM](http://www.dartmouth.edu/~humananatomy/figures/chapter_23/23-13.HTM))

Durch einfache Diffusion werden die Atemgase zwischen mütterlichem und fetalem Blut ausgetauscht. Von entscheidender Bedeutung ist hier die bestehende Partialdruckdifferenz. Obwohl der Sauerstoffpartialdruck im Nabelvenenblut geringer ist, wird der Fetus mit ausreichend Sauerstoff versorgt. Dies lässt sich u. a. mit der größeren Sauerstoffaffinität des fetalen Hämoglobins im Gegensatz zum mütterlichen Blut erklären.

Die arterielle Sauerstoffsättigung des Feten liegt wesentlich niedriger als die der Mutter. *Nicolini et al.* beschrieben eine durchschnittliche fetale Sauerstoffsättigung von 70-80% als physiologisch (Nicolini et al. 1990). Im Rahmen des Geburtsvorgangs wurde bei reifen, unauffälligen Feten eine durchschnittliche

Sauerstoffsättigung von 50% beschrieben, vereinzelt lagen die Werte sogar noch deutlich niedriger, jedoch nicht unter 30% (Chua et al. 1997).

Dieser Abfall wird interpretiert als Resultat der kurzfristig verminderten O<sub>2</sub>-Zufuhr über die Plazenta während der Uteruskontraktionen.

Durch die ersten eigenständigen Atemzüge füllt sich die Lunge des Neugeborenen mit Atemluft und die noch vorhandene Flüssigkeit wird an die Alveolarwand gepresst, wo sie innerhalb von Stunden resorbiert wird.

Der initiale Abfall des Sauerstoffpartialdruckes sowie der Anstieg des  $p\text{aCO}_2$  nach der Durchtrennung der Nabelschnur stellen den Atemantrieb des Neugeborenen dar. Auch afferente Reize durch die Lungendehnung sowie Kältereize stimulieren die Atmung und führen schließlich zum kontinuierlichen postnatalen Atemtyp. Hieraus resultiert ein Anstieg der Sauerstoffsättigung, dessen zeitliche Dynamik eine Fragestellung dieser Arbeit ist.

#### 1.2.4 Literaturüberblick

Es finden sich in der Fachliteratur der vergangenen Jahre diverse Arbeiten zum Thema „Arterielle Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen“, allerdings liegt hier der Fokus meist nicht auf den ersten Lebensminuten. Den früheren Arbeiten, die sich mit der „normalen“ Sauerstoffsättigung der ersten Lebensminuten befassen, ist gemein, dass entweder keine reifen und gesunden Neugeborenen untersucht wurden und/oder dass ihre Patientenzahlen relativ gering waren: Mit 205 untersuchten Neugeborenen führten *Kamlin et al.* 2006 die bisher mit Abstand umfangreichste Studie durch. Auch sind die Ergebnisse der erwähnten Arbeiten nicht ohne weiteres vergleichbar, da bei einigen die prä-, bei anderen wiederum die postduktale Sauerstoffsättigung gemessen wurde.

Die vorliegende Arbeit hat deshalb auch zum Ziel, die Datenlage durch ein größeres Patientenkollektiv zu untermauern.

Wenn man sich mit der Literatur zum Thema Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen auseinandersetzt, stößt man in diesem Zusammenhang schnell auf die seit einigen Jahren geführte umfangreiche Diskussion über den Einsatz von Sauerstoff bei der Behandlung Neugeborener. Hierbei geht es vor dem Hintergrund des Sauerstofftoxizitätsrisikos zum einen um die Frage, ob die Gabe von Raumluft

gegenüber der von reinem Sauerstoff von Vorteil ist, bzw. auch um die Frage, ab welchem Sättigungswert er verabreicht werden sollte, um hypoxämische Schäden zu vermeiden.

Für diese Arbeit wurden daher sowohl Artikel zu den Themen „Sauerstofftherapie bei Neugeborenen“ und „Toxizität von Sauerstoff“ recherchiert als auch Literatur, die sich mit der laufenden Diskussion beschäftigt, ob therapiebedürftige Neugeborene mit reinem Sauerstoff oder mit Raumluft behandelt werden sollten.

### 1.3 Hypothesen und Ziel dieser Arbeit

Ziel dieser Dissertation ist es, Normwerte der arteriellen postduktalen Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Minuten bei termingerecht geborenen Neugeborenen zu ermitteln.

Die Hypothese zum zeitlichen Verlauf der Messwerte lautet, dass die zum erstmöglichen Zeitpunkt gemessenen Werte der arteriellen Sauerstoffsättigung signifikant niedriger sind, als die zum Zeitpunkt fünf und zehn Minuten nach der Geburt. Außerdem soll die Korrelation zwischen den gemessenen Sättigungswerten und den klinisch vergebenen Apgar-Scores ermittelt werden. Des Weiteren soll untersucht werden, ob zwischen diversen Variablen des Geburtsverlaufes und der Höhe der Sauerstoffsättigung ein Zusammenhang besteht.

Im zweiten Teil der Arbeit soll vergleichend analysiert werden, ob sich die arterielle Sauerstoffsättigung bei primär neonatologisch behandlungsbedürftigen Neu- und Frühgeborenen signifikant von den Messwerten der reifen Neugeborenen, unterscheidet. Die Hypothese lautet hier, dass die Sauerstoffsättigung innerhalb des betrachteten Zeitfensters bei primär neonatologisch behandlungsbedürftigen Neu- und Frühgeborenen zu jedem Zeitpunkt signifikant niedriger ist als in der Vergleichsgruppe der reifen und gesunden Neugeborenen.

## **2. Methodik**

### **2.1 Studiendesign**

Es handelt sich bei der vorliegenden Arbeit um eine prospektive klinische Studie, die von September 2005 bis Juni 2007 im Perinatalzentrum Hamburg-Altona durchgeführt wurde.

### **2.2 Untersuchte Variablen**

Die in der vorliegenden Arbeit gewählten verschiedenen Messzeitpunkte stellen die unabhängige Variable dar. Bei der untersuchten abhängigen Variable handelt es sich um die pulsoximetrisch bestimmte Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>). Als Covariablen wurden die Apgar-Scores, der Geburtsmodus, das Gestationsalter, das Geschlecht, das Körpergewicht sowie Herzfrequenz, Nabel-pH und der Base-Excess des Neugeborenen festgelegt.

### **2.3 Stichprobenansatz**

In die zu untersuchende Stichprobe wurden alle reifen und gesunden Neugeborenen eingeschlossen, die im Zeitraum zwischen dem 01. September 2005 und dem 30. Juni 2007 im Perinatalzentrum Altona geboren wurden. Als gesund galten definitionsgemäß die Neugeborenen, die nach der Geburt nicht der Betreuung durch Neonatologen bedurften. Als reif galten alle Neugeborenen mit einem Gestationsalter von mindestens 37 bis maximal 41 vollendeten Schwangerschaftswochen zuzüglich sechs Tagen (260 bis 293 Tage), gerechnet post menstruationem.

Eine zweite Stichprobe stellten Frühgeborene und behandlungsbedürftige Neugeborene dar, bei denen ebenfalls innerhalb der ersten zehn Minuten die Sauerstoffsättigung gemessen wurde.

Ziel war es, beginnend am festgelegten Stichtag bei möglichst allen Neugeborenen im Perinatalzentrum Altona in den ersten zehn Minuten mittels Pulsoximetrie die postduktale arterielle Sauerstoffsättigung zu messen. Hierbei wurden jeweils vier Messwerte registriert: 1. Zum Zeitpunkt der frühestmöglichen Messung sowie 2. zwei, 3. fünf und 4. zehn Minuten nach der Geburt.

## 2.4 Datenerhebung

In den ersten Minuten nach Geburt wurden die Herzfrequenz und die Sauerstoffsättigung kontinuierlich gemessen, auf einem standardisierten Erhebungsbogen jedoch nur die Messwerte der oben genannten Zeitpunkte eingetragen. Teilweise wurde auch bei Verlegung des Neugeborenen aus dem Kreißsaal in das Kinderzimmer noch einmal stichprobenartig die Sauerstoffsättigung registriert und auf dem Formblatt vermerkt.

Neben der gemessenen transkutanen Sauerstoffsättigung und der Herzfrequenz, wurden auf dem Erhebungsbogen auch etwaige Maßnahmen, wie beispielsweise CPAP, Sauerstoffgabe oder medikamentöse Therapie dokumentiert. So konnten Neugeborene, bei denen innerhalb der ersten zehn Lebensminuten therapeutischer Interventionsbedarf bestand, identifiziert und im weiteren Verlauf aus der Stichprobe ausgeschlossen werden. Neugeborene, die im Rahmen der Erstversorgung lediglich oral abgesaugt werden mussten, wurden für diese Studie als „unbehandelt“ registriert. Des Weiteren wurde auf dem Erhebungsbogen der postnatal routinemäßig bestimmte Base-Excess (BE), sowie der pH aus der Analyse des Nabelarterienblutes dokumentiert.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden neben den oben erwähnten Daten auf den Erhebungsbögen Stammdaten aus der mütterlichen Akte, sowie diverse geburtshilfliche Parameter übernommen. Die dokumentierten Daten waren im Einzelnen das Geburtsdatum des Kindes, das Geschlecht, der Geburtsmodus, die Kindslage, die Anzahl vorheriger Schwangerschaften und Geburten der Mutter, eventuelle therapeutische Maßnahmen, der Zeitpunkt, an welchem die erste Messung erfolgte, sowie ein Hinweis darauf, wenn es sich bei dem Neugeborenen um einen Zwilling handelte. Des Weiteren wurde die krankenhauserne Identifikationsnummer des Kindes übernommen. Alle Daten wurden aus Gründen des Datenschutzes lediglich in verschlüsselter Form verwertet.

Die Messungen wurden hauptsächlich von der Autorin und denen im Perinatalzentrum Altona tätigen Hebammen durchgeführt, teilweise auch von den Ärzten/Ärztinnen und Schwestern der Neugeborenen-Intensivstation sowie den Gynäkologen/Gynäkologinnen. Alle Anwender hatten an einer strukturierten Geräteeinweisung teilgenommen.

## 2.5 Vortest

Zunächst wurden über einige Tage Probemessungen durchgeführt, damit alle an der Durchführung der Messungen beteiligten Personen sich mit der Handhabung der Geräte vertraut machen konnten.

In der Planungs- und Probephase gab es die Überlegung, die Messungen der Sauerstoffsättigung nach einer, fünf und zehn Minuten durchzuführen, zeitgleich mit der Vergabe des Apgars. Es stellte sich jedoch heraus, dass nach einer Minute in vielen Fällen noch keine Messung möglich war, daher wurde dieser Ansatz verworfen. Stattdessen ist jeweils der frühest mögliche Messwert mit Zeitpunkt registriert worden.

## 2.6 „Informed Consent“ und Umgang mit „Drop-outs“

Es wurden lediglich Neugeborene in diese Studie aufgenommen, deren Eltern bereits vor der Geburt entweder schriftlich auf einem vorgefertigten Aufklärungsbogen (siehe Anhang) oder aber mündlich in die Teilnahme eingewilligt hatten. Vor Beginn der Datenerhebungen wurde festgelegt, dass aus den gemessenen Werten der Sauerstoffsättigung keinerlei therapeutische Konsequenzen für die betreffenden Neugeborenen zu ziehen seien. Dies wurde auch den Eltern im Aufklärungsgespräch vor der Geburt erklärt.

Fehlten auf den Erhebungsbögen *einzelne* Messwerte, gingen die erhobenen Daten des Patienten trotzdem in die statistischen Berechnungen ein, nämlich für genau die Messzeitpunkte, für die Daten vorlagen.

Als „Drop-outs“ wurden im Untersuchungszeitraum sowohl die Neugeborenen gewertet, deren Eltern nicht in die Untersuchung einwilligten, als auch diejenigen, die aufgrund nicht durchgeführter Messungen nicht in diese Arbeit eingingen.

## 2.7 Pulsoximetrie

Die Pulsoximetrie, bzw. die Transmissionspulsoximetrie, stellt ein validiertes, nicht-invasives Verfahren zur Messung der funktionellen Sauerstoffsättigung dar. Sie basiert auf folgendem Prinzip: Oxygeniertes Hämoglobin und Desoxyhämoglobin absorbieren Licht bestimmter Wellenlängen in unterschiedlichem Ausmaß (Prinzip

der sog. Spektralphotometrie). In den meisten Fällen messen die heute verwendeten Geräte kontinuierlich, stellen aber nur einen nach einer definierten Zeitspanne gemittelten Wert dar. In der Regel wird der nach zwei Sekunden gemittelte Wert angezeigt.

Seit den 80er Jahren findet die Pulsoximetrie Verwendung auf Intensivstationen (Saugstad 2001a) und hat seither auch in der Neonatologie stetig an Bedeutung gewonnen.

Theoretisch besteht die Möglichkeit, die Sauerstoffsättigung anhand des Sauerstoffpartialdruckes der arteriellen Blutgasanalyse zu berechnen, jedoch sind wiederholte arterielle Blutgasanalysen in den ersten Lebensminuten in der Praxis vor allem aufgrund der Invasivität nicht praktikabel. Stattdessen wird in der Praxis die Verwendung von Pulsoximetern vorgezogen. Es sei an dieser Stelle jedoch angemerkt, dass die berechneten Werte von den tatsächlichen Messwerten eines Pulsoximeters abweichen können.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Sauerstoffsättigung mittels Pulsoximetern bestimmt. Es wurden tragbare Pulsoximeter vom Typ OXIMAX NPB-40 der Firma Nellcor verwendet (Abb. 3).

Die verwendeten Pulsoximeter bestehen aus der Messeinheit, sowie einem OXIMAX-Sensor mit zwei Lichtquellen und einem Photodetektor. Mittels dieser tragbaren Pulsoximeter ist die simultane Registrierung von transkutaner Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz möglich.



**Abbildung 3: Foto Pulsoximeter**



## 2.8 Spontangeburt

Die Messungen begannen schnellstmöglich nach der Geburt: Alle Neugeborenen wurden zunächst abgenabelt, abgetrocknet und in vorgewärmte Tücher eingewickelt. Im Rahmen dieser üblichen Erstversorgung wurde der OXIMAX-Sensor mit selbstklebendem Pflaster am Fuß befestigt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass sich die Lichtquelle des Sensors an der Fußsohle und der Photodetektor gegenüber, auf dem Fußrücken befanden. Das Pflaster diente zum einen der Befestigung, aber auch dazu, einer möglichen Beeinflussung der Messdaten durch Raumlicht vorzubeugen. Es war unerheblich, ob der Sensor am linken oder am rechten Fuß angebracht wurde. Anschließend wurde das Pulsoximeter eingeschaltet.

## 2.9 Geburten nach Sectio caesarea

Auch nach Sectiones wurde der Sensor im Rahmen der Erstversorgung mit Pflaster am Fuß befestigt und das Gerät anschließend eingeschaltet. Sowohl bei den Spontangeburt als auch bei den Sectiones wurde das Neugeborene nach Befestigung des Sensors sofort zurück in den Arm der Mutter gelegt.

## 2.10 Auswertungsverfahren

Vor der Auswertung wurden die handschriftlichen Daten auf den Erhebungsbögen in eine Exceltabelle übertragen und mit den noch fehlenden Daten aus dem Geburtenbuch ergänzt. Hierbei wurden sämtliche Daten aus Gründen des Datenschutzes codiert.

Zu Beginn dieser Dissertation wurde im Hinblick auf die statistische Planung und Auswertung der Arbeit die Hilfe von Prof. Dr. phil. Dipl.-Psych. Barkmann aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychosomatik, sowie von Dr. Bubenheim aus dem Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf in Anspruch genommen.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels der Computersoftware SPSS14.0. Zunächst wurden die Daten stichprobenartig auf Eingabefehler untersucht und anschließend eine Plausibilitätsprüfung des gesamten Datensatzes durchgeführt. Die Statistiken basieren auf allen Fällen, bei denen für alle Variablen zum untersuchten Zeitpunkt gültige Daten vorliegen. Fehlten zu einigen Messzeitpunkten

Angaben, wurde der Proband für den jeweiligen Messzeitpunkt aus der statistischen Berechnung ausgeschlossen.

Die angewandten statistischen Methoden umfassten die Bestimmungen von Mittelwerten und Medianen, Standardabweichungen, Korrelationen nach Pearson, T-Tests, Univariate Varianzanalysen, Geschätzte Randmittel, Explorative Datenanalyse, Kolmogorov-Smirnov-Tests mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors, sowie Hotelling-Spur-Tests.

Das Signifikanzniveau lag bei  $p < 0.05$  und wurde jeweils bei den post-hoc durchgeführten Paralleltests angepasst.

### **3. Ergebnisse**

Insgesamt wurden im Rahmen dieser Arbeit 243 Neugeborene untersucht, von denen 86% (n=209) reife Neugeborene und 14% (n=34) Frühgeborene waren. Von den reifen Neugeborenen gehörten 79% (n=164) in die Gruppe der Unbehandelten. 40% (n=98) aller untersuchten Kinder waren weiblichen Geschlechts. Das Gestationsalter der Unbehandelten lag im Mittel bei 276,15 Tagen (Standardabweichung +/- 8,45 Tage).

#### **3.1 Hauptergebnisse**

##### **3.1.1 Verlauf der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Lebensminuten (Graphik B)**

Bei dieser Fragestellung wurde zunächst nur das Kollektiv der reifen und unbehandelten Neugeborenen (n=164) betrachtet.

##### **Frühestmögliche Messung:**

Die erstmögliche Messung der Sauerstoffsättigung erfolgte im Durchschnitt nach 1,5 Minuten und ergab einen Median von 69% (Quartile: 61,25% und 77%). Der Erstwert wurde bei n=163 dokumentiert, bei n=1 fehlte die Angabe auf dem Erhebungsbogen. In diesem Fall wurde der erste angegebene Messwert, nämlich zum Zeitpunkt 2 Minuten, als Erstwert gezählt.

##### **Zwei Minuten:**

Zum Zeitpunkt „zwei Minuten nach der Geburt“ wurden lediglich bei 80% (n=132) der Neugeborenen die Werte registriert, auf 20% (n=32) der Bögen fehlen die Angaben. Es ergab sich für die Sauerstoffsättigung ein Median von 74,5% (Quartile: 67% und 83%).

##### **Fünf Minuten:**

Nach fünf Minuten lag der Median für die Sauerstoffsättigung bei 86 % (Quartile: 79,25% und 91%). Bei zehn Probanden (n=10) wurde zu diesem Messzeitpunkt keine Angabe auf dem Erhebungsbogen gemacht.

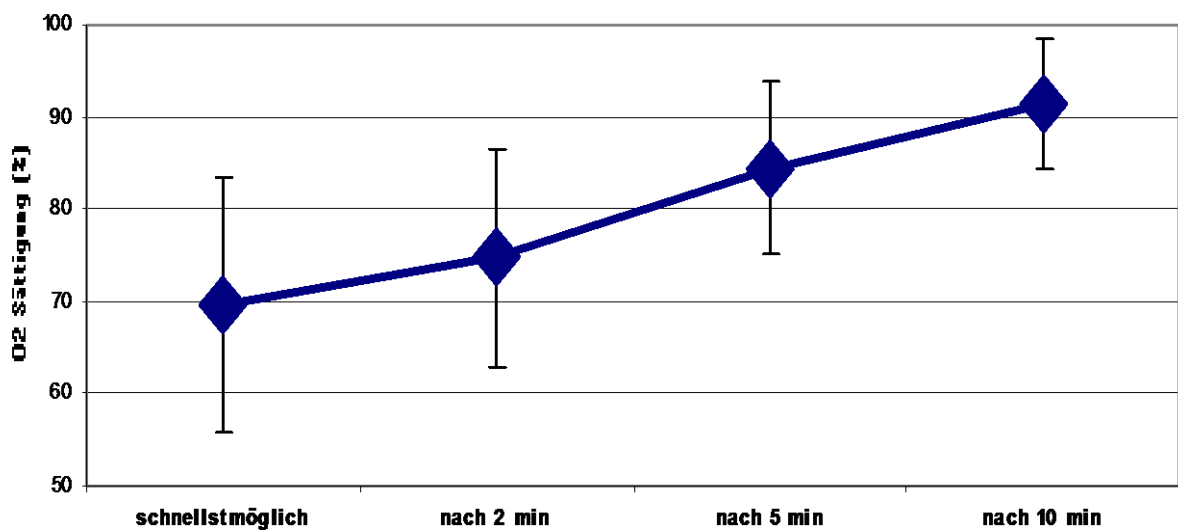
### Zehn Minuten:

Die Messwerte der Sauerstoffsättigung nach den ersten zehn Minuten wurden in n=143 Fällen notiert, bei n=21 Neugeborenen fehlen die Angaben. Es ergab sich hier ein Median für die Sauerstoffsättigung von 92% (Quartile: 88% und 97%).

### Höhe der Sauerstoffsättigung bei Verlegung aus dem Kreißsaal:

Da die Messung der Sauerstoffsättigung bei Verlegung auf die Neugeborenenstation nur bei einem Teil der Probanden durchgeführt wurde (n=64) und der jeweilige Zeitpunkt meist nicht exakt vermerkt war, wurden diese Daten nicht für weitere Auswertungen verwendet.

Die Graphik B stellt den oben beschriebenen Verlauf der Sauerstoffsättigung zu den vorgegebenen Messzeitpunkten dar.



### **ersten 10 Minuten nach Geburt, (n= 209), (Mittelwerte +/- 1 SD)**

Um die Hypothese dieser Arbeit zum zeitlichen Verlauf der Messwerte genauer zu untersuchen, wurden Varianzanalysen mit Messwiederholungen über alle vier Zeitpunkte durchgeführt, um zu erkennen, ob es signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten gab. Dabei bestätigten sich die erwarteten signifikanten Unterschiede der Mittelwerte.

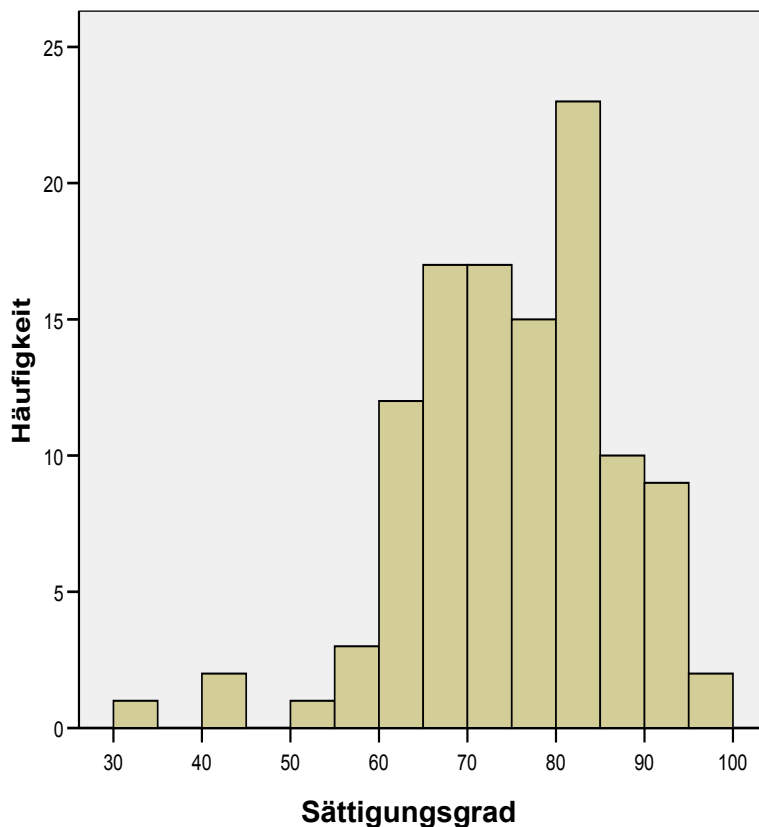
Um diese Unterschiede genauer abzubilden, folgten post-hoc sechs Paralleltests: Es wurden jeweils zwei der vier Messzeitpunkte miteinander verglichen. Das Bonferroni-adjustierte Signifikanzniveau lag hier bei  $p=0,008$ .

Es ergab sich ein hochsignifikanter Anstieg ( $p<0,001$ ) der Sauerstoffsättigung über die gesamte Zeit sowie auch kontinuierlich zwischen den Zeitpunkten der Messreihe.

### 3.1.2 Normwerte der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Lebensminuten

Als zweites wurde der Frage nach Normwerten der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten nachgegangen. Dazu wurde zunächst die Verteilung der Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten dargestellt. Zu allen Zeitpunkten zeigte sich ein ähnliches Bild. Die gemessenen Werte der Sauerstoffsättigung waren nicht im Sinne einer Gauß'schen Kurve normalverteilt, sondern rechtslastig, d. h. es gab wenige niedrige Werte.

Exemplarisch findet sich in der Graphik C die Verteilung der einzelnen Messwerte zwei Minuten nach der Geburt.



N = 112

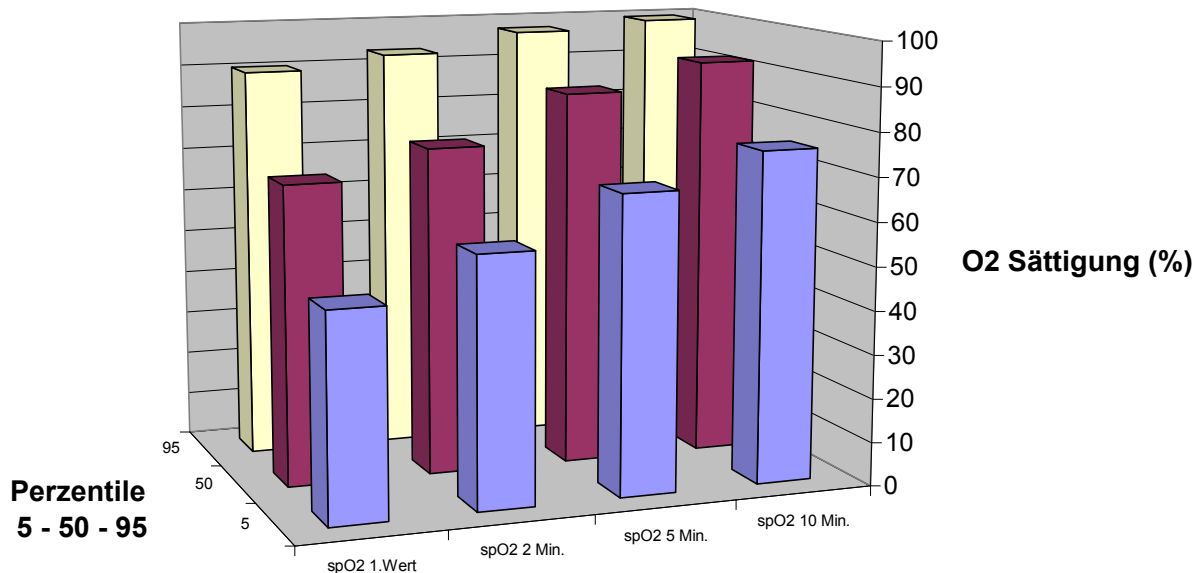
### **Graphik C: Verteilung der gemessenen Werte der Sauerstoffsättigung zwei Minuten nach Geburt**

Man erkennt deutlich das gehäufte Auftreten hoher Messwerte. Aufgrund dieser Werteverteilung war die Standardabweichung als Maß für die Darstellung von Normwerten ungeeignet: Deshalb wurden zunächst Perzentilen für die Bereich 5%, 50% und 95% mit dem Ziel berechnet, daraus anschließend Normwerte ableiten zu können.

Bei Perzentilen handelt es sich um ein statistisches Maß. Sie definieren einen Messwert im Hinblick darauf, wie viel Prozent aller gemessenen Werte kleiner sind als dieser.

Liegt ein Wert beispielsweise auf der 97-er Perzentile bedeutet das, dass 97% der Messwerte unter diesem Wert und nur drei Prozent der Messwerte höher liegen.

In der folgenden Graphik D sind die drei Perzentilen zu sehen: Die roten Balken entsprechen dem Median (50-er Perzentile).



### **Graphik D: Darstellung der zu den verschiedenen Zeitpunkten gemessenen Werte der Sauerstoffsättigung (Perzentilen 5, 50 und 95)**

Am Beispiel des Medians erkennt man deutlich den Anstieg von anfänglichen Werten um die 70% zu einer Sauerstoffsättigung von über 90% nach zehn Minuten.

Außerdem wird deutlich, dass die Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten postnatalen Minuten im untersuchten gesunden Patientenkollektiv zum Teil auch bei deutlich niedrigeren Werten lag.

In der folgenden Tabelle 1 finden sich die Ergebnisse zu den einzelnen Messzeitpunkten als Übersicht dargestellt:

	<b>Mittelwert</b>	<b>Standard-abweichung</b>	<b>5er Perz.</b>	<b>Median</b>	<b>95er Perz.</b>
<b>SpO2 1.Wert</b>	69,63%	13,86	46,95%	68,5%	90%
<b>SpO2 2 Minuten</b>	74,79%	11,84	56,65%	75%	93%
<b>SpO2 5 Minuten</b>	84,5%	9,27	67,95%	86%	97,35%
<b>SpO2 10 Minuten</b>	91,43%	7,12	75,65%	92%	99,35%

### **Tabelle 1: Normwerte der arteriellen Sauerstoffsättigung**

Es wird deutlich, dass die Standardabweichung mit der Zeit abnimmt, die Streuung der Messwerte also geringer wird.

## **3.2 Korrelationen**

### **3.2.1 Korrelation der Sauerstoffsättigung mit dem Apgarwert**

Abgesehen von einer leichten Verzögerung beim ersten Messzeitpunkt wurde ansonsten zeitgleich mit der Vergabe der Apgarwerte jeweils die Sauerstoffsättigung bei den Neugeborenen gemessen. Auch hier wurde wieder das Kollektiv der reifen und unbehandelten Neugeborenen (n=164) betrachtet. In den meisten Fällen wurde der Apgar durch die betreuende Hebamme oder bei Anwesenheit durch den

Neonatologen vergeben. Bei allen Neugeborenen wurde der Apgar ordnungsgemäß dokumentiert, es fehlten keinerlei Angaben.

Zum Zeitpunkt eine Minute variierten die Werte von sechs bis zehn – der Apgarwert neun wurde hier mit 76,8% am häufigsten vergeben. Der Mittelwert lag bei 9,0, die Standardabweichung betrug 0,58.

Zu den Zeitpunkten fünf und zehn Minuten war ein Apgarwert von zehn am häufigsten, nämlich bei jeweils über 90% (90,9% und 97%), s. Tab. 2.

	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	$\Sigma$
<b>Apgar 1'</b>	1	3	12	126	22	164
<b>Apgar 5'</b>	0	0	0	15	149	164
<b>Apgar 10'</b>	0	0	0	5	159	164

**Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der einzelnen Apgarwerte beim Kollektiv der reifen, gesunden Neugeborenen (n= 164)**



### 3.2.1.1 Korrelation des ersten Messwerts mit dem ersten Apgarwert

Zunächst wurden lediglich Sauerstoffsättigungen betrachtet, die genau zum Zeitpunkt eine Minute nach der Geburt gemessen worden waren ( $n= 48$ ), die also zu genau dem Zeitpunkt vorlagen, als der erste Apgarwert vergeben wurde. Es wurde die Korrelation nach Pearson errechnet, die einen Wert von 0,008 betrug. Es ergab sich hierbei keine signifikante Korrelation (die 2-seitige Signifikanz betrug 0,923). Auch die Korrelation aller Erstwerte mit dem ersten Apgar, also auch jene Werte der Sauerstoffsättigung, die nicht genau zum Zeitpunkt einer Minute gemessen worden waren, war nicht signifikant. (Die Korrelation nach Pearson betrug -0,096, die zweiseitige Signifikanz 0,517).

### 3.2.1.2 Korrelation der Sauerstoffsättigung zum Zeitpunkt „fünf Minuten“ mit dem zweiten Apgarwert

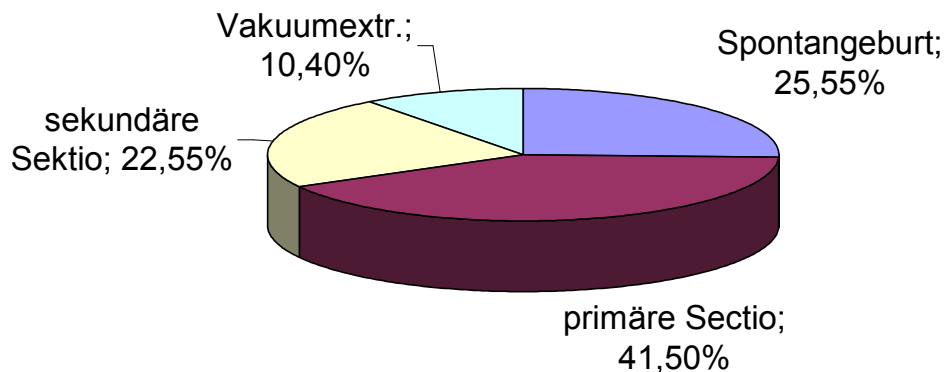
Da zum Zeitpunkt „fünf Minuten“ lediglich die Apgarwerte neun und zehn vergeben worden waren, wurde zusätzlich zur Korrelation der Mittelwertsunterschied berechnet. Dies bedeutet, die Sättigungswerte in dieser Messzeitpunktgruppe wurden aufgeteilt (Apgarscore neun oder Apgarscore von zehn) und miteinander verglichen, es ergab sich jedoch in beiden Fällen kein signifikanter Unterschied für die Sauerstoffsättigung.

### 3.2.1.3 Korrelation der Sauerstoffsättigung zum Zeitpunkt „zehn Minuten“ mit dem dritten Apgarwert

Auch zum Zeitpunkt „zehn Minuten“ wurden in der Gruppe der reifen und gesunden Neugeborenen lediglich die Apgarwerte neun und zehn vergeben. Auch hier wurde zusätzlich der Mittelwertsunterschied berechnet und auch hier fand sich kein Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und dem Apgarwert.

### 3.2.2 Korrelation der Sauerstoffsättigung mit dem Geburtsmodus

In diese Arbeit gingen Daten von Neugeborenen ein, die durch unterschiedliche Geburtsmodi geboren worden sind: Spontane vaginale Geburten, primäre und sekundäre Sectiones, sowie Vakuumextraktionen. Die Verteilung der Geburtsmodi geht aus der Graphik E hervor:



**Graphik E: Verteilung der einzelnen Geburtsmodi (n=164)**

Es ergaben sich signifikante Unterschiede der Mittelwerte Sauerstoffsättigung zwischen den einzelnen Geburtsmodi. Zum Zeitpunkt der Erstablesung lag der Unterschied bei  $p=0,009^{**}$  zwischen allen vier Geburtsmodi und war damit hochsignifikant. Im weiteren Verlauf ergaben sich folgende Werte: Zum Messzeitpunkt zwei Minuten betrug  $p=0,002$ . Es lag somit für diesen Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen allen vier Geburtsmodi vor. Auch zum Zeitpunkt fünf Minuten bestand mit  $p=0,014$  ein signifikanter Unterschied zwischen den Modi. Der signifikante Gruppenunterschied lag mit  $p=0,045$  auch zum Zeitpunkt zehn Minuten vor.

Post-hoc: Paralleltests:

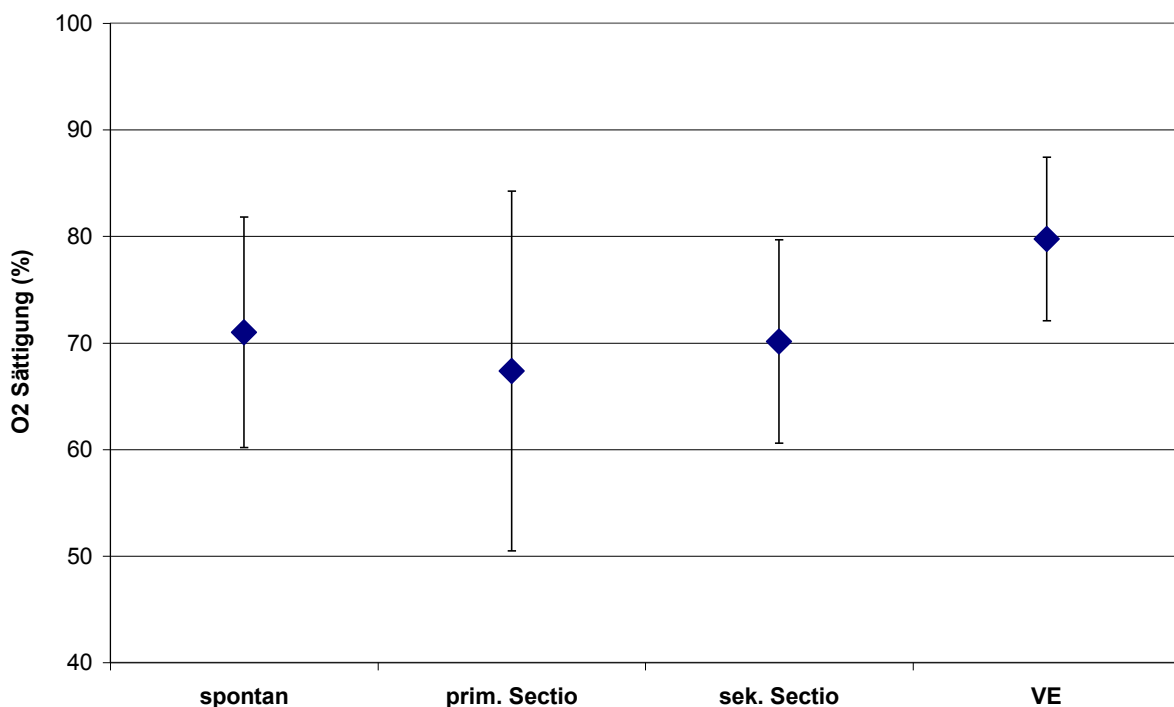
Um zu ermitteln wo, also zwischen welchen Geburtsmodi diese Unterschiede der Sauerstoffsättigung genau liegen, wurden auch hier wieder sechs Paralleltests durchgeführt. Deshalb wurde das Signifikanzniveau für die Irrtumswahrscheinlichkeit von Gruppenunterschieden auf  $p=0,008$  gesenkt (Bonferroni-adjustiertes Signifikanzniveau bei sechs Paralleltests).

### Zeitpunkt der Erstablesung:

Zum Zeitpunkt der Erstablesung liegt die Sauerstoffsättigung bei den Neugeborenen, die durch Vakuumextraktion zur Welt gekommen waren, signifikant höher als bei allen anderen Neugeborenen. Der erste Messwert betrug im Mittel 79,8%, zum Zeitpunkt zwei Minuten 83,3%, nach fünf Minuten 87,9% und nach zehn Minuten 95,2%.

Es ergab sich hier ein Signifikanzniveau von  $p=0,001$  zwischen Vakuumextraktionen und Spontangeburt. Auch zwischen Vakuumextraktionen und primären Sectiones bestand ein Unterschied von  $p<0,001$  sowie zwischen Vakuumextraktionen und sekundären Sectiones von  $p=0,001$ .

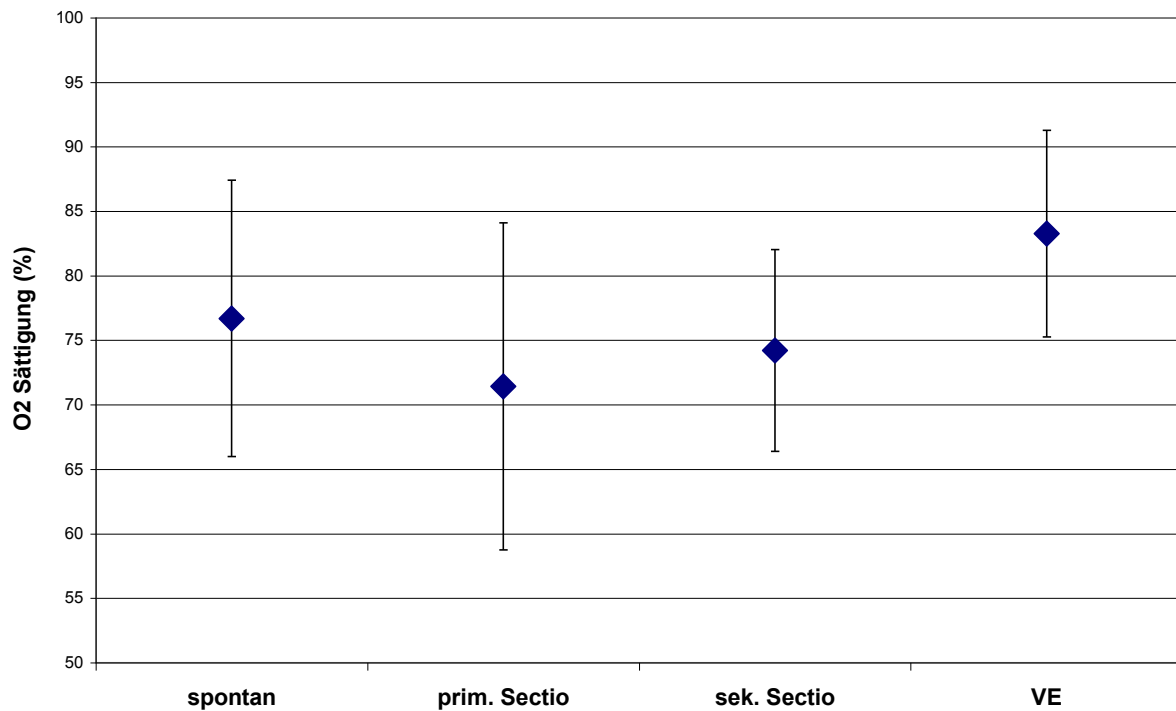
Die Werte zwischen den Spontangeburt unterscheiden sich nicht signifikant von denen der primären Sectiones ( $p= 0,174$ ) und auch nicht denen der sekundären Sectiones ( $p= 0,711$ ). Primäre und sekundäre Sectiones unterschieden sich mit  $p=0,286$  ebenfalls nicht signifikant voneinander (Graphik F).



**Graphik F: Zusammenhang Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, Zeitpunkt der Erstablesung, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung**

### Zwei Minuten:

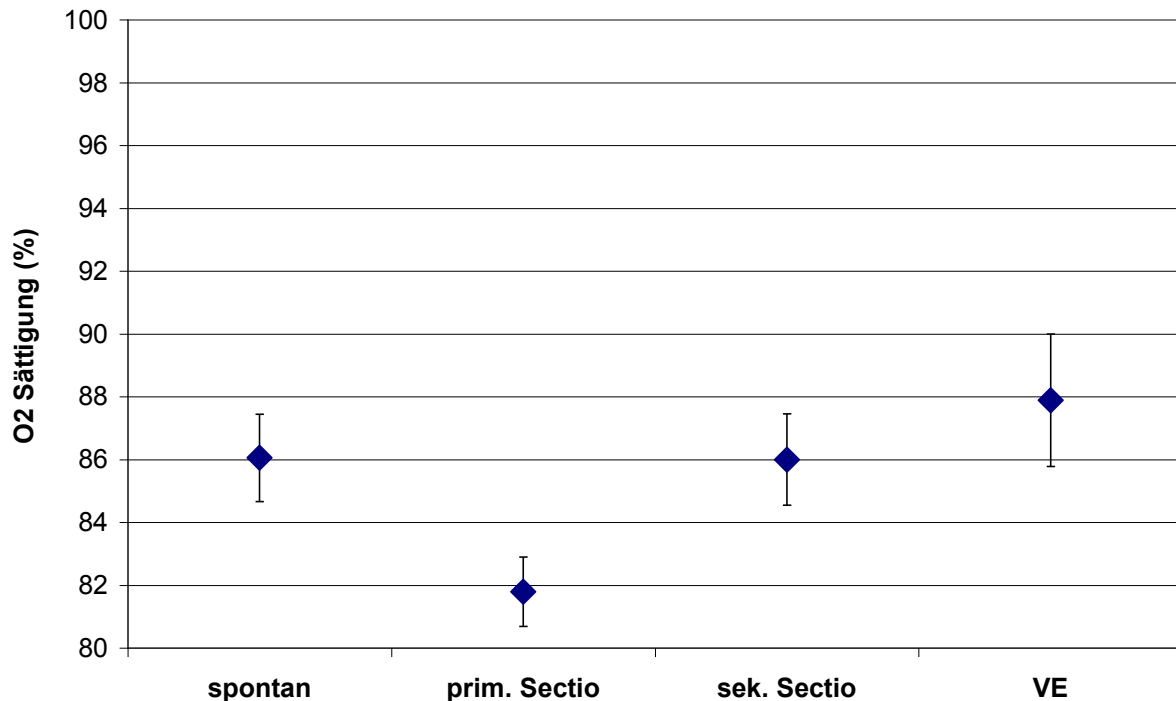
Zum Zeitpunkt „zwei Minuten“ unterscheiden sich in den post-hoc durchgeführten Paralleltests sowohl die Werte der primären, als auch der sekundären Sectiones signifikant von denen bei Vakuumextraktionen gemessenen ( $p < 0,001$  und  $p = 0,001$ ). Bei den restlichen Gegenüberstellungen fanden sich keine signifikanten Unterschiede (Graphik G).



**Graphik G: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach zwei Minuten, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung**

### Fünf Minuten:

Nach fünf Minuten gab es keine signifikanten Unterschiede der Sauerstoffsättigung zwischen den vier Gruppen, jedoch war ein „Trend“ zu niedrigen Werten der SaO<sub>2</sub> bei primären Sectiones zu erkennen. Auch hier liegt der Mittelwert für die Gruppe der Vakuumextraktionen am höchsten (Graphik H).

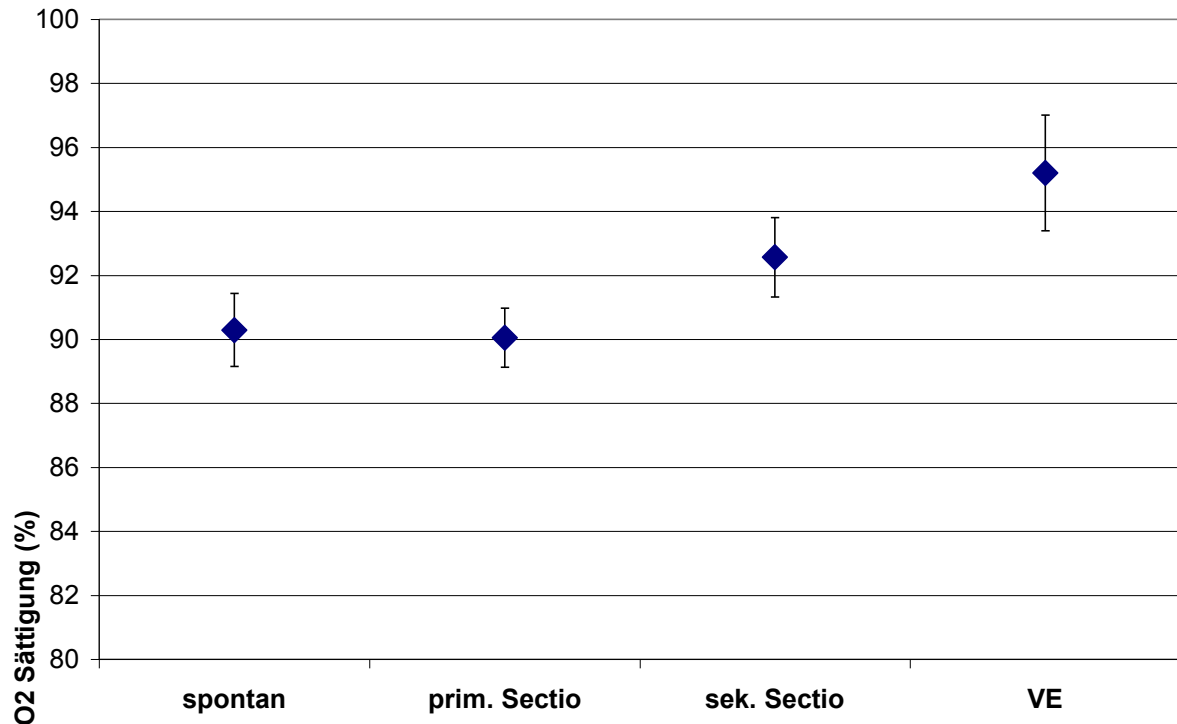


**Graphik H: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach fünf Minuten, Mittelwerte +/- 1Standardabweichung**

### Zehn Minuten:

Bei der Messung nach zehn Minuten finden sich wieder signifikante Unterschiede in der Höhe der Sauerstoffsättigung: Die erhöhten Werte bei den Neugeborenen, die durch Vakuumextraktion zur Welt kamen unterscheiden sich sowohl von denen der Spontangeborenen ( $p=0,005$ ) als auch von denen der sekundären Sectiones ( $p=0,001$ ) (Graphik J).

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass das Signifikanzniveau auf  $p=0,008$  reduziert wurde (Bonferroni-Adjustierung), mit dem Risiko, dennoch bestehende signifikante Unterschiede im Paarvergleich nicht beschreiben zu können.



**Graphik J: Zusammenhang Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach zehn Minuten, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung**

Zusammenfassend fällt bei allen Messungen auf, dass die Sauerstoffsättigung bei durch Vakuumextraktion geborenen Kindern in den ersten zehn Minuten signifikant höher lag als bei den restlichen drei Gruppen.

Zusätzlich ist aus den obigen Diagrammen ersichtlich, dass die Sauerstoffsättigung bei primären Sectiones zu allen Messzeitpunkten verglichen mit den anderen Geburtsmodi am niedrigsten lag. Allerdings war der Unterschied in den Paralleltests nicht signifikant.

### 3.2.3 Korrelation der Sauerstoffsättigung mit diversen anderen perinatalen Variablen

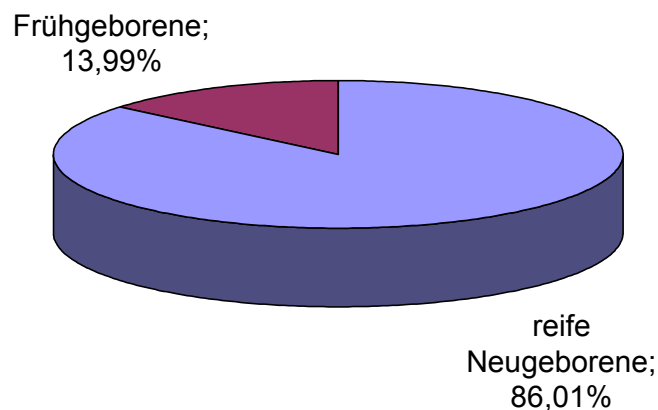
Im Rahmen dieser Arbeit wurde zusätzlich untersucht, ob neben dem Apgar und dem Geburtsmodus möglicherweise diverse perinatalen Variablen mit der Sauerstoffsättigung korrelieren.

Die statistische Analyse jedoch ergab keinen Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und der Körperlänge, dem Geburtsgewicht oder der Herzfrequenz.

Auch zwischen der Sauerstoffsättigung und ausgewählten Werten aus den Blutgasanalysen (nämlich Nabel-pH und Basenüberschuss) ergab sich kein signifikanter Zusammenhang.

### 3.3 Vergleich der Sauerstoffsättigung bei reifen, gesunden Neugeborenen mit der Frühgeborener

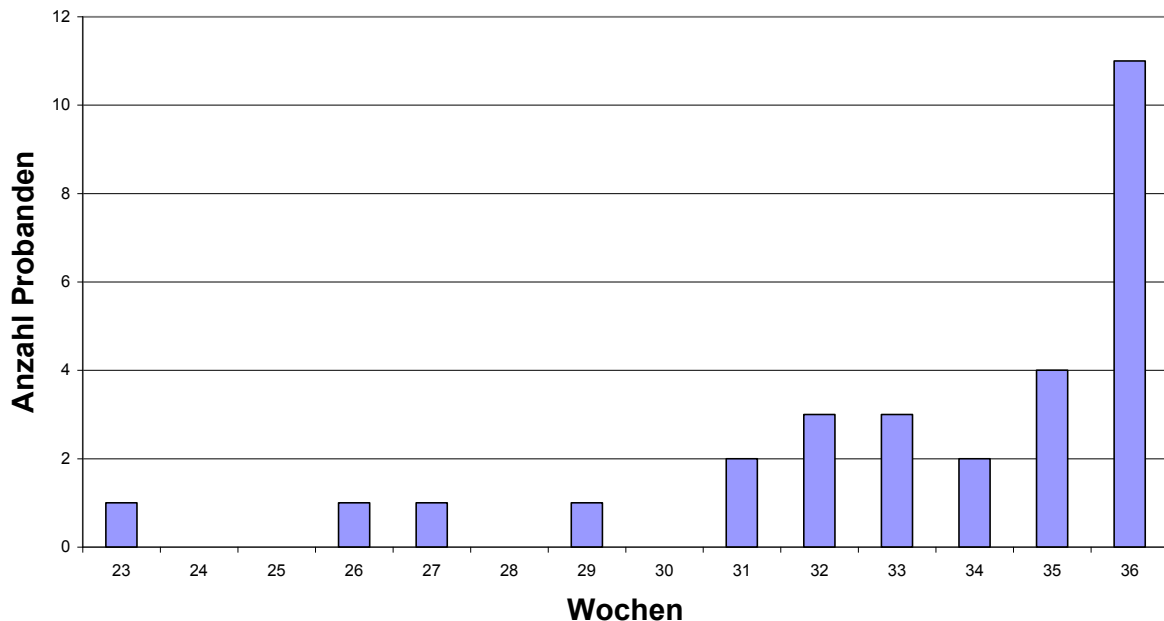
Im zweiten Teil dieser Arbeit wurde die Sauerstoffsättigung in der Gruppe der Frühgeborenen (n= 34) näher untersucht und mit den Werten der reifen und gesunden Neugeborenen verglichen. Auch hier wurden für die Vergleiche erneut t-Tests durchgeführt. Als Frühgeborene zählten definitionsgemäß alle Neugeborenen, die vor Vollendung der 37. Schwangerschaftswoche geboren wurden, die Verteilung ist in Graphik K dargestellt.



#### **Graphik K: Anteil reifer Neugeborener versus Frühgeborene (n=243)**

Die folgende Tabelle 3 bildet das Gestationsalter aller Frühgeborenen ab, deren Werte der Sauerstoffsättigung in die vorliegende Arbeit eingingen.

### Gestationsalter der Probanden



**Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung des Gestationsalters von Messungen bei Frühgeborenen**

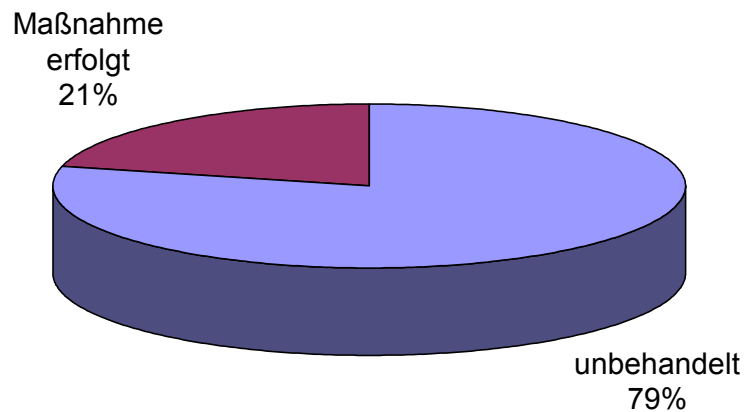
Bei 53% (n=18) der Frühgeborenen wurden die Messwerte nach zwei Minuten dokumentiert, nach fünf Minuten bei 100% (n=34), zum Zeitpunkt zehn Minuten bei 91% (n=31). Es gab ein sehr kleines Kollektiv unter den Frühgeborenen (n=6), bei dem initial keine therapeutischen Maßnahmen durchgeführt wurden. Bei 82% der Frühgeborenen kamen im Rahmen der Erstversorgung folgende therapeutische Maßnahmen zum Einsatz (Tab.4):

Maßnahme	Häufigkeit
Absaugen	79,4%
CPAP	64,7%
O2-Gabe	58,9%
Blutentnahme/ Zugang	23,5%
Maskenbeatmung	20,6%
Herzdruckmassage	0%
Adrenalin	0%
Volumengabe	0%
Pufferung	0%

**Tabelle 4: Auflistung von Behandlungsmaßnahmen bei Frühgeborenen in %**



Auch unter den reifen Neugeborenen gab es eine Gruppe von Probanden, die initial behandelt werden mussten (21%).



### **Graphik L: Reife Neugeborene (n=243)**

Es ergaben sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede bei den Werten der Sauerstoffsättigung zwischen reifen Neugeborenen und Frühgeborenen.

### **3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Zusammengefasst erbrachte die vorliegende Arbeit folgende Ergebnisse:

1. Initial ergaben sich bei der Messung der arteriellen, postduktalen Sauerstoffsättigung niedrige Werte, der Median lag bei rund 70%.
2. Es fand sich ein hochsignifikanter Anstieg der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Minuten nach der Geburt bei den untersuchten reifen, termingerecht geborenen Neugeborenen. Nicht nur die zum erstmöglich gemessenen Zeitpunkt ermittelten Werte lagen signifikant unter den Messwerten zum Zeitpunkt fünf und zehn Minuten, sondern es bestand ein hochsignifikanter Anstieg ( $p < 0,001$ ) über die gesamte Zeit sowie zwischen allen Zeitpunkten.

3. Da die erhobenen Werte der Sauerstoffsättigung rechtsslastig waren, d. h. im Sinne einer Gauß'schen Kurve nicht normal verteilt waren, wurden Perzentile definiert, um daraus Normwerte ableiten zu können. Diese zeigten, dass die Sauerstoffsättigung initial im Median bei Werten um die 70% lag und in der untersuchten Zeitspanne von zehn Minuten auf Werte über 90% anstieg. Der Median zum Zeitpunkt zehn Minuten lag bei 92%.
4. Es bestand keine Korrelation zwischen den gemessenen Werten der Sauerstoffsättigung und den Apgar-Werten.
5. Bezogen auf unterschiedliche Geburtsmodi fanden sich signifikant höhere Werte bei den Kindern, die durch Vakuumextraktion geboren worden waren. Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede der Sauerstoffsättigung bei spontan geborenen Kindern gegenüber den per Kaiserschnitt geborenen.
6. Es bestand keine Korrelation der Sauerstoffsättigung mit dem Nabel-pH, dem Base-Excess, der Körpergröße oder dem Geburtsgewicht.
7. Beim Vergleich der Sauerstoffsättigung gesunder reifer Neugeborener und Frühgeborener sowie behandlungsbedürftigen reifen Neugeborenen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

## 4. Diskussion

### 4.1 Repräsentativität

Das Perinatalzentrum in Hamburg-Altona ist mit über 2.500 Geburten pro Jahr eine der größten Geburtskliniken Deutschlands, in der Schwangere aus ganz Norddeutschland entbinden.

Jährlich werden im Durchschnitt ca. 400 Früh- und Neugeborene neonatologisch betreut und behandelt, davon handelt es sich bei ca. 90-100 Kindern um Frühgeborene mit einem Geburtsgewicht von < 1.500g (Perinatalzentrum Altona, Kreißsaalstatistik 2006 und 2007).

Zwar handelt es sich beim Perinatalzentrum Altona um eine Klinik der Maximalversorgung, die auf die Versorgung Frühgeborener, kranker Neugeborener, sowie auf Mehrlingsgeburten spezialisiert ist, dennoch findet – wie auch in anderen Zentren – die überwiegende Zahl der Geburten auch hier am Termin statt.

Prozentual liegt die Rate der Frühgeborenen im Vergleich zur Normalbevölkerung im Perinatalzentrum höher, aufgrund der definitionsbedingten Beschränkung dieser Arbeit auf reife Neugeborene besteht für die Hauptfragestellung jedoch Repräsentativität.

### 4.2 Methodische Kritik

#### 4.2.1 Selektive Messungen

Die Planung, bei allen Neugeborenen sofort nach der Geburt die arterielle Sauerstoffsättigung zu messen, erwies sich unter den Bedingungen des klinischen Alltags als nicht durchführbar. Dies hatte vor allem Praktikabilitätsgründe: Spontangeburt am Termin werden lediglich von einer Hebamme betreut, für die es während des Geburtsvorganges (inkl. Nachgeburt und Versorgung der Mutter) sehr schwer war, die Messungen zeitgerecht durchzuführen. Für künftige Studien würden vermutlich Pulsoximeter mit automatischer Speicherung der Werte zu bestimmten Zeitpunkten die Praktikabilität verbessern.

Auch der Zeitfaktor im klinischen Alltag beeinflusste die Selektivität der Messungen. Oft war es nicht möglich, vor Geburtsbeginn die Einwilligung der Eltern zur Teilnahme an dieser Studie zu erhalten, somit konnten hier keine Messungen durchgeführt werden.

So erklärt sich letztlich, weshalb die tatsächliche Fallzahl dieser Studie sowohl weit unter der angestrebten, als auch unter der durchschnittlichen jährlichen Geburtenrate des Perinatalzentrums Altona lag, obwohl die Messungen über einen verhältnismäßig langen Zeitraum von 21 Monaten durchgeführt wurden.

Betrachtet man die Kreißsaalstatistik für den Messzeitraum dieser Arbeit, wird deutlich, bei wie vielen Neugeborenen keine Messungen stattgefunden haben. Hierin liegt insgesamt ein Problempunkt der vorliegenden Arbeit.

In dem nachfolgenden Auszug der Kreißsaalstatistik aus den Jahren 2005 und 2006 findet sich die tatsächliche Geburtenrate für den Großteil des Messzeitraumes dieser Arbeit (Tab. 5).

<b>Geburten</b> (01.01.2005 bis 31.12.2005)		
Einlingsgeburten: 2495	sonst. Mehrlingsgeburten:0	<u>Kinder insgesamt:2675</u>
Zwillingsgeburten: 87	Geburten insgesamt: 2584	
Drillingsgeburten: 2		
<b>Geburten</b> (01.01.2006 bis 31.12.2006)		
Einlingsgeburten: 2516	sonst. Mehrlingsgeburten:0	<u>Kinder insgesamt:2686</u>
Zwillingsgeburten: 82	Geburten insgesamt: 2600	
Drillingsgeburten: 2		

**Tabelle 5: Anzahl der Geburten (Auszug Kreißsaalstatistik Perinatalzentrum Altona 2005 und 2006)**

Der Kritikpunkt selektiver Messungen gilt nicht für das Kollektiv der untersuchten Frühgeborenen. Eigentlich würde man davon ausgehen, dass die Messung der Sauerstoffsättigung bei Frühgeborenen und auch bei behandlungsbedürftigen Neugeborenen besonders schwierig war. Da aber bei diesen Kindern, die initial neonatologisch betreut wurden, die Sättigung regelhaft gemessen wurde, war hier die drop-out-Rate im Vergleich zu den reifen gesunden Neugeborenen gering.

Betrachtet man die Verteilung der Geburtsmodi in der vorliegenden Arbeit (vgl. Graphik E auf Seite 26) fällt die hohe Sectiorate auf. Einer der Gründe, weshalb bei operativen Entbindungen häufiger gemessen wurde, liegt an der höheren Anzahl involvierter Personen im Vergleich zu den o. g. Spontangeburt, die lediglich von einer einzigen Hebamme betreut wurden. Auch fand der Großteil der Sectiones

tagsüber statt, was im klinischen Alltag bedeutet, dass auch hier im Vergleich zur Nacht mehr Personal zur Verfügung stand.

Auch wenn operative Entbindungen zahlenmäßig weit überrepräsentiert waren, ist auch für die Gruppe von Spontangeburt Repräsentativität anzunehmen, da es sich um „zufällige Teilmengen“ handelt.

Ein weiterer Problempunkt dieser Arbeit liegt darin, dass die messenden Personen oft auch in die Versorgung des Neugeborenen involviert waren. Das bedeutet einerseits, dass in den meisten Fällen das Neugeborene zunächst versorgt wurde, bevor mit den Messungen begonnen wurde, was im Einzelfall zu einem verzögerten Messbeginn geführt haben könnte.

Andererseits ist es nicht auszuschließen, dass die angezeigten Werte der Sauerstoffsättigung die Versorgung der Neugeborenen dahingehend beeinflusst haben, dass beispielsweise bei vermeintlich niedrigen Werten von den betreuenden Personen schneller zu Sauerstoffmaske oder -beutel gegriffen wurde.

Zudem bestand die Möglichkeit, dass die permanent angezeigten Werte der Sauerstoffsättigung bei der Vergabe der Apgarwerte eine Rolle gespielt haben, besonders zu den Zeitpunkten fünf und zehn Minuten. Es war denkbar, dass hier „zu niedrig“ erscheinende Messwerte die versorgenden Personen zur Vergabe eines geringeren Apgar tendieren ließen. Um dem vorzubeugen, hatten vorab Schulungen des Personals stattgefunden.

#### 4.2.2 Fehler durch die Pulsoximeter:

Eine weitere mögliche Fehlerquelle stellten die zur Messung der Sauerstoffsättigung verwendeten Pulsoximeter dar. Obwohl Pulsoximeter im klinischen Alltag schon lange etabliert sind, gibt es zahlreiche Faktoren, die Einfluss auf die Qualität der Messwerte haben können, nur unter bestimmten Voraussetzungen liefert diese Messmethode verlässliche Werte.

Voraussetzung für den Erhalt korrekter Messwerte ist einerseits die korrekte Anbringung des Sensors, im Idealfall auf trockener, gut durchbluteter Haut. Dies spielte in der vorliegenden Arbeit eine große Rolle, da die Füße von Neugeborenen oft mehr oder weniger stark mit Blut und Käseschmiere verschmiert waren. Oft blieben auch dann noch Reste, wenn die Füße im Rahmen der Erstversorgung abgetrocknet worden waren.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass sich etwa eine uneinheitliche Handhabung der Geräte auf die Messwerte ausgewirkt haben könnte. *O'Donnell et al* wiesen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Messdaten schneller und verlässlicher erhoben werden können, wenn der Sättigungsabnehmer am Neugeborenen befestigt wird, bevor er mit dem Pulsoximeter verbunden und dieses eingeschaltet wird (O'Donnell et al. 2005). Zwar wurde zu Beginn dieser Studie eine umfassende Einweisung in die Handhabung der Geräte durchgeführt und innerhalb der ersten Wochen wiederholt, um die Wahrscheinlichkeit uneinheitlicher Messungen auf ein Minimum zu reduzieren. Dennoch ist es nicht vollkommen auszuschließen, dass in der vorliegenden Untersuchung in einigen Fällen die Pulsoximeter schon vor der Befestigung der OXIMAX-Sensoren eingeschaltet wurden.

Andererseits gibt es auch trotz einer korrekten Handhabung der Geräte noch viele Faktoren, die Einfluss auf die Messungen nehmen können. Hierzu zählen Bewegungsartefakte ebenso wie Minderperfusion, Hypovolämie, Unterkühlung oder dunkle Pigmentierung der Haut.

Auch Umgebungslicht kann zu inkorrekten Messwerten der Sauerstoffsättigung führen. Diese Tatsache ist besonders vor dem Hintergrund der (Wärme)-Lampen, unter denen die Erstversorgung der Neugeborenen stattfand, von Bedeutung. Um durch Umgebungslicht verfälschte Messwerte zu vermeiden, wurde der am Fuß klebende Sensor jeweils mit selbstklebendem Verband umwickelt.

Des Weiteren muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die verwendeten Geräte der Firma NELLCOR bei Messungen höherer Sauerstoffsättigungen mit einem geringeren Fehler messen, als in Bereichen niedriger Sättigung. Dieses Phänomen findet sich auch bei Geräten anderer Hersteller. Insgesamt jedoch haben die hier verwendeten Geräte insbesondere aufgrund ihrer Größe, Tragbarkeit und ihrer einfachen Bedienung einen großen Praktikabilitätswert, weshalb sie für diese Studie mit einer relativ hohen Zahl von Anwendern verwendet wurden.

### 4.3 Zusammenfassung der gängigen Fachliteratur

Vor der Diskussion der Einzelergebnisse der vorliegenden Arbeit soll an dieser Stelle eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Literatur zum Thema gegeben werden.

#### 4.3.1 Arbeiten zur Sauerstoffsättigung beim Neugeborenen

In der Fachliteratur finden sich einige Arbeiten zum Thema „Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen“, jedoch liegt der Schwerpunkt meist nicht auf den ersten Lebensminuten oder aber die Studien wurden unter besonderen Ausgangsbedingungen durchgeführt, wie zum Beispiel die von *Bakr und Habib* (2005), *Gonzales und Salirrosas* (2005) oder *Salas* (2008), die jeweils Aspekte der geographischen Höhenlage in ihre Fragestellungen eingeschlossen haben. *Hammerman und Kaplan* interessierten sich besonders für die Sauerstoffsättigung reifer, gesunder Neugeborener während des Fütterns und kurze Zeit danach (Hammermann und Kaplan 1995). Untersucht wurden insgesamt 21 Neugeborene, von denen 11 gestillt und zehn mittels Flasche gefüttert wurden. In beiden Gruppen wurden nach dem Füttern signifikant niedrigere Werte gemessen als während des Trinkens. In der Untergruppe der gestillten Kinder ergaben sich beispielsweise mediane Werte von  $96 \pm 2\%$  während des Fütterns und  $93 \pm 2\%$  danach. *Poets et al.* (1992) betrachteten u. a. Neugeborene bei Entlassung aus dem Krankenhaus und 6 Wochen später. In einer der zahlreichen weiteren Studien dieser Autoren, die sich mit der arteriellen Sauerstoffsättigung auseinandersetzen, standen die ersten vier Wochen nach der Geburt im Mittelpunkt (Poets et al. 1996). Hier kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass sich die Sauerstoffsättigung bei gesunden, reifen Neugeborenen innerhalb der ersten vier Wochen kaum von der älterer Säuglinge unterscheidet. In der ersten Woche lag der Median bei 97.6%, in Woche 2-4 bei 98%. In einer 1999 veröffentlichten Arbeit wurde der Zeitraum der ersten sechs Stunden nach der Geburt näher betrachtet (Reddy et al. 1999), eine erste Messung fand jedoch erst 20 Minuten postnatal statt. Die Sättigung betrug größtenteils  $>96\%$ . *Levesque et al.* (2000) dokumentierten in einer im Jahre 2000 erschienenen Studie die Sauerstoffsättigung bei Aufnahme auf die Wochenstation, nach 24 Stunden und bei Entlassung. Insgesamt wurden hier 718 Neugeborene untersucht, bei denen die Sauerstoffsättigung mittels Pulsoximeter am rechten Fuß, sowie an der rechten Hand

zu den drei oben genannten Zeitpunkten gemessen wurde. Benötigten die Neugeborenen zusätzlichen Sauerstoff, wurden sie von der Studie ausgeschlossen. Die mittlere Sauerstoffsättigung betrug 97.2% +/- 1.6 %, der Median lag bei 97%. Die pulsoximetrisch gemessene Sauerstoffsättigung stieg innerhalb der ersten 24h um 0.17% an ( $p=0.0001$ ), des Weiteren hatte die Aktivität der Kinder signifikanten Einfluss auf die Höhe der Werte. Es ergaben sich niedrigere Werte bei aktiven oder weinenden Neugeborenen im Vergleich zu Schlafenden.

Im selben Jahr erschien eine Studie, deren Ziel die Erarbeitung von Normwerten für die ersten 24 Lebensstunden war (O'Brien et al. 2000). Untersucht wurden 90 reife Neugeborene. Man kam zu dem Ergebnis, dass die Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten 20 Lebensstunden relativ stabil sei (im Median 98,3%), jedoch zwischen der 20. und 24. Lebensstunde signifikant niedriger liege ( $p<0.03$ ).

Dieser Auswahl an Arbeiten ist, wie oben bereits erwähnt, gemein, dass sie keine Aussagen zu den ersten Lebensminuten enthalten.

#### 4.3.2 Arbeiten zur Sauerstoffsättigung bei Frühgeborenen

In der Literatur finden sich zusätzlich einige wenige Arbeiten zur Sauerstoffsättigung bei Frühgeborenen, wobei auch hier erneut das Hauptaugenmerk nicht auf den ersten Minuten nach der Geburt lag, zum Beispiel in die Arbeit von *Richard et al.* (1993), in der bei 55 Frühgeborenen innerhalb der ersten Lebenswoche 12-stündige Messungen mit Pulsoximetern durchgeführt wurden. Die Sättigung betrug >95-97%, jedoch empfahlen die Autoren, bei Frühgeborenen mit Sauerstoffbedarf Werte um maximal 95% anzustreben, um so das Risiko einer Frühgeborenen-Retinopathie zu verringern.

Eine weitere Arbeit, die sich explizit mit der Sauerstoffsättigung bei Frühgeborenen befasst, ist die von *Ng et al.* (1998). Hier wurde bei 33 Frühgeborenen für vier Stunden mittels Pulsoximetrie die arterielle Sauerstoffsättigung gemessen, ebenfalls - wie auch bei *Richard et al.* - mit dem Ziel, Normwerte zu gewinnen.

*Hagadorn et al* untersuchten in der im Jahr 2006 veröffentlichten prospektiven multizentrischen „AVIOx“- Studie die Sauerstoffsättigung bei Frühgeborenen (<28 SSW) innerhalb der ersten vier Wochen nach der Geburt und verglichen u. a. den Umgang mit der Sauerstoffsättigung in den verschiedenen an der Studie beteiligten Zentren miteinander. In jeder der ersten vier Wochen wurde über einen Zeitraum von 72 Stunden bei 84 Frühgeborenen die Sauerstoffsättigung gemessen. Insgesamt



nahmen 14 Zentren an der Studie teil, die internen unteren Sättigungsgrenzen betragen zwischen 83% und 92%, die oberen zwischen 92% und 98%. Als Hauptergebnis dieser Arbeit konnte neben der unterschiedlichen Höhe der angestrebten Sauerstoffsättigung auch aufgezeigt werden, wie weit die Sauerstoffsättigung letztlich vom angestrebten Zielbereich abwich. In 16-64 % der Zeit lagen die gemessenen Werte im Zielbereich aber in 20-73% höher (Hagadorn et al. 2006).

#### 4.3.3 Arbeiten zur Sauerstoffsättigung in den ersten Lebensminuten

Weitaus weniger gut untersucht ist die Sauerstoffsättigung im Zeitraum der ersten Minuten nach der Geburt.

Eine der frühesten Arbeiten, die sich mit dieser Fragestellung beschäftigt, stammt aus dem Jahr 1986 und wurde von einer Forschungsgruppe aus Baltimore veröffentlicht (Harris et al. 1986). Die Autoren hatten sich die Erarbeitung von Normwerten zum Ziel gesetzt: Es wurde bei 76 reifen Neugeborenen direkt nach der Geburt mittels Pulsoximetrie die Sättigung zunächst alle 30 Sekunden, nach vier Minuten dann alle 60 Sekunden gemessen. Die Untersuchungsgruppe bestand aus vaginal entbundenen Neugeborenen ( $n = 32$ ), die Vergleichsgruppe ( $n = 44$ ), wurde von durch Kaiserschnitt zur Welt gekommenen Neugeborenen gebildet. Allen Müttern wurde vor der Geburt über eine Maske Sauerstoff verabreicht, die Kinder erhielten postnatal jedoch keinen Sauerstoff. Im Mittel lagen die Werte nach einer Minute in der Untersuchungsgruppe 1 bei  $61\% \pm 5\%$ , nach sieben Minuten bei  $82\% \pm 2\%$ . In der Vergleichsgruppe lagen die Werte bei  $46\% \pm 3\%$  nach einer und bei  $82\% \pm 1\%$  nach sieben Minuten. In den ersten fünf Minuten war die arterielle Sauerstoffsättigung bei den auf natürlichem Wege zur Welt gekommenen Neugeborenen signifikant höher als bei denen, die per Sectio geboren worden waren.

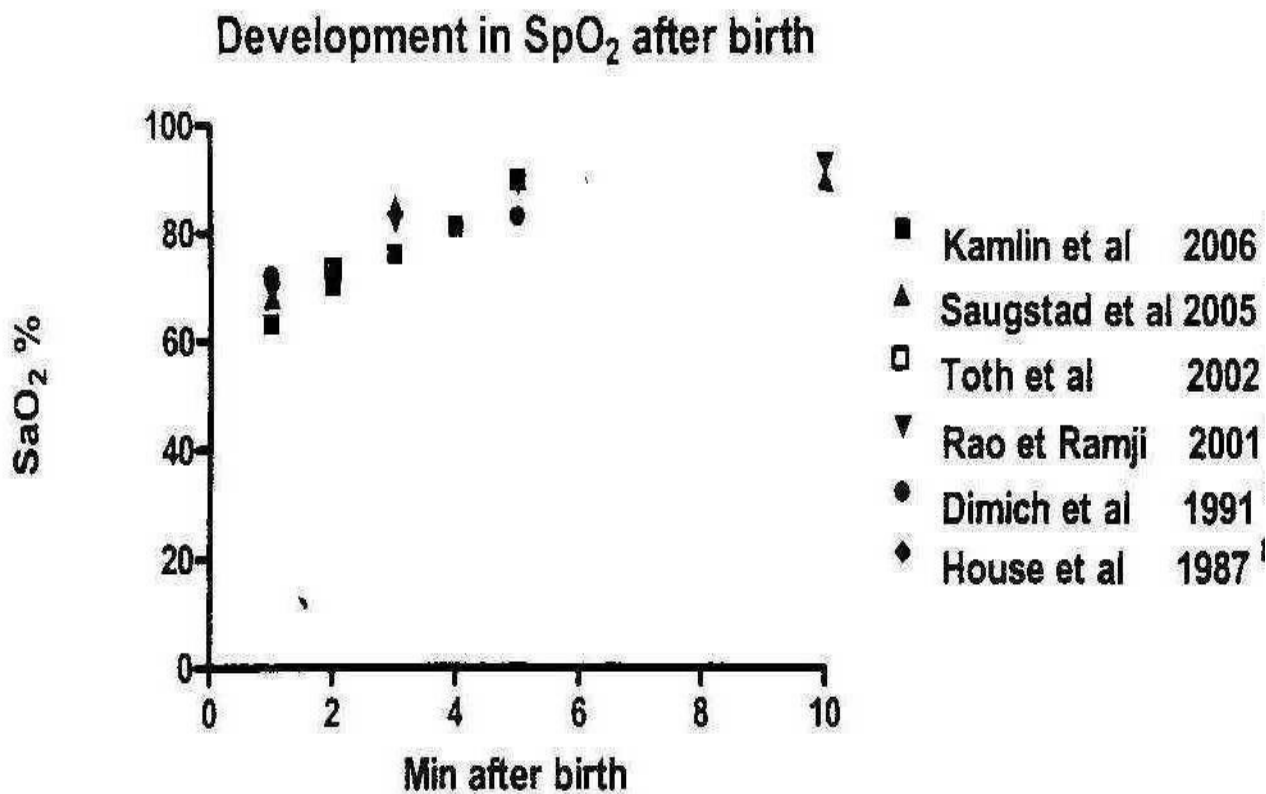
Auch *Toth et al.* (2002) haben die Sättigung bei 50 gesunden, vaginal entbundenen Kindern zwei Minuten nach der Geburt untersucht und erhielten mittlere Werte von 73% (44-95%) präduktal und 67% (34-93%) postduktal. Die Messungen wurden fortgeführt, bis eine Sättigung von 95% erreicht war. Dies war im Mittel nach 12 min (2-55 min) präduktal und nach 14 min (3-55 min) postduktal der Fall.

Zu den jüngeren Studien zum Thema Sauerstoffsättigung in den ersten Lebensminuten, die mittels Pulsoximetrie gemessen wurde, gehören die Arbeiten von *Kamlin et al.* (2006) und *Rabi et al.* (2006). Beide Forschergruppen verglichen ebenfalls vaginal entbundene Neugeborene mit Geburten durch Kaiserschnitt. Bei *Kamlin* wurden im Mittel nach fünf Minuten Werte über 90% gemessen, bei *Rabi* erst nach acht Minuten.

Beide Arbeiten bestätigen mit ihren Ergebnissen im Wesentlichen die Resultate von *Toth et al.*: Zum einen war der Verlauf der Sauerstoffsättigung in den ersten Lebensminuten ähnlich, zweitens lag auch hier bei vaginal entbundenen Kindern die Sättigung initial höher und der Anstieg der Werte erfolgte schneller als bei denjenigen, die durch elektive Kaiserschnitte zur Welt kamen.

Sowohl bei *Kamlin* als auch bei *Rabi* hatten termingerecht entbundene Neugeborene signifikant höhere Werte als Frühgeborene und erreichten schneller eine Sauerstoffsättigung von 90%.

Die folgende, 2006 veröffentlichte Graphik M fasst die Ergebnisse verschiedener Arbeiten zusammen, die sich mit der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten beschäftigen: Alle Studien belegen, dass es innerhalb der ersten Minuten nach der Geburt ausgehend von relativ niedrigen Werten zu einem signifikanten Sättigungsanstieg kommt.



**GRAFIK M:** Pulsoximetrisch gemessene mittlere/mediane Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten in verschiedenen zum Thema veröffentlichten Arbeiten (aus: Saugstad 2006)

2007 erschien im *Journal of Pediatrics* eine weitere Arbeit zum Thema. Im Rahmen einer prospektiven Kohortenstudie wurde hier sowohl die prä- als auch die postduktale Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten untersucht. Neben initial niedrigen Werten der Sauerstoffsättigung beschreiben die Autoren des Weiteren signifikante Unterschiede zwischen den prä- und postduktalen Messwerten innerhalb der ersten 15 Minuten. So lag beispielsweise zum Zeitpunkt fünf Minuten die präduktale Sauerstoffsättigung im Mittel bei 89%, die postduktale nur bei 81% (Mariani et al. 2007).

Auch in der jüngst zum Thema veröffentlichten Arbeit, in der 200 reife Neugeborene mit dem Ziel untersucht worden waren, Referenzwerte für die präduktale

Sauerstoffsättigung nach der Geburt zu ermitteln, bestätigen sich die oben beschriebenen Ergebnisse (Altuncu et al. 2008).

#### 4.4 Diskussion der Einzelergebnisse

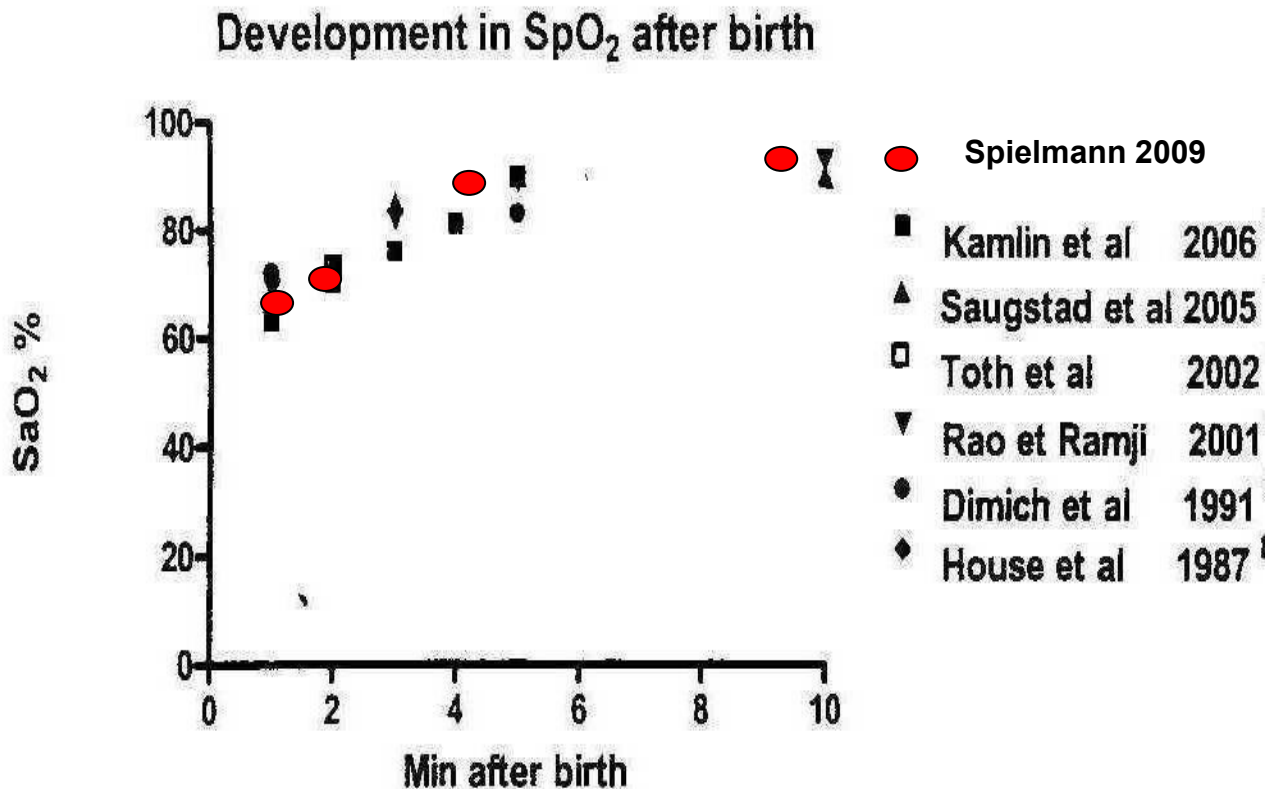
##### 4.4.1 Initial niedrige Werte der Sauerstoffsättigung

In dieser Arbeit wurden die Werte der Sauerstoffsättigung initial, also im Mittel 90 Sekunden nach der Geburt erstmalig registriert. Auch *O'Donnell* bestimmte Erstwerte der SaO<sub>2</sub> nach 90 Sekunden (*O'Donnell* 2005), *Kamlin* 2006 hingegen schon nach 60 Sekunden, was in unserer Arbeit unter klinischen Alltagsbedingungen nicht erreicht werden konnte.

Im Mittel lag auch in der vorliegenden Arbeit die erste Sauerstoffsättigung um die 70% (vgl. Graphik B). Auf den ersten Blick mag dies überraschend niedrig erscheinen: Jedoch liegen die initial gemessenen Werte in Höhe derer, die intrauterin beschrieben wurden (vgl. Nicolini et al. 1990). Betrachtet man nur die Sauerstoffbindungskurve, also die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Sauerstoffpartialdruck und der Sättigung, so liegt zunächst der Verdacht einer Sauerstoffmangelversorgung des Neugeborenen nahe. Trotzdem ist offenbar eine niedrige SaO<sub>2</sub> beim Neugeborenen in den ersten Minuten physiologisch, denn sie fand sich bei allen untersuchten Kindern, bei denen es sich ja um reife, gesunde Neugeborene handelte. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass die initiale SaO<sub>2</sub> noch überwiegend die intrauterine Situation einer physiologischen relativen Hypoxie repräsentiert.

Insgesamt gesehen waren erniedrigte Werte der Sauerstoffsättigung im Rahmen der ersten Messungen vor dem Hintergrund der pathophysiologischen Überlegungen, sowie der Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen wie z. B. *Kamlin et al.* (2006) zu erwarten. Die folgende Graphik N verdeutlicht graphisch sowohl die Höhe der in dieser Arbeit initial gemessenen Sauerstoffsättigung, als auch die der Vergleichsarbeiten. Es handelt sich hierbei um die Graphik N, die durch die Ergebnisse dieser Arbeit ergänzt wurde. Es wird deutlich, dass die Höhe der initialen Messwerte der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse der Vergleichsarbeiten bestätigt. Zu erwähnen ist allerdings, dass in den Vergleichsarbeiten teils die prä-, teils die postduktale Sauerstoffsättigung untersucht wurde, was aus der Graphik nicht eindeutig hervorgeht.

In dieser Arbeit wurde nur, wie zu Studienbeginn festgelegt, die postduktale Sauerstoffsättigung gemessen. Es ergibt sich hieraus eine teils eingeschränkte Vergleichbarkeit mit den anderen Arbeiten.



**Graphik N:** Pulsoximetrisch gemessene mittlere/mediane Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten in verschiedenen zum Thema veröffentlichten Arbeiten inklusive der Messwerte der vorliegenden Arbeit (aus Saugstad 2006, Adaption Spielmann 2009).

Auch wenn die ersten Messwerte der Sauerstoffsättigung im Einzelfall von den messenden Personen als sehr niedrig empfunden worden waren, zeigte sich durch die gute Spontanadaptation der Neugeborenen, dass es sich hierbei im Bezug auf die Höhe der Werte um Normalwerte handelte.

#### 4.4.2 Signifikanter Anstieg der Sauerstoffsättigung

Durch den hochsignifikanten Anstieg der Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten zehn Lebensminuten bestätigte sich die zu Beginn formulierte Hypothese.

Ein signifikanter Anstieg ist vor dem Hintergrund der postnatalen Adaptionsvorgänge zu erwarten. Das Neugeborene beginnt eigenständig zu atmen, es kommt zur

Entfaltung der Alveolen mit anschließendem Abfall des pulmonalen Widerstandes und das Neugeborene wird von der Nabelschnurperfusion getrennt. Durch die Lungenatmung kann das Hämoglobin des Neugeborenen jetzt direkt mit Sauerstoff beladen werden. Folglich steigt die Sättigung innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes deutlich an. In der vorliegenden Arbeit war nicht nur der Anstieg der Sauerstoffsättigung nach zehn Minuten mit  $p < 0,001$  hochsignifikant, auch der Anstieg zwischen den einzelnen Messzeitpunkten war jeweils hochsignifikant. Für das extrauterine Leben ist der physiologische Anstieg der SaO<sub>2</sub> notwendig, da mit der Geburt der Energie- und damit der Sauerstoffverbrauch ansteigt. Auch in den Vergleichsarbeiten konnte ein Anstieg der pulsoximetrisch gemessenen arteriellen Sauerstoffsättigung gezeigt werden (vgl. hierzu Graphik M und N).

#### 4.4.3 Normwerte der postduktalen Sauerstoffsättigung bei reifen Neugeborenen in den ersten zehn Lebensminuten

Bei Neugeborenen bedeutet eine initial erniedrigte Sauerstoffsättigung also zunächst keinen Interventionsbedarf, denn wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden konnte, stieg die Sättigung innerhalb der ersten zehn Minuten ohne zusätzliche Gabe von Sauerstoff auf Werte von über 90% an.

Damit bestätigten sich in dieser vorliegenden Untersuchung die Ergebnisse diverser zum gleichen Thema veröffentlichter Arbeiten wie beispielsweise die von *Toth et al.* (2002).

Nach Beginn der Messungen für die vorliegende Arbeit wurden weitere Studien veröffentlicht, die sich mit der gleichen Fragestellung befasst haben (z.B. *Rabi et al.* (2006), *Kamlin et al.* (2006), *Altuncu et al.* (2008)) und die zu ähnlichen Ergebnissen kamen, allerdings mit kleineren Stichproben arbeiteten. Die vorliegende Studie umfasst das größte untersuchte Kollektiv an reifen Neugeborenen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei Neugeborenen eine initial niedrige Sauerstoffsättigung als normal anzusehen ist. Im Rahmen der postnatalen Adaption steigen die Werte kontinuierlich an, so dass sie nach zehn Minuten in der Regel bereits über 90% liegen. Auch wenn dieser Anstieg insgesamt langsam erscheinen mag, handelt es sich hierbei doch um einen physiologischen Prozess, der ein Eingreifen im Sinne von zusätzlicher Sauerstoffapplikation unnötig und - wie zahlreiche Arbeiten belegen konnten - unter Umständen auch schädlich werden lässt.

#### 4.4.4 Korrelation zwischen der arteriellen Sauerstoffsättigung und den Apgar-Werten

In der vorliegenden Arbeit fand sich zu keinem der Zeitpunkte eine Korrelation zwischen der Sauerstoffsättigung und dem Apgarscore. Dies kann sicherlich zum Teil durch die Vergabehäufigkeit der einzelnen Apgarwerte erklärt werden. So war beispielsweise zu den Zeitpunkten fünf und zehn Minuten ein Apgar von zehn am häufigsten, nämlich bei jeweils über 90% (90,9% und 97%). Diese Tatsache ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass das untersuchte Kollektiv aus reifen, gesunden Neugeborenen bestand. Bei den verbleibenden Probanden, die nicht den maximal möglichen Punktwert von zehn erhalten hatten, war jeweils ein Score von neun vergeben worden, niedrigere Werte kamen nicht vor (sog. Deckeneffekt).

Der Begriff „Deckeneffekt“ wird in der Statistik verwendet um auszudrücken dass Veränderungen in den unabhängigen Variablen zu keinen Veränderung in den abhängigen Variablen führen bzw. dass das Messinstrument diese Veränderungen nicht mehr messen kann.

Diese insgesamt geringe Spannbreite der vergebenen Werte könnte die fehlende Korrelation als statistisches Artefakt erklären. Andererseits wurde zusätzlich der Mittelwertsunterschied der Sauerstoffsättigung zwischen beiden Score-Gruppen (Apgar 9 und Apgar 10) berechnet. Auch hierbei fand sich weder zum Zeitpunkt fünf Minuten noch nach zehn Minuten ein signifikanter Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Apgarwerten.

#### 4.4.5.Kritische Auseinandersetzung mit dem Apgarindex

Obwohl das Apgarschema seit langem zum akzeptierten Standard zur Beurteilung Neugeborener gehört, wird seine Aussagefähigkeit weiterhin kritisch hinterfragt. *O'Donnell et al* diskutierten in ihrer Arbeit die Schwächen des Apgarwertes zum Zeitpunkt fünf Minuten und kritisierten die Tatsache, dass die Vergabe der Werte oft ein sehr subjektives Geschehen sei (*O'Donnell, 2006*). *Singh et al.* argumentierten, dass der Apgarwert oft durch therapeutische Interventionsmaßnahmen beeinflusst sei (*Singh et al. 2007*).

Casey hingegen postulierte, dass der Score auch heute noch ebenso relevant wie bei seiner Einführung vor über 50 Jahren sei, v. a. der Wert nach fünf Minuten habe

große Bedeutung bezüglich seiner Aussagekraft für das neonatale Outcome (Casey et al. 2001). So zeigte sich, dass das Risiko des Todes in der Neonatalperiode bei reifen Neugeborenen mit einem 5-Minuten-Score von 0-3 acht mal höher war, als das Risiko bei reifen Neugeborenen mit einem Nabelarterien-pH von  $\leq 7.0$ . Hinsichtlich der Aussagekraft bezüglich des Schweregrades einer möglichen Asphyxie und des neurologischen Outcomes bestünden jedoch Grenzen (Casey et al. 2007).

Um ein vollständigeres Bild über den Zustand des Neugeborenen zu erhalten wird regelhaft zusätzlich der Nabelarterien-pH bestimmt. Die zusätzliche Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung könnte hier einen weiteren Beitrag zur objektiveren Zustandsbeurteilung des Neugeborenen leisten.

#### 4.4.6 Korrelation zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus

##### 4.4.6.1 Verteilung und Repräsentativität der Geburtsmodi

Von den untersuchten Geburtsmodi bildete die Gruppe der primären Sectiones mit 41% (n=100) die mit Abstand größte.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass dieser Wert von 41% im Verhältnis zu 25% (n=33) Spontangeburt für die Geburtenverteilung im Perinatalzentrum Altona nicht repräsentativ ist. Die tatsächliche Rate vaginaler Entbindungen für die Jahre 2005 und 2006 betrug nach Daten der externen Qualitätssicherung 53,2% (n=1422) und 53,8% (n=1446), die der Sectiones lag bei 36% und 38,1% (Perinatalzentrum Altona, Kreißsaalstatistik 2005 und 2006).

Der ungewöhnlich hohe Anteil primärer Kaiserschnitte in dieser Arbeit erklärt sich vor allem durch die Tatsache, dass sich im Setting des Operationssaales, in dem bei einem solchen Eingriff relativ viele Personen anwesend sind, die Durchführung und Dokumentation der Messwerte problemlos gestaltete. Im Gegensatz dazu war bei einer Spontangeburt oft nur eine Hebamme im Kreißaal, die sich neben der Messung der Sauerstoffsättigung zunächst um die Mutter, die Abnabelung und Erstversorgung des Neugeborenen sowie die Nachgeburt kümmern musste.

Insgesamt betrachtet ist auch die Anzahl der Geburten durch Vakuumextraktionen in dieser Studie mit 10% relativ hoch. Die eigentliche Quote im Perinatalzentrum lag bei 7,6% (2005) und 7,7% (2006). Der in dieser Studie vorliegende Wert lässt sich dadurch erklären, dass Kinder, die durch eine Vakuumextraktion geboren wurden, grundsätzlich von Neonatologen gesehen und mitbetreut werden, d. h. die



Sauerstoffsättigung routinemäßig gemessen wurde und es in diesen Fällen ein Leichtes war, diese Messwerte dann nur noch zu dokumentieren. Im Vergleich zur problemlosen Spontangeburt ist bei der VE unter „Alltagsbedingungen“ zusätzliches Personal anwesend, das sich der Messung widmen kann. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass auch bei der Dokumentation nach VE stets „informed consent“ bestand.

#### 4.4.6.2 Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus unterscheidet sich diese Arbeit im Hinblick auf die Einteilung der Geburtsmodi deutlich von den Vergleichsarbeiten. Meist wurde für diese Fragestellung nur zwischen Spontanpartus und Sectiones unterschieden (beispielsweise *Rabi et al. 2006*). Auch der Modus der Vakuumextraktion wurde in der Regel nicht mit eingeschlossen. Die in dieser Arbeit vorliegende Differenzierung wurde vor Beginn mit dem Ziel gewählt, sowohl die Veränderungen der Sauerstoffsättigung, als auch mögliche Unterschiede so genau wie möglich dazustellen.

Bereits vor Beginn dieser Arbeit haben sich andere Forschungsgruppen mit einem möglichen Zusammenhang zwischen der Sauerstoffsättigung in den ersten Lebensminuten und dem Geburtsmodus auseinandergesetzt, z. B. *Harris et al. (1986)* oder *Rabi et al. (2006)*. Zu einer der jüngsten Arbeiten zu dieser Fragestellung gehört die von *Røsvik et al. (2009)*. Hierin wurden 6805 asymptomatische Neugeborene mit einem Gestationsalter  $\geq 34$  Wochen und einem Geburtsgewicht von  $\geq 2500$  g innerhalb der ersten 24 Stunden nach Geburt untersucht.

Interessanterweise widersprechen sich die Ergebnisse der oben genannten Arbeiten: Im Gegensatz zu *Harris et al. oder Rabi et al.* beschreiben *Røsvik et al* höhere Werte der Sauerstoffsättigung bei den Neugeborenen, die durch eine Sectio zur Welt kamen (im Mittel 98.3%), als bei denen, die vaginal entbunden wurden (98%,  $P < 0.001$ ). Es stellt sich die Frage, ob es bei einer Geburt durch Sectio caesarea zu einem über Stunden erhöhten Katecholaminspiegel kommt, welcher einen erhöhten Atemantrieb mit einer resultierenden höheren Sauerstoffsättigung erklären könnte. Anders als in den Vergleichsarbeiten wurde in der vorliegenden nicht nur zwischen Kaiserschnitt und vaginaler Entbindung unterschieden, vielmehr wurde bei den Sectiones noch zwischen primär und sekundär differenziert.

Die Sauerstoffsättigung lag zu allen Messzeitpunkten bei den primären Sectiones niedriger als bei den Spontangeburt, es bestand jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe der Werte in den einzelnen Untersuchungsgruppen. Unterscheidet man lediglich zwischen vaginalem Entbindungsmodus und Sectio, bestätigt die vorliegende Arbeit sowohl die Ergebnisse von *Harris et al.* als auch von *Rabi et al.*: Die Werte der pulsoximetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung liegen bei Neugeborenen, die durch eine Sectio geboren wurden, initial niedriger.

Die Tatsache, dass bei Kaiserschnitten niedrigere Werte gemessen wurden, hat sicherlich mehrere Gründe. Zum einen findet sich hiernach in den Alveolen mehr Fruchtwasser. Andererseits fehlen bei den primären Sectiones, also jenen, die vor Beginn der Eröffnungswehen durchgeführt wurden, hormonelle Wirkungen des Geburtsverlaufs zum Beispiel auf die Fruchtwasser-Clearance (Oxytocin/Katecholamine). Anders als bei einer vaginalen Geburt besteht durch den niedrigeren Katecholaminspiegel ein verlangsamter eigener Atemantrieb.

Eine Ursache für die fehlende Signifikanz der Unterschiede in der Sauerstoffsättigung bei primären Sectiones und Spontangeburt könnte in einer insgesamt zu geringen Fallzahl liegen. Es ist möglich, dass man beim Gruppenvergleich, also im Vergleich der zum Teil relativ kleinen Geburtsmodus-Gruppen miteinander, letztlich keinen signifikanten Unterschied mehr findet, da das Signifikanzniveau für solche Paralleltests aus statistisch-methodischen Gründen gesenkt werden muss (siehe oben).

Vergleicht man die Messwerte primärer und sekundärer Kaiserschnitte miteinander, so wird deutlich, dass die Sauerstoffsättigungen bei sekundären Sectiones zu allen Messzeitpunkten in dieser Arbeit höher lagen, wenn auch nicht signifikant.

Möglicherweise liegt die fehlende Signifikanz auch hier an der geringen Gruppengröße.

Man kann argumentieren, dass bei Hinweisen auf eine fetale Hypoxie im Mutterleib, wie sie sich auf einem CTG abbilden kann, und folgender sekundärer Sectio die Sauerstoffsättigung zunächst niedriger liegen müsste, als beispielsweise bei primären Kaiserschnitten oder Spontangeburt. Dies war in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht der Fall. Geht man von der o. g. These aus, dass die Fruchtwasser-Clearance einen Einfluss auf den Atemantrieb hat, lässt sich die im Trend höhere

Sauerstoffsättigung bei sekundären Sectiones mit der Katecholaminausschüttung durch die bereits beginnenden Wehen erklären.

Vergleicht man in der vorliegenden Arbeit die Höhe der Sauerstoffsättigung bei den sekundären Sectiones mit der bei vaginalen Entbindungen, zeigten sich letztlich auch hier niedrigere Werte, jedoch wiederum ohne Signifikanz.

Der Tatsache, dass weder zwischen primären noch zwischen sekundären Sectiones und Spontangeburt signifikante Unterschiede bestanden, lässt sich hinzufügen, dass vor dem Hintergrund der Gesamtfallzahl die Möglichkeit besteht, dass die statistisch notwendige Reduktion des Signifikanzniveaus bestehende Unterschiede überlagert. Es wäre daher ratsam, diesen möglichen Zusammenhang mit einem größeren Patientenkollektiv genauer zu untersuchen.

Sowohl *Rabi et al. (2006)*, als auch *Kamlin et al. (2006)* beschrieben, dass es bei den Kindern, die mittels Kaiserschnitt geboren wurden, länger dauert, bis sie eine arterielle Sauerstoffsättigung mit Werten von über 75% bzw. 90% (*Rabi et al. 85%*) erreichen. Die folgende Tabelle 6 fasst die diesbezüglichen Ergebnisse von *Kamlin et al.* zusammen:

<b>N</b>	<b>Time to reach SpO2&gt;75%</b>	<b>Time to reach SpO2&gt;90%</b>
Vaginal Birth	68	2,4 min (1,6-3,7)
Abdominal Birth	107	3,5 min (2,0-4,8)

**Tabelle 6:** nach Kamlin et al. 2006, Adaption Spielmann 2009

*Rabi et al.* dokumentierten bei Neugeborenen, die durch Sectio geboren wurden, zum Zeitpunkt 5 Minuten eine mediane Sättigung von 81%, nach acht Minuten 90%. In der vorliegenden Arbeit wurde nicht untersucht, wie lange die Neugeborenen in den einzelnen Geburtsmodus-Gruppen brauchten, um hohe Sättigungen zu erreichen, sondern nur verglichen, wie hoch die Sättigung in den einzelnen Gruppen zu den jeweiligen Messzeitpunkten war.

#### 4.4.7 Höchste Sättigung bei Neugeborenen, die durch Vakuumextraktion geboren wurden

Ein a priori nicht erwartetes Ergebnis dieser Arbeit fand sich in der Gruppe der Neugeborenen, die durch eine Vakuumextraktion zur Welt gekommen waren: Sie unterschied sich zu allen Messzeitpunkten signifikant von allen anderen Gruppen. Die Werte der Sauerstoffsättigung lagen hier stets deutlich höher.

Eine Vakuumextraktion erfolgt beispielsweise bei Geburtsstillstand in der Austreibungsphase oder bei Zeichen einer fetalen Gefährdung im CTG.

Ähnlich wie bereits bei den sekundären Sectiones lassen sich hier die relativ hohen Werte der Sauerstoffsättigung durch die vermehrte Ausschüttung von Katecholaminen und Oxytocin erklären. Durch den gesteigerten Atemantrieb kommt es zu messbar höheren Werten der Sauerstoffsättigung.

Eine griechische Forschungsgruppe untersuchte 2007 den Einfluss einer Vakuumextraktion auf Sauerstoffsättigung und Neugeborenenstatus, jedoch mit gegenteiligem Ergebnis. *Salamalekis et al.* beschrieben eine niedrigere arterielle Sauerstoffsättigung sowie einen niedrigeren Nabel-pH bei Neugeborenen, die durch Vakuumextraktion geboren worden waren (Salamalekis et al. 2005). Aufgrund der Tatsache, dass hier fetale Hypoxien zur Vakuumextraktion führten, war jedoch präpartal ein Unterschied zu erwarten.

Allerdings wurde in dieser Studie lediglich die fetale Sauerstoffsättigung, nicht aber die nach der Geburt gemessen. Es ist anzumerken, dass es sich bei dieser Arbeit mit  $n=61$ , (davon  $n= 22$  Vakuumextraktionen) sowie auch bei unserer Arbeit ( $n= 15$  Vakuumextraktionen) insgesamt gesehen um ein relativ kleines Patientenkollektiv handelt, d.h. es besteht die Möglichkeit, dass die Ergebnisse aufgrund mangelnder Repräsentativität verfälscht sind. In der vorliegenden Arbeit ergaben sich bei der Messung der Herzfrequenz in dieser Gruppe erhöhte Werte, jedoch waren diese nicht signifikant.

#### 4.4.8 Einfluss anderer Variablen des Geburtsverlaufes auf die Sauerstoffsättigung

Neben dem Apgarscore und dem Geburtsmodus wurden in der vorliegenden Arbeit noch weitere Parameter des Geburtsverlaufes auf einen eventuellen Zusammenhang mit der arteriellen Sauerstoffsättigung untersucht.

#### 4.4.8.1 Herzfrequenz

Die dieser Fragestellung vorausgegangene theoretische Überlegung bestand darin, dass die Herzfrequenz über die Steigerung des Herzminutenvolumens einen Einfluss auf den Sauerstofftransport in die Körperperipherie hat. Es bestand jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der Sauerstoffsättigung.

Möglicherweise lässt sich die fehlende positive Korrelation dadurch erklären, dass bei einer gesteigerten Herzfrequenz, wie sie im Rahmen des Geburtsvorgangs beim Neugeborenen meist vorliegt, ein vermehrter Sauerstoffverbrauch besteht.

#### 4.4.8.2 Nabel-pH und Base Excess

In der Vergangenheit bestand eine Kontroverse über den alleinigen Einsatz der Apgarwerte als prädiktive Faktoren, vor allem im Bezug auf die neurologische Entwicklung, „einen Gebrauch, für den der Score nie gedacht war“ (Casey et al. 2001).

Eine weitere Möglichkeit zur objektiven Zustandsbeurteilung Neugeborener stellt die Messung des pH-Wertes aus dem Nabelarterienblut dar, ein Verfahren, welches mittlerweile zum Standard der Versorgung Neugeborener zählt.

Casey *et al.* postulierten jedoch 2001, dass die alleinige Bestimmung des Nabelarterien-pH-Wertes zur Vorhersage über das wahrscheinliche neonatale Outcome noch schlechter geeignet sei als der fünf-Minuten Apgarscore, und plädierten daher für die Kombination aus beiden (Casey et al. 2001).

Erwartungsgemäß hätte in der vorliegenden Arbeit ein Zusammenhang zwischen der Sauerstoffsättigung reifer, gesunder Neugeborener und dem Nabelarterien-pH bestehen müssen. Geht man davon aus, dass es sich bei der durch den niedrigen pH beschriebenen Azidose um eine Laktatazidose aufgrund einer Hypoxie handelt, wäre zu folgern, dass sich diese intrauterine Hypoxie in einer niedrigeren Sauerstoffsättigung niederschlägt. Ähnliches gilt für die Hypoxie durch eine eingeschränkte Plazentafunktion des CO<sub>2</sub>-Transports.

Bei allen in dieser Arbeit untersuchten Neugeborenen wurde der Nabelarterien-pH regelhaft bestimmt. Vor dem Hintergrund der o. g. Überlegungen sowie der Frage, ob anhand der Sauerstoffsättigung möglicherweise auch Aussagen über das neonatale Outcome getroffen werden können, wurde untersucht, ob zwischen der

Sauerstoffsättigung und dem Nabelarterien-pH ein signifikanter Zusammenhang besteht, was jedoch nicht der Fall war.

Gleiches gilt für den Base-Excess (BE). Auch hier bestand kein signifikanter Zusammenhang mit der pulsoximetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung. Eine mögliche Ursache für die fehlende Korrelation ist die a priori-Definition der untersuchten Neugeborenen als gesund und reif.

Für einen Zusammenhang zwischen erniedrigtem pH und niedriger Sauerstoffsättigung müsste ein Vergleichskollektiv von Neugeborenen mit deutlichen Hinweisen für eine intrauterine Asphyxie gewählt werden.

#### 4.4.8.3 Korrelation der Sauerstoffsättigung mit Körperlänge und Gewicht

Interessehalber wurden auch noch weitere, im Rahmen einer Geburt standardmäßig dokumentierte Daten der Neugeborenen mit der Sauerstoffsättigung korreliert. Hierzu zählten die Körperlänge und das Gewicht. Es ergab sich jedoch zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen beiden untersuchten Variablen und der Sauerstoffsättigung.

Erwartungsgemäß hätten bei hypotrophen Patienten, also Neugeborenen, die sowohl klein als auch leicht waren aufgrund einer eingeschränkten Plazentafunktion, niedrigere Primärwerte vorliegen müssen.

Eine weitere Überlegung im Rahmen dieser Fragestellung ist die, dass bei termingerecht geborenen Kindern, die i. d. R. größer und schwerer sind als die Frühgeborenen, die Lunge reifer ist (durch ausreichend Surfactant herabgesetzte Oberflächenspannung, dadurch optimaler Gasaustausch) und sich dies möglicherweise in einer höheren Sauerstoffsättigung bzw. in einem schnelleren Erreichen hoher Werte widerspiegelt. Die These, dass zwischen Geburtsgewicht und Sauerstoffsättigung ein positiver Zusammenhang besteht, wurde 2009 von *Røsvik et al.* widerlegt, ein negativer Zusammenhang wurde jedoch beschrieben.

#### 4.4.8.4 Zusammenhang zwischen der Sauerstoffsättigung und weiteren Variablen

Es ist weiterhin möglich, dass diverse Variablen des Geburtsverlaufes, die in dieser Arbeit nicht dokumentiert und nicht untersucht wurden, die Höhe der Sauerstoffsättigung beeinflussen. Hierzu zählt beispielsweise der Zusammenhang mit einer eventuellen mütterlichen Analgesie, welcher bereits in der Arbeit von *Toth et al.* (2002) genauer untersucht wurde.

Auch der von *Carrasco et al.* beschriebene Einfluss des oronasopharyngealen Absaugens auf die Höhe der Sauerstoffsättigung wurde in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht (Carrasco et al. 1997). Zwar wurde das eventuelle Absaugen der Neugeborenen erfasst, jedoch bestand die Hauptzielgruppe dieser Arbeit aus reifen, klinisch unauffälligen Neugeborenen, bei denen keine Notwendigkeit des oronasopharyngealen Absaugens bestand.

#### 4.5 Vergleich reifer Neugeborener und Frühgeborener:

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit war die Sauerstoffsättigung der reifen, gesunden Neugeborenen mit der in der Gruppe der untersuchten Frühgeborenen verglichen worden. Erstaunlicherweise ergaben sich keine signifikanten Unterschiede der Sauerstoffsättigungen zwischen reifen Neugeborenen und Frühgeborenen. Auf den ersten Blick scheint diese Tatsache vor allem vor dem Hintergrund verwunderlich, dass die meisten Frühgeborenen (82%) initial Maßnahmen wie Absaugen der Atemwege oder CPAP erhielten (vgl. Tabelle 4). Man würde meinen, dass bei Neugeborenen, die erfahrene Kliniker als neonatologisch behandlungsbedürftig einstufen, eine signifikant niedrigere Sättigung vorliegt als bei reifen gesunden Neugeborenen.

Bedenkt man jedoch die Tatsache, dass das Gesamtkollektiv der Frühgeborenen auch jene knapp 60% einschließt, die im Rahmen der Erstversorgung zusätzlichen Sauerstoff erhielten, erscheinen die im Vergleich zur Gruppe der reifen, gesunden Neugeborenen ähnlichen Sättigungswerte verständlich.

Dass sich die Sauerstoffsättigung bei den Frühgeborenen (jene mit Sauerstoff behandelten eingeschlossen) nicht signifikant von den Werten im Kollektiv der Hauptzielgruppe unterschied, scheint darauf hinzuweisen, dass aufgrund fehlender klarer „Zielwerte“ der SaO<sub>2</sub> behandlungsbedürftiger Frühgeborener eine Sauerstoffgabe mit dem Ziel erfolgte, niedrige Werte der SaO<sub>2</sub> nur für kurze Zeit zu tolerieren.

In diesem Zusammenhang stellt sich neben der Frage nach Normwerten erneut die Frage nach der Handhabung von Sauerstoff bei der Behandlung Neu- und Frühgeborener.

#### 4.6 Toxizität von Sauerstoff

Zwar ist die Toxizität von Sauerstoff schon seit über zwei Jahrhunderten bekannt (Saugstad 2001a), jedoch wurde bis zum Verstehen des Zusammenhanges zwischen Sauerstoffapplikation und Retinopathia praematurorum (*ROP*) die Neugeborenen verabreichte Sauerstoffkonzentration kaum in Frage gestellt (Silverman 1982). Es folgten über die Jahre zahlreiche Studien, die die potentiellen Gefahren durch Sauerstoffgabe, nicht nur im Zusammenhang mit *ROP*, untersuchten. Mittlerweile sind vielfältige Effekte und Risiken einer konzentrierten Sauerstoffgabe untersucht, wie beispielsweise die Verzögerung des ersten Atemzuges (Vento 2003), ein gehäuftes Auftreten chronischer Lungenerkrankungen (Saugstad 2001b), vermehrte Gewebeschädigungen an Herz und Nieren (Vento et al. 2005), oder aber auch Inzidenz lymphatischer Leukämien im Kindesalter (Naumburg et al. 2002, Spector et. al. 2005).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Sauerstoff für Neugeborene wohl toxischer ist, als lange angenommen wurde (Saugstad 2003) und ein freizügiger Einsatz kritisch zu hinterfragen ist.

#### 4.7 Debatte: Raumluft vs. 100% Sauerstoff:

Es stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, wie eine Sauerstofftherapie beim Neugeborenen zu optimieren ist. Es wurden bisher zahlreiche Studien durchgeführt, deren Ziel es war zu zeigen, dass eine Behandlung mit Raumluft genauso effektiv oder vielleicht sogar von Vorteil gegenüber der Gabe reinen Sauerstoffs sein kann. Im Jahr 2004 erschien im *Lancet* eine Metaanalyse, die sich mit eben dieser Fragestellung auseinandersetzte (Davis et al. 2004), ein Jahr später eine weitere zur selben Thematik (Saugstad et al. 2005b). Beide kamen zu dem Ergebnis, dass sich die Mortalität in der Neonatalperiode signifikant verringern lässt, wenn behandlungsbedürftige Neugeborene mit Raumluft anstelle von reinem Sauerstoff behandelt werden.

Kürzlich wurde eine aktualisierte Version der oben genannten Metaanalysen veröffentlicht. Hier gingen insgesamt zehn Studien ein, jedoch waren nur sechs streng randomisiert. Insgesamt wurden n=1082 Neugeborene mit Raumluft behandelt, n=1051 befanden sich in der Gruppe derer, die mit 100% versorgt wurden. Erneut kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass sich die neonatale Mortalität durch den initialen Einsatz von Raumluft senken lässt. Auch findet sich



eine Abnahme des Risikos hinsichtlich der Entwicklung einer hypoxisch-ischämischen Enzephalopathie (Saugstad et al. 2008a).

Die Aktualität der Debatte „Raumluft oder reiner Sauerstoff“ hält an – regelmäßig finden sich in der Literatur weitere Übersichtsarbeiten zum Thema, wie z.B. die *Corff und McCann* (2005), oder *Maltepe und Saugstad* (2009).

Mittlerweile geht es in der geführten Debatte jedoch kaum noch um die Frage, ob der Gebrauch von Raumluft ausreichend sei, sondern vielmehr um die Wirkung zu hochkonzentrierten Sauerstoffs auf Frühgeborene/Neugeborene mit einem niedrigen Geburtsgewicht.

An dieser Stelle seien exemplarisch Arbeiten von *Saugstad* (2007), *Maltepe and Saugstad* (2009), *Chow et al.* (2003) genannt, in denen gegen den initialen Einsatz von hochdosiertem Sauerstoff plädiert wurde.

Die Tendenz des primären Einsatzes von Raumluft bei der Versorgung reifer Neugeborener anstelle von reinem Sauerstoff zeigt sich mittlerweile auch in den aktuellen Reanimationsrichtlinien (z. B. *ILCOR 2006, AHA/American Academy of Pediatrics 2005*), aber bezüglich der Frage nach der *optimalen*

Sauerstoffkonzentration werden keine verbindlichen Aussagen getroffen, auch nicht in den während der letzten Jahre grundlegend überarbeiteten Richtlinien (sowohl vom International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR), der American Academy of Pediatrics (AAP), der American Heart Association (AHA), als auch vom European Resuscitation Council (ERC) (*Berger und Pilgrim, 2009*).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass jedoch ein Konsens darüber besteht, dass die Behandlung mit Raumluft in vielen Fällen ausreichend und wohl weniger schädlich ist als die mit reinem Sauerstoff. Jedoch finden sich auch zum aktuellen Zeitpunkt keine einheitlichen Angaben über die optimale initial zu verabreichende Konzentration bzw. über die für das Neugeborene optimale Sauerstoffsättigung. Zu erwähnen ist weiterhin, dass sich der o. g. Konsens auf reife Neugeborene bezieht. Was das Patientenkollektiv der Frühgeborenen betrifft, herrscht weiter Uneinigkeit. So kam eine im Jahr 2008 veröffentlichte Arbeit mit n=41 Frühgeborenen zu dem Ergebnis, dass der initiale Einsatz von Raumluft bei Frühgeborenen im Alter von < 32 Schwangerschaftswochen *nicht* zu empfehlen sei. (Wang et al. 2008). Die Autoren begründen dies wie folgt: Keines der Neugeborenen aus der Gruppe derer,

die anfänglich mit 21% Sauerstoff, also Raumluft, versorgt wurden, erreichte die im Studiendesign angestrebte Sauerstoffsättigung.

## **5. Zusammenfassende Diskussion und Ausblick**

Ziel der vorliegenden Dissertation war die Untersuchung der pulsoximetrisch bestimmten Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen innerhalb der ersten zehn Lebensminuten mit dem Ziel, Normwerte zu definieren. Bei Beginn dieser Arbeit im Herbst 2005 gab es zu dieser Fragestellung nur sehr wenige Daten. Mittlerweile finden sich in der gängigen Literatur eine Reihe von Veröffentlichungen zum Thema, die das Forschungsinteresse an diesem Gebiet verdeutlichen. Die auf Grundlage der im Perinatalzentrum Altona durchgeführten Messungen entwickelten Normwerte bestätigen jene der Vergleichsarbeiten, jedoch handelt es sich bei der vorliegenden Arbeit um das größte bisher zu dieser Fragestellung untersuchte Patientenkollektiv (n=243). Es konnte gezeigt werden, dass die initial zu messende Sauerstoffsättigung mit Werten um die 70% relativ niedrig liegt und dass aber nach zehn Minuten Werte über 90% erreicht werden.

Die eingangs formulierte Hypothese, dass die zum erstmöglichen Zeitpunkt gemessenen Werte der arteriellen Sauerstoffsättigung signifikant niedriger sind, als die zum Zeitpunkt fünf und zehn Minuten konnte bestätigt werden. Es bestand sogar ein hochsignifikanter Anstieg über die gesamte Zeit ( $p < 0,001$ ) sowie zwischen allen Zeitpunkten.

Es wurde des Weiteren untersucht, ob Zusammenhänge der Sauerstoffsättigung mit dem Apgar, dem Geburtsmodus und anderen Variablen des Geburtsverlaufes bestehen, hierbei zeigte sich, dass die Sättigung der Neugeborenen, die durch Vakuumextraktion geboren worden, sich waren signifikant von allen anderen Geburtsgruppen unterschied, indem sich hier höhere Werte fanden.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde das Kollektiv der reifen, gesunden Neugeborenen mit dem der Frühgeborenen verglichen, wobei sich im Bezug auf die Sauerstoffsättigung jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen nachweisen lassen konnten.

Bei dem in der vorliegenden Arbeit untersuchten Hauptkollektiv handelte es sich um reife, gesunde Neugeborene, also jene, bei denen keine Maßnahmen wie zusätzliche Sauerstoffgabe notwendig waren. Betrachtet man die Höhe als auch den Verlauf der Sauerstoffsättigung in dieser Arbeit und den weiteren publizierten Studien wird deutlich, dass sich bei der Handhabung von Sauerstoff eine Trendwende abzeichnen muss. Nur die Kenntnis von Normwerten der Sauerstoffsättigung kann zu einem

sicheren Einsatz von Sauerstoff bei der Versorgung Neugeborener führen und damit zu einer optimalen Versorgung unserer Patienten.

## 6. Literaturverzeichnis

Altuncu E, Ozek E, Bilgen H, Topuzoglu A, Kavuncuoglu S ; Percentiles of oxygen saturations in healthy term newborns in the first minutes of life. Eur J Pediatr. 2008 Jun;167(6):687-8.

American Academy of Pediatrics; Summary of Major Changes to the 2005 AAP/AHA Emergency Cardiovascular Care Guidelines for Neonatal Resuscitation. Translating Evidence-Based Guidelines to the NRP. <http://www.aap.org/nrp/pdf/nrp-summary.pdf>. 15.02.2009.

American Heart Association; 2005 American Heart Association (AHA) guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) of pediatric and neonatal patients: pediatric basic life support. Pediatrics 2006 May; 117(5):e989-1004.

Republished from Circulation. 2005 Dec 13;112(24 Suppl):IV1-203.

Apgar.V; A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. Curr Res Anesth Analg. 1953 Jul-Aug; 32(4):260-7.

Bakr AF, Habib HS; Normal values of pulse oximetry in newborns at high altitude. J Trop Pediatr. 2005 Jun;51(3):170-3. Epub 2005 Apr 26.

Berger TM, Pilgrim S; Resuscitation of newborn infants. Anaesthetist. 2009 Jan;58(1):39-50.

Carrasco M, Martell M, Estol PC; Oronasopharyngeal suction at birth: effects on arterial oxygen saturation. J Pediatr. 1997 May;130(5):832-4.

Casey BM, McIntire DD, Leveno KJ ; The Continuing Value of the Apgar Score for the Assessment of Newborn Infants. N Engl J Med. 2001 Feb 15;344(7):467-71.

Chow LC, Wright KW, Sola A ; CSMC Oxygen Administration Study Group Can changes in clinical practice decrease the incidence of severe retinopathy of prematurity in very low birth weight infants? Pediatrics. 2003 Feb;111(2):339-45.

Chua S, Yeong SM, Razvi K, Arulkumaran S ; Fetal oxygen saturation during labour. Br J Obstet Gynaecol. 1997 Sep;104(9):1080-3.

Corff KE, McCann DL; Room air resuscitation versus oxygen resuscitation in the delivery room; J Perinat Neonatal Nurs. 2005 Oct-Dec;19(4):379-90.

Davis PG, Tan A, O'Donnell CP, Schulze A ; Resuscitation of newborn infants with 100% oxygen or air: a systematic review and meta-analysis; Lancet; 2004; 364; 1329-33.

Dimich I, Singh PP, Adell A, Hendler M, Sonnenklar N, Jhaveri M. ; Evaluation of oxygen saturation monitoring by pulse oximetry in neonates in the delivery system. Can J Anaesth. 1991 Nov;38(8):985-8.

Gonzales GF, Salirrosas A; Arterial oxygen saturation in healthy newborns delivered at term in Cerro de Pasco (4340 m) and Lima (150 m); *Reprod Biol Endocrinol.* 2005 Sep 12;3:46.

Hagadorn JI, Furey AM, Nghiem TH, Schmid CH, Phelps DL, Pillers DA, Cole CH; AVIOx Study Group; Achieved versus intended pulse oximeter saturation in infants born less than 28 weeks' gestation: the AVIOx study. *Pediatrics.* 2006 Oct;118(4):1574-82.

Hammerman.C, Kaplan M; Oxygen saturation during and after feeding in healthy term infants. *Biol Neonate.* 1995;67(2):94-9.

Harris.AP, Sendak MJ, Donham RT ; Changes in arterial oxygen saturation immediately after birth in the human neonate. *J Pediatr.* 1986 Jul;109(1):117-9.

House JT, Schultetus RR, Gravenstein N ; Continuous neonatal evaluation in the delivery room by pulse oximetry. *J Clin Monit.* 1987 Apr;3(2):96-100.

International Liaison Committee on Resuscitation: The International Committee on Resuscitation (ILCOR) consensus on science with treatment recommendations for pediatric and neonatal patients: pediatric basic and advanced life support. *Pediatrics.* 2006 May;117 (5):e955-77. Epub 2006 Apr 17.  
Auch: [http://circ.ahajournals.org/content/vol112/22\\_suppl/23.04.2009](http://circ.ahajournals.org/content/vol112/22_suppl/23.04.2009).

Kamlin CO, O'Donnell CP, Davis PG, Morley CJ; Oxygen saturation in healthy infants immediately after birth; *J Pediatr.* 2006 May;148(5):585-9.

Kamlin CO; Accuracy of pulse oximetry measurement of heart rate of newborn infants in the delivery room. *J Pediatr.* 2008 Jun;152(6):756-60. Epub 2008 Mar 6.

Levesque.BM, Pollack P, Griffin BE, Nielsen HC; Pulse oximetry: what's normal in the newborn nursery?; *Pediatr Pulmonol.* 2000 Nov; 30(5):406-12.

Maltepe E, Saugstad OD; Oxygen in Health and Disease: Regulation of Oxygen Homeostasis- Clinical Implications; *Pediatr Res* 65: 261-268, 2009.

Mariani G, Dik PB, Ezquer A, Aguirre A, Esteban ML, Perez C, Fernandez Jonusas S, Fustiñana C ; Pre-ductal and post-ductal O<sub>2</sub> saturation in healthy term neonates after birth; *J Pediatr.* 2007 Apr;150(4):418-21.

Naumburg.E, Bellocco R, Cnattingius S, Jonzon A, Ekblom A; Supplementary oxygen and risk of childhood lymphatic leukaemia. *Acta Paediatr.* 2002;91(12):1328-33.

Ng.A, Subhedar N, Primhak RA, Shaw NJ ; Arterial oxygen saturation profiles in healthy preterm infants; *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 1998 Jul;79(1):F64-6.

Nicolini U, Nicolaidis P, Fisk NM, Vaughan JI, Fusi L, Gleeson R, Rodeck CH ; Limited role of fetal blood sampling in prediction of outcome in intrauterine growth retardation; *Lancet.* 1990 Sep 29;336(8718):768-72.

Niermeyer.S; International Guidelines for Neonatal Resuscitation: An excerpt from the Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care: International Consensus on Science. Pediatrics. 2000 Sep;106(3):E29. Auch unter: [www.pediatrics.org/cgi/content/full/106/3/e29](http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/106/3/e29).01.05.2009.

O'Brien LM, Stebbens VA, Poets CF, Heycock EG, Southall DP; Oxygen saturation during the first 24 hours of life. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2000 Jul;83(1):F35-8.

O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ; Feasibility of and delay in obtaining pulse oximetry during neonatal resuscitation; J Pediatr. 2005 Nov;147(5):698-9.

O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Carlin JB, Morley CJ; Interobserver variability of the 5-minute Apgar score; J Pediatr. 2006 Oct;149(4):486-9.

Poets CF, Stebbens VA, Alexander JR, Arrowsmith WA, Salfield SA, Southall DP ; Arterial oxygen saturation in preterm infants at discharge from the hospital and six weeks later. J Pediatr. 1992 Mar;120(3):447-54.

Poets CF, Stebbens VA, Lang JA, O'Brien LM, Boon AW, Southall DP ; Arterial oxygen saturation in healthy term neonates; Eur J Pediatr. 1996 Mar;155(3):219-23.

Porter.KB; Evaluation of arterial oxygen saturation in pregnant patients and their newborns; Obstet Gynecol; 1988, Mar; 71; 354-7.

Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N ; Oxygen saturation trends immediately after birth. J Pediatr. 2006 May;148(5):590-4.

Rabi Y; Relationship between oxygen saturation and the mode of oxygen delivery used in newborn resuscitation; J Perinatol. 2009 Feb;29(2):101-5. Epub 2008 Nov 20.

Ramji.S; Resuscitation of asphyxiated newborns with room air or 100% oxygen at birth: a multicentric clinical trial; Indian Pediatr; 2003; 40; 510.

Rao R, Ramji S; Pulse oximetry in asphyxiated newborns in the delivery room; Indian Pediatr. 2001 Jul;38(7):762-6.

Reddy.VK, Holzman IR, Wedgwood JF; Pulse oximetry saturations in the first 6 hours of life in normal term infants. Clin Pediatr (Phila). 1999 Feb;38(2):87-92.

Richard.D, Poets CF, Neale S, Stebbens VA, Alexander JR, Southall DP ; Arterial oxygen saturation in preterm neonates without respiratory failure. J Pediatr. 1993 Dec;123(6):963-8.

Røsvik A ,Øymar K, Kvaløy JT, Berget M; Oxygen saturation in healthy newborns; influence of birth weight and mode of delivery; J Perinat Med. 2009;37(4):403-6.

Salamalekis.E, Vitoratos N, Kassanos D, Loghis C, Hintipas E, Salloum I, Creatsas G;The influence of vacuum extractor on fetal oxygenation and newborn status; Arch Gynecol Obstet; 2005, Feb; 271(2); 119 -22. Epub 2004 Jan 27.

Saugstad.OD; Is oxygen more toxic than currently believed? Pediatrics. 2001 Nov; 108(5):1203-5. Review.

Saugstad OD; Chronic lung disease: oxygen dogma revisited; Acta Paediatr. 2001 Feb; 90(2):113-5.

Saugstad.OD; Oxygen Toxicity at Birth- The Pieces Are Put together; Pediatr Res; 2003; Vol 54; 789.

Saugstad OD; The role of oxygen in neonatal resuscitation.Clin Perinatol. 2004 Sep;31(3):431-43. Review.

Saugstad.OD, Ramji S, Rootwelt T, Vento M; Response to resuscitation of the newborn: early prognostic variables. Acta Paediatr. 2005 Jul;94(7):890-5.

Saugstad.OD, Ramji S, Vento M; Resuscitation of depressed newborn infants with ambient air or pure oxygen: a meta-analysis. Biol Neonate. 2005; 87(1):27-34. Epub 2004 Sep 20. Review.

Saugstad.OD; Oxygen for newborns: how much is too much?; J Perinatology; 2005, May; 25 Suppl.2; 45 -9; discussion S50.

Saugstad.OD; oxygen saturations immediately after birth - editorial; J Ped; 2006, May; 148; 569-70.

Saugstad OD; optimal oxygenation at birth and in the neonatal period; Neonatology 2007; 91(4):319-22. Epub 2007 Jun 7.

Saugstad OD, Ramji S, Soll RF, Vento M; Resuscitation of newborn infants with 21% or 100% oxygen: an updated systematic review and meta-analysis. Neonatology 2008; 94(3):176-82. Epub 2008 Jul 9.

Saugstad OD; To oxygenate or not to oxygenate. That is the question. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2008 Oct;295(4):H1371-2. Epub 2008 Aug 15.

Silverman WA; Retinopathy of prematurity: oxygen dogma challenged. Arch Dis Child. 1982 Oct;57(10):731-3.

Singh J, Fanaroff J, Andrews B, Caldarelli L, Lagatta J, Plesha-Troyke S, Lantos J, Meadow W ; Resuscitation in the "gray zone" of viability: determining physician preferences and predicting infant outcomes; Pediatrics 2007 Sep;120(3):519-26.



Spector LG, Klebanoff MA, Feusner JH, Georgieff MK, Ross JA ; Childhood cancer following neonatal oxygen supplementation. J Pediatr. 2005 Jul;147(1):27-31.

Toth B, Becker A, Seelbach-Göbel B; Oxygen saturation in healthy newborn infants immediately after birth measured by pulse oximetry; Arch Gynecol Obstet. 2002 Apr;266(2):105-7.

Vento.M, Asensi M, Sastre J, Lloret A, García-Sala F, Viña J.; Oxidative stress in asphyxiated term infants resuscitated with 100% oxygen. J Pediatr. 2003 Mar;142(3):240-6. Erratum in: J Pediatr. 2003 Jun;142(6):616.

Vento M, Sastre J, Asensi MA, Viña J; Room-air resuscitation causes less damage to heart and kidney than 100% oxygen. Am J Respir Crit Care Med. 2005 Dec 1;172(11):1393-8. Epub 2005 Sep 1.

[http://www.dartmouth.edu/~humananatomy/figures/chapter\\_23/23-13.HTM](http://www.dartmouth.edu/~humananatomy/figures/chapter_23/23-13.HTM) 30.07.09  
(Bild fetaler Kreislauf und postnatal).

<http://www.bio.miami.edu/~cmallery/150/protein/c8.42.hemoglobin.jpg>. 30.08.09  
(Hb Molekül).

<http://www.criticalcare.at/images/Sauerstoffdissoziationskurve1.png>. 30.08.09  
(Sauerstoffdissoziationskurve).

<http://www.asklepios.com/altona/html/fachabt/gyn/geburt/daten.asp> 02.11.08  
[http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/112/22\\_suppl/III-91](http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/112/22_suppl/III-91). 02.11.08  
[http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/112/24\\_suppl/IV-188](http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/112/24_suppl/IV-188). 02.11.08

Perinatalzentrum Altona Hamburg, Kreißsaalstatistik vom 05.01.2006  
Perinatalzentrum Altona Hamburg, Kreißsaalstatistik vom 04.01.2007

## 7. Anhang

### 7.1 Aufklärungsbogen

Perinatalzentrum · Paul-Ehrlich-Straße 1 · 22763 Hamburg

Liebe Eltern,

im Rahmen einer medizinischen Doktorarbeit möchten wir die kindliche Sauerstoffversorgung in den ersten 10 Minuten nach der Geburt ermitteln.

Ihr neugeborenes Kind wird dabei nicht zusätzlich belastet. Mit einer Lichtsonde, die an das Handgelenk oder den Fuß gewickelt wird, wird mittels der sog. Pulsoxymetrie der Puls gemessen und parallel dazu die Sauerstoffsättigung im Blut. Die Methode ist schmerzfrei, Blutentnahmen sind hierzu nicht erforderlich. Das Verfahren ist nichtinvasiv, möglicherweise ist es Ihnen aus der Erwachsenenmedizin als kleiner Fingerclip bekannt.

Ziel der Untersuchung ist die Erstellung von Normalwerten in den ersten Lebensminuten, um für zukünftige Neugeborene eine noch weiter optimierte Überwachung der Anpassung nach der Geburt zur Verfügung zu haben.

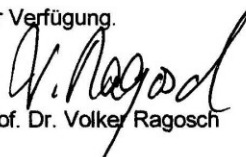
Die gemessenen Werte werden anonymisiert ausgewertet, es werden keinerlei Daten weitergegeben, die Werte werden lediglich für wissenschaftliche Zwecke verwandt.

Hier noch einmal das wichtigste in Kürze:

Was?	Studie zur Ermittlung von Normalwerten der Sauerstoffsättigung, gemessen in den ersten 10 Lebensminuten mit der Pulsoxymetrie.
Bei wem?	Bei allen Neugeborenen nach der Geburt.
Wie?	Mittels einer Lichtsonde, die schmerzfrei um Arm oder Bein gewickelt wird.
Welche Daten werden untersucht?	Messdaten sowie Daten aus der Geburtsakte werden verwendet, um mögliche Einflüsse auf die Sauerstoffversorgung nach der Geburt zu untersuchen.

Für Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

  
Dr. Axel von der Wense

  
Prof. Dr. Volker Ragosch

  
Sarah Spielmann

Name, Vorname der Mutter: .....

- Ich habe die Aufklärung gelesen und erkläre mich bereit, an der Untersuchung teilzunehmen.
- Ich lehne die Teilnahme an der beschriebenen Untersuchung ab.

Hamburg,  
Datum:

.....  
| Unterschrift

PERINATALZENTRUM



Allgemeines Krankenhaus Altona  
Abteilung für Geburtshilfe  
Leitung Prof. Dr. V. Ragosch  
PD Dr. S. Hundertmark  
Telefon 040/88 22 17 11  
Telefax 040/88 22 49 12



Altonaer Kinderkrankenhaus  
Abteilung für Neonatologie  
Ltd. Arzt Dr. v. d. Wense  
Telefon 040/18 18-81 41 20  
Telefax 040/18 18-81 49 34

## 7.2 Erhebungsbogen

### Doktorarbeit: Arterielle Sauerstoffsättigung bei Neugeborenen

Name	:	
Geburtstag:		/Aufkleber
Uhrzeit	:	

Sättigungsabnehmer bitte am Fuß befestigen

	O2-Sättigung in %	Herzfrequenz /min	Uhrzeit
1. Messwert			
5 Minuten			-----
10 Minuten			-----
Bei Verlegung			

*Base - Excess =*

#### Maßnahmen:

- Abgesaugt
- Maskenbeatmung
- CPAP
- O<sub>2</sub>- Gabe
- FiO<sub>2</sub> =
- BE/Zugang
- Herzdruckmassage
- Adrenalin
- Volumensubstitution
- Pufferung

DANKE!!!

Sarah Spielmann

### 7.3 Verzeichnis der Graphiken, Abbildungen und Tabellen

#### Graphiken

A: Sauerstoffdissoziationskurve

B: Sättigungsverlauf innerhalb der ersten 10 Minuten nach Geburt, (1 SD)

C: Verteilung der gemessenen Werte der Sauerstoffsättigung zwei Minuten nach Geburt

D: Darstellung der zu den verschiedenen Zeitpunkten gemessenen Werte der Sauerstoffsättigung (Perzentile 5, 50 und 95)

E: Verteilung der einzelnen Geburtsmodi

F: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, Zeitpunkt der Erstablesung, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung

G: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach zwei Minuten, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung

H: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach fünf Minuten, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung

J: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach zehn Minuten, Mittelwerte +/- 1 Standardabweichung

K: Anteil reifer Neugeborener versus Frühgeborene

L: Reife Neugeborene (n=243)

M: Pulsoximetrisch gemessene mittlere/mediane Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten in verschiedenen zum Thema veröffentlichten Arbeiten. (aus Editorial, Saugstad (J Ped. May 2006))

N: Pulsoximetrisch gemessene mittlere/mediane Sauerstoffsättigung innerhalb der ersten Lebensminuten in verschiedenen zum Thema veröffentlichten Arbeiten inklusive der Messwerte der vorliegenden Arbeit. (Adaption aus Editorial, Saugstad (J Ped. May 2006))

### **Abbildungen:**

Abbildung 1: Hb-Molekül und Häm-Komponente

Abbildung 2: Fetaler Kreislauf

Abbildung 3: Foto Pulsoximeter

### **Tabellen:**

Tabelle 1: Normwerte der arteriellen Sauerstoffsättigung

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der einzelnen Apgarwerte beim Kollektiv der reifen, gesunden Neugeborenen

Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung des Gestationsalters von Messungen bei Frühgeborenen

Tabelle 4: Auflistung von Behandlungsmaßnahmen bei Frühgeborenen in %

Tabelle 5: Anzahl der Geburten (Auszug Kreißsaalstatistik Perinatalzentrum Altona 2005 und 2006)

Tabelle 6: Zusammenhang zwischen Sauerstoffsättigung und Geburtsmodus, nach Kamlin et al. 2006, Adaption Spielmann 2009

## **8. Danksagung**

Hiermit danke ich Herrn Dr. von der Wense für die gute Betreuung, sowie Herrn Professor Riedel.

Des Weiteren danke ich der gynäkologischen Abteilung der Asklepios Klinik Altona, den Hebammen und insbesondere Herrn Dr. Kleinfeld. Dank auch an Herrn Greisen (GPS), sowie Herrn Wokel (Tyco), sowie Frau Christine Reich, Herrn Professor Barkmann und Frau Ermel.

Als letztes danke ich meinen Eltern für ihre Unterstützung und Geduld.

Sarah Spielmann, Walsrode 2010

## **9. Eidesstattliche Versicherung:**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Unterschrift: .....