

1 EINLEITUNG

Die Nabelschnur ist die essentielle Verbindung zwischen Mutter und Fetus, durch die einerseits die Versorgung mit Sauerstoff und Nährstoffen, andererseits die Entsorgung von Stoffwechselabbauprodukten sichergestellt wird. Dementsprechend kann sie auch Ursache von Komplikationen sein, wie z.B. bei Nabelschnurknoten, Vorliegen oder Vorfall der Nabelschnur oder bei Umschlingungen. Letztere sind ein häufiges Ereignis: sie werden bei mehr als einem Drittel der Geburten beobachtet. Obwohl eine Umschlingung prinzipiell jeden Körperteil betreffen kann, befindet sich der Großteil von ca. 70% nuchal¹. Um diese Nabelschnurumschlingung des Halses (NSU) soll es im Weiteren ausschließlich gehen.

Darüber, dass die NSU kein seltenes Ereignis unter Geburt ist, herrscht Einigkeit, jedoch schwanken die genauen Angaben zur Häufigkeit der NSU in Abhängigkeit der Einschlusskriterien sowie der Dokumentationsgüte zwischen 18% und 37%²⁻⁶. Doppelte Umschlingungen treten mit 2,5% deutlich seltener auf, Dreifachumschlingungen sind mit 0,2% bereits eine Rarität, jedoch sind in der Literatur bis zu neun Umschlingungen beschrieben worden^{7 8}. Von Feten in Beckenendlage (BEL) sollen sogar beinahe 50% bei Geburt eine NSU aufweisen⁹.

1.1 Pathophysiologie der NSU

Eine Beeinflussung des Kindes durch die Nabelschnurumschlingung ist durch unterschiedliche Mechanismen denkbar: einerseits kann eine NSU zu einer Kompression der Nabelschnur selbst führen, andererseits kann sie den Fetus auch durch die Kompression des Halses beeinflussen.

1.1.1 Nabelschnurkompression

Bei einer akuten Kompression wird der Blutfluss in der Nabelschnur beeinträchtigt. Dies betrifft bei leichterem Druck nur den Fluss in der Umbilikalvene, da diese aufgrund ihres Aufbaus leichter komprimierbar ist als die beiden Arterien. Durch die

verminderte Vorlast kommt es zu einem Blutdruckabfall mit nachfolgendem, ischämisch-hypoxisch bedingtem Abfall der Herzfrequenz beim Feten¹⁰. Dieser Effekt wird durch O₂-reagible Chemorezeptoren im Aortenbogen, im Karotissinus und in der Medulla oblongata vermittelt, die über den parasympathischen Nervus vagus Einfluss auf die fetale Herzfrequenz nehmen^{11 12}. Anders als beim Erwachsenen führt hier also die Reizung der Chemorezeptoren zu einem *Abfall* der Herzfrequenz.

Ist die Kompression so stark, dass auch der Blutfluss in den *Umbilikalarterien* beeinträchtigt wird, steigt akut der Widerstand im arteriellen Schenkel des fetalen Kreislaufs und die CO₂-Abgabe an die Plazenta wird behindert. Es kommt zur sofortigen Bradykardie, die ebenfalls durch eine vagale, in diesem Falle aber durch eine von Barorezeptoren in den Gefäßwänden der Arterien von Hals und Thorax ausgelöste Stimulation vermittelt wird¹⁰.

Wenn die Dauer der Kompression nur kurz andauert, bzw. es genügend lange Phasen zwischen hämodynamisch wirksamen Kompressionen gibt, so kann sich die Herzfrequenz erholen sowie das angefallene CO₂ rasch über die Plazenta abdiffundieren¹³. Bei häufigen oder zu lang andauernden Kompressionen kommt es jedoch durch die Einschränkung des Gasaustausches zur respiratorischen Azidose mit erhöhtem pCO₂. Hält dieser Zustand längerfristig an, so erfolgt eine metabolische Pufferung mit Abfall der Pufferbasen und dem Bild einer gemischten Azidose. Ist der Sauerstoffmangel so ausgeprägt, dass es zu einer Stoffwechselumstellung mit Energiegewinnung durch anaerobe Glykolyse kommt, entsteht durch den Anfall von Laktat eine metabolische Azidose.

Der Fet ist mit Kompensationsmechanismen ausgestattet, die ihm erlauben mit Schwankungen innerhalb eines gewissen Rahmens umzugehen und seine vitalen Organe vor Hypoxie schützen: neben dem sauerstoffaffinen fetalen Hämoglobin und einem hohen Hämoglobingehalt von durchschnittlich über 13,5 g/dl im dritten Trimenon¹⁴ sichert erstens die periphere Vasokonstriktion mit Zentralisierung und Umleitung des Blutflusses zu Gehirn, Herz und Nebennieren auf Kosten der Durchblutung von Magen-Darm-Trakt, Milz, Nieren und Extremitäten die Versorgung der lebenswichtigen Organe^{11 15 16}. Zweitens wird durch das Absinken der Herzfrequenz bei hypoxischem Reiz der Sauerstoffverbrauch des Myokards substantiell vermindert und die Sauerstoffausschöpfung erhöht^{17 18}.

Dauert eine Bradykardie-Episode jedoch länger als drei Minuten, d.h. kommt es zu einer sehr ausgeprägten Hypoxie, wird die zunächst vagal vermittelte Bradykardie zusätzlich durch eine Myokardhypoxie bedingt^{19 20}.

Eine NSU kann folglich zu unterschiedlichen, akuten wie auch langfristigen Konsequenzen durch die Kompression der Nabelschnur führen. Ist nur der venöse Fluss durch die Nabelschnur dauerhaft eingeschränkt kann es zur Stauung in der Plazenta kommen²¹. Beobachtete Folgen beim betroffenen Feten sind Hypovolämie²² und Anämie²³. Im Extremfall kann die dauerhafte Kompression zu venöser Stase und Thrombenbildung mit schlechter Prognose für das fetale Outcome führen^{24 25}. Bei länger andauernder Hypoxie vermindert der Fet als gegenregulatorische Maßnahme sauerstoffverbrauchende Prozesse wie z.B. die Proteinbiosynthese, was eine intrauterine Wachstumsrestriktion zur Folge haben kann¹².

1.1.2 Kompression des fetalen Halses

Als weiterer Mechanismus, durch den die NSU den Feten beeinflussen kann, ist auch eine Kompression der cephalen Gefäße, analog zur Strangulation denkbar. Bei Feten mit NSU wurden aufgestaute cephal Venen und Sinus durae matris gefunden²⁶, was für diese Hypothese spricht. Ebenfalls ist bei dopplersonographisch unauffälliger Perfusion der Nabelschnurgefäße eine klinische Beeinträchtigung des Feten durch die Kompression des fetalen Halses mit Beeinflussung nervaler Zentren und Rezeptoren (Glomus caroticum und Sinus caroticus) denkbar²⁷.

Neben den oben genannten fetalen Kompensationsmechanismen, die die lebenswichtigen Organe während hypoxischer Phasen schützen (s.o.) trägt auch die Nabelschnur selbst durch ihre einzigartige Beschaffenheit zum Schutz vor Kompression bei (s.u.).

1.2 Die Nabelschnur

Die Nabelschnur ist ein Strang („Funis umbilicalis“) aus gallertartigem Bindegewebe, in das im Normalfall zwei Arterien und eine Vene eingebettet sind und das von Amnionepithel bedeckt ist. Das Bindegewebe, auch „Wharton-Sulze“ genannt,

besteht zum Großteil aus Hyaluronsäure, Proteoglykanen und feinen Kollagenfibrillen und beschützt mit seiner besonderen, thixotropischen Konsistenz, die die Gefäße vor Kompression bewahrt, die essentielle Verbindung zwischen Mutter und Kind²⁸. Feten mit einem geringen Anteil an Wharton-Sulze haben ein höheres Risiko für intrauterine Wachstumsretardierung (IUGR) und hypoxiebedingte Komplikationen unter der Geburt bis hin zu intrauterinem Fruchttod durch die Unterbrechung des Kreislaufs bei komplettem Fehlen der Sulze^{29 30}.

Die umbilikale „Chiralität“³¹, also die meist nach links gedrehten, durchschnittlich 40 Spiralen der Nabelschnur sind ein weiterer protektiver Faktor, der vor Abknickung und Kompression der Gefäße schützt und zur mechanischen Stabilität der Nabelschnur beiträgt: im Normalfall kann sie durch ihren einzigartigen Aufbau einem Gewicht von zweieinhalb Mal des Gewichts des dazugehörigen Neugeborenen standhalten ohne zu reißen³². Durch das „Coiling“ der Gefäße, d.h. das helikale Aufgewickeltsein der Umbilikalarterien und –vene, sind bessere Voraussetzungen für einen laminaren, schnelleren Blutfluss gegeben³³. Des Weiteren wird durch Gegenpulsation der Arterien der Blutfluss in der umbilikalen Vene optimiert. Eine Anastomose („Hyrtl-Anastomose“) der beiden Arterien, die in 96% existiert und nahe der Insertionsstelle an der Plazenta sitzt, hilft den Blutdruck und –fluss zwischen den beiden Arterien auszugleichen^{28 34}.

Leonardo da Vinci hatte bereits darauf hingewiesen, dass die Nabelschnur im Normalfall ungefähr so lang ist wie das Neugeborene selbst²⁸. Diverse Studien zeigen eine durchschnittliche Länge von 50 – 60 cm am Termin³⁵ mit Minimal- und Maximalwerten von 17,8 cm bzw. 121,9 cm³⁶, wobei bis 300 cm lange Nabelschnüre beschrieben sind²⁸. Ausgehend von einer Länge von knapp 1 cm in der siebten Schwangerschaftswoche (SSW) erreicht die Nabelschnur in der 20. SSW eine Länge von durchschnittlich 32 cm³⁷, um danach linear weiter zu wachsen. Nabelschnüre unter 40 cm werden als (abnormal) kurz erachtet und sind mit kongenitalen Fehlbildungen und neonatalen sowie geburtshilflichen Komplikationen assoziiert³⁸.

1.3 Ätiologie und Pathogenese der NSU

Schon früh beschäftigten sich Studien mit den Ursachen und der Entstehung einer NSU, jedoch beklagte Sørnes noch 1995, dass von „Ätiologie, Pathogenese und

Auswirkungen auf den Feten” durch die NSU “wenig bekannt” sei.³⁹ Dem ist nur eingeschränkt zuzustimmen, denn zumindest zur Klärung der ersten beiden Punkte hat insbesondere die Ultraschalldiagnostik mit vielen wertvollen Informationen beigetragen. Lange vor der Einführung der Sonographie hatten Shui und Eastman das intuitiv logische Postulat, eine längere Nabelschnur prädestiniere zu einer größeren Anzahl an Umschlingungen, mit Statistiken untermauert und eine positive Korrelation gefunden: mit 50,8 cm war die Nabelschnur bei Kindern mit einer NSU signifikant länger als jene bei Kindern ohne NSU mit 44,9 cm. Bei Zweifachumschlingungen maß die Nabelschnur durchschnittlich 54,3 cm, bei Dreifachumschlingungen gar 79,5 cm.⁷ Horwitz et al bestätigten dies in ihren Untersuchungen.⁴⁰

Ebenfalls wurde gezeigt, dass ein aktives Bewegungsmuster des Feten zu häufigeren Umschlingungen beiträgt, zum einen, weil Bewegung die Chance einer Schlingenbildung erhöht, aber auch, weil durch die Bewegung die Nabelschnurlänge nachweislich positiv beeinflusst wird^{41 42}. Da männliche Feten im Durchschnitt aktiver sind, lässt sich so auch erklären, warum bei ihnen eine höhere Rate an NSU gefunden wird.⁴³

Auch ein Polyhydramnion wird als begünstigend erachtet, da der Fet bei einer großen Fruchtwassermenge mehr Bewegungsspielraum hat.^{44 45} Andererseits muss in Erwägung gezogen werden, dass ein Polyhydramnion ebenso gut *Konsequenz* einer Umschlingung sein kann, da analog zum fetalen Teratom⁴⁶ oder zur fetalen Struma⁴⁷ eine nuchale Umschlingung zu Schluckschwierigkeiten führen und dies wiederum eine erhöhte Fruchtwassermenge zur Folge haben kann⁴⁸.

Die zunächst angenommene These, dass eine NSU schon in der Frühschwangerschaft, also zu einem Zeitpunkt, wenn das Verhältnis von Frucht zu Fruchthöhle noch relativ klein ist, entstehe und persistiere⁴⁹, wurde mit Hilfe sonographischer Untersuchungen widerlegt: erstens wurde gezeigt, dass mit der Dauer der Schwangerschaft auch die Anzahl der beobachteten Umschlingungen zunimmt^{6 50 51}. Zweitens zeigte sich, dass bei mehr als der Hälfte der Feten zu einem Zeitpunkt in der mittleren und späten Schwangerschaft eine NSU beobachtet werden kann, diese jedoch in der Mehrzahl der Fälle nicht persistiert^{6 51}.

1.4 Auswirkungen auf den Feten und die Geburt

1.4.1 Derzeitige Beurteilung der Nabelschnurumschlingung

Trotz des Wissens um die oben angerissenen theoretischen Auswirkungen einer NSU wird die klinische Relevanz weiterhin diskutiert. In den Standardtextbüchern ist dem Thema selten mehr als ein kurzer Abschnitt gewidmet: bei einer NSU handele es sich meist um „Zufallsbefunde“, die durchaus mit pathologischen CTGs in der Eröffnungs- und Austreibungsperiode, kindlicher Asphyxie und Azidose sowie geburtsmechanischen Problemen einhergehen können, nichtsdestotrotz aber in der Mehrzahl der Fälle nicht zu einer Beeinträchtigung des normalen Geburtsverlaufs und des Kindes führten^{45 52-57}. Während sich ein Großteil der Texte gar nicht zu einer geburtshilflichen Therapiekonsequenz äußert, obwohl die NSU immer unter der Rubrik „Nabelschnurkomplikationen“ erwähnt wird, wird einerseits empfohlen bei präpartal diagnostizierter NSU in Abhängigkeit des fetalen Zustands eine primäre Sectio in Erwägung zu ziehen^{45 53 54}, andererseits jedoch unter der Geburt nicht sonographisch nach einer NSU zu suchen, da dies unnötige Ängste der Eltern schüre⁵⁷.

Ein ähnliches Bild herrscht in den wissenschaftlichen Journals: einerseits werden Assoziationen zwischen NSU und Markern, die für ein schlechteres neonatales und perinatales Outcome stehen, gefunden^{2 58}. Andererseits scheint sich in der großen Mehrzahl der Geburten mit NSU ein Unterschied bezüglich des klinischen Managements sowie der postnatalen Adaptation nicht zu bestätigen⁵⁹.

Die Diskussion, *ob* eine NSU generell einen Risikofaktor darstellt, hat sich in der Wissenschaft somit vermehrt zu einer Diskussion um die weiteren Bedingungen, unter denen dies der Fall ist, gewandelt. Hierbei werden z.B. die Anzahl der Umschlingungen, wobei Mehrfachumschlingungen als risikoreicher angesehen werden als singuläre, die Enge der Umschlingung und des Weiteren die Art der Umschlingung, die nach Collins in die Typen A und B eingeteilt werden kann, genannt.⁶⁰

Ein Faktor, der in dieser Diskussion häufig außer Acht gelassen wird, ist die Auswirkung einer NSU auf die werdenden Mütter bzw. Eltern. In Zeiten der immer weiter reichenden Pränataldiagnostik, die ein gesundes Kind scheinbar garantieren

kann, stellt die NSU ein schwer zu kalkulierendes Risiko dar. Darüber, wie werdende Eltern dieses Thema einschätzen, ist wenig bekannt, jedoch ist bei den laut Schwangerschaftsrichtlinien festgelegten drei, in der Realität aber meist viel häufiger stattfindenden Ultraschalluntersuchungen und in Zusammensicht mit der Häufigkeit des Auftretens einer NSU eine Konfrontation mit dem Thema unausweichlich. Hier stellt sich für den behandelnden Geburtshelfer dann die Frage: wie verhalte ich mich als Arzt korrekt, wenn bei einer routinemäßigen Untersuchung durch Zufall eine NSU entdeckt wird? Und konkret: sollte der Zufallsbefund der werdenden Mutter mitgeteilt werden mit der Gefahr, sie zu verunsichern und womöglich zu einem komplizierteren Geburtsverlauf beizutragen?

Um diese Frage beantworten zu können muss erstens klar sein, inwiefern die NSU überhaupt einen Risikofaktor für das geburtshilfliche Outcome darstellt. Zweitens muss geklärt sein, wie gut sich eine NSU mittels Sonographie diagnostizieren lässt und drittens, welche Vorstellungen für Eltern mit der Diagnose „NSU“ verbunden sind.

1.4.2 Parameter des peripartalen und neonatalen Outcomes

Um das Risiko einer NSU für das geburtshilfliche Outcome zu evaluieren, können eine Vielzahl an Parametern herangezogen werden, von denen im Folgenden einige vorgestellt werden. Einerseits sollen sie das kindliche Outcome abbilden, andererseits auch das Management der Geburt erfassen, so dass mögliche Unterschiede in der Behandlung sichtbar werden.

Medikamentöse Einleitung

In ca. 20% der Geburten findet eine medikamentöse Geburtseinleitung statt, mit dem Ziel der Zervixreifung und/oder Weheninduktion um eine Schwangerschaft vorzeitig zu beenden⁶¹. Gängige Medikamente hierfür sind Prostaglandine sowie Oxytocin, die nach verschiedenen Applikationsformen und –schemata verabreicht werden.

Fetalblutanalyse

Die Fetalblutanalyse (FBA) dient der Objektivierung von suspekten und pathologischen CTG-Mustern sub partu und ist somit als Indikator für einen kontrollbedürftigen Zustand des Feten unter der Geburt zu interpretieren. Die

Methode wurde 1962 von Saling erstmals beschrieben und basiert auf der pH-Wert-Messung im Kapillarblut des Feten, welches aus einer kleinen Inzision am Skalp gewonnen wird⁶². Obwohl die Indikation für die Durchführung einer FBA immer seltener gestellt wird, u.a. weil sich die CTG-Interpretationssicherheit verbessert hat, aber auch schneller für eine Sectio Caesarea entschieden wird, stellt die FBA vor allem in Berlin als ihrem Ursprungsort weiterhin eine Routinemethode der Diagnostik dar und wird bei im Mittel 12% der Geburten (bundesweiter Durchschnitt: 4%) eingesetzt⁶³.

Periduralanästhesie

Die Periduralanästhesie (PDA) ebenso wie die kombinierte spinale und epidurale Anästhesie (CSE) dient der Schmerzlinderung unter der Geburt und wird auf Wunsch der Schwangeren oder bei protrahiertem Geburtsverlauf infolge zervikaler Dystokie auch aus ärztlicher Indikation eingesetzt⁵⁶. Ein um durchschnittlich 40 bis 90 Minuten verlängerter Geburtsverlauf unter PDA und CSE mit einem erhöhten Risiko für eine über zwei Stunden dauernde Austreibungsperiode wurde laut ACOG-Bulletin von 2003 in einem systematischen Review nachgewiesen^{64 65}. Ebenso wird das Einsetzen eines Oxytocin-Wehentropfes vermehrt notwendig⁶⁵.

Episiotomie

Der Dammschnitt ist der häufigste geburtshilfliche Eingriff und dient der künstlichen Erweiterung der natürlichen Geburtsöffnung im letzten Abschnitt der Austreibungsperiode. Hierbei wird das Perineum (Damm) von der Vagina in Richtung Anus meist mediolateral etwa 4 cm weit eingeschnitten.

Da eine Episiotomie nachweislich kaum Vorteile gegenüber einem natürlichen Dammriss bietet, ist von einer liberalen, routinemäßigen Anwendung in den letzten Jahren immer mehr abgewichen worden⁴⁴. Ein Dammschnitt zum Schutz bei drohendem Dammriss ist nicht mehr aktuell⁶⁶. Standard ist nunmehr eine restriktivere, selektive Anwendung bei bestimmten Indikationen wie drohender kindlicher Hypoxie, Schulterdystokie, Lageanomalien sowie bei vaginal-operativen Geburten^{56 67}.

Dauer der Austreibungsperiode und Dauer von Blasensprung bis Geburt

Die Austreibungsperiode umfasst die Dauer vom Zeitpunkt des vollständig eröffneten Muttermunds bis zur Geburt des Kindes und wird von den Hebammen, die per vaginaler Tastuntersuchung den Zeitpunkt der vollständigen Muttermundsöffnung feststellen, erfasst.

Verlängerte Austreibungsperioden deuten auf einen Geburtsstillstand hin, es ist jedoch zu beachten, dass die Austreibungsperiode bei Mehrgebärenden in der Regel deutlich kürzer dauert als bei Erstgebärenden. Zulässig ist für Erstgebärende eine maximale Dauer von zwei Stunden, für Mehrgebärende von einer Stunde⁶⁸.

Aus den Angaben zum Zeitpunkt des Blasensprungs und zur Geburt kann zusätzlich die Dauer zwischen diesen beiden Ereignissen berechnet werden.

Grünes Fruchtwasser

Das Absetzen von Mekonium, also von fetalem Darminhalt, erfolgt in der Regel 24 bis 48 Stunden postpartal⁶⁹. Bei ca. 12 % aller Geburten kommt es jedoch zu vorzeitigem Abgang von Mekonium^{70 71}. Dies manifestiert sich als Grünfärbung und/oder erbsbreiige Konsistenz des Fruchtwassers. Die genauen Mechanismen, die zu einem vorzeitigem, intrauterinen Mekoniumabgang beim Feten führen, sind unbekannt, jedoch wird postuliert, dass der Vorgang *in utero* vor allem durch fetale Stressoren wie Hypoxie ausgelöst wird⁷².

Pathologisches CTG

Nach Aufnahme zur Geburt wird in der Regel kontinuierlich ein Kardiotokogramm (CTG) abgeleitet. Zeigt dieses Unregelmäßigkeiten, so wird es vom zuständigen Kreißsaalarzt nach den aktuellen Empfehlungen der Leitlinie anhand der modifizierten RCOG- und FIGO-Kriterien (Grundfrequenz, Bandbreite, Dezelerationen und Akzelerationen) analog zu Tabelle 1 als suspekt oder pathologisch eingeordnet⁷³. Bei pathologischem CTG wird die schnelle Beendigung der Geburt angestrebt.

Tab. 1: CTG-Bewertung nach FIGO und RCOG
Modifiziert nach Standardtextbüchern

Bewertung	Grundfrequenz	Bandbreite	Dezeleration	Akzeleration
normal	110 – 150 SpM	≥5 SpM	keine	sporadisch
suspekt	100 – 109 SpM 151 – 170 SpM	<5 SpM für >40 Min.	frühe/variable od. einzelne verlängerte <3 Min.	periodisch mit jeder Wehe
pathologisch	<100 SpM >170 SpM sinusoidal	<5 SpM für >90 Min.	atypisch variable, späte od. einzelne verlängerte >3 Min.	keine in >40 Min.

APGAR nach 1, 5 und 10 Minuten

Der APGAR-Wert⁷⁴ beschreibt die Anpassung des Neugeborenen an die neue extrauterine Umgebung und wird vom erstversorgenden geburtshilflichen Personal nach 1, 5 und 10 Minuten erhoben. Bei fünf Kategorien - Atmung, Herzfrequenz, Hautkolorit, Tonus und Reflexe/Grimassieren - und höchstens 2 Punkten pro Kategorie wird maximal ein Höchstwert von 10 Punkten vergeben, wobei ein Neugeborenes mit mehr als 7 Punkten als „lebensfrisch“ gilt. Zur Vergabe und Beurteilung des APGAR-Scores siehe Tabelle 2.

Tab. 2: Klassifikation des fetalen Zustands mittels APGAR-Score
Modifiziert nach Standardtextbüchern

Punkte	0	1	2
Atmung	fehlt	schnappend	rhythmisch
Puls	fehlt	<100/min	>100/min
Reflexe	fehlen	grimassiert	hustet/niest
Hautkolorit	blass	blau	rosig
Tonus	fehlt	schlaff	kräftig
Bewertung			
nicht lebensfrisches Kind:		lebensfrisches Kind:	
0 – 2 Punkte: schwer beeinträchtigt		7 – 8 Punkte: normal lebensfrisch	
3 – 4 Punkte: mittelschwer beeinträchtigt		9 – 10 Punkte: optimal lebensfrisch	
5 – 6 Punkte: leicht beeinträchtigt			

Seit der Studie von Drage et al. im Jahre 1964 hat sich vor allem der 5-Minuten-APGAR als sensitiver Prädiktor für neonatales Überleben etabliert⁷⁵. APGAR-Werte dienen der kurzfristigen Beurteilung des Neugeborenen und sind nicht als Werkzeug zur Voraussage von langfristigen Entwicklungsschritten gedacht⁷⁶. Die Abhängigkeit vom beurteilenden Untersucher (Interobserver variability) ist in vielen Studien beanstandet worden⁷⁷⁻⁷⁹; trotzdem bleibt der APGAR ein geeigneter Score zur Einschätzung der Adaptationsfähigkeit des Neugeborenen und seiner unmittelbaren Überlebenschancen. In einer Studie von Casey im Jahre 2001 erwies sich der 5-Minuten-APGAR sogar als sensitiver als der Nabelschnur-pH-Wert, was letzteres betrifft⁸⁰.

Arterieller Nabelschnur-pH-Wert

Der arterielle Nabelschnur-pH-Wert (NAPh) wird direkt nach Abnabelung bestimmt und ergänzt routinemäßig als objektiver und wenig störanfälliger Parameter den subjektiv gefärbten APGAR-Score in der Beurteilung des Neugeborenen. Er gibt Auskunft über die Sauerstoffversorgung des Neugeborenen unter der Geburt und lässt im Zusammenhang mit dem gleichzeitig ermittelten Basenüberschuss Schlüsse über die Dauer der Minderversorgung zu. Zugrunde liegt der Methode die Überlegung, dass jede wesentliche Unterversorgung mit Sauerstoff zu einer Zentralisierung führt und es über die anaerobe Glykolyse im ischämischen Gewebe zu einer Anhäufung saurer Stoffwechselprodukte kommt⁸¹. Zur Beurteilung des NAPh siehe Tabelle 3.

Tab. 3: Beurteilung des NAPh
Modifiziert nach Standardtextbüchern

pH-Wert	Bewertung
7,24 – 7,20	Präazidose
7,10 – 7,19	Leichte bis mittelgradige Azidose
7,00 – 7,09	Fortgeschrittene Azidose
< 7,00	Schwere Azidose

Kurzfristige Azidosen mit normalem Basenüberschuss sind als unbedenklich zu werten und führen in der Regel nicht zu bleibenden hypoxischen Schädigungen.

1.5 Fragestellung und Ziel

Die Ultraschalldiagnostik im Rahmen der Pränataldiagnostik hat besonders in Deutschland mit den drei vorgeschriebenen Sonographien im Rahmen der Mutterschaftsrichtlinien einen festen Platz in jeder Schwangerschaft⁸². In den meisten Schwangerschaften werden jedoch weit mehr als diese drei Untersuchungen durchgeführt⁸³ und so ist die NSU – ob zufällig entdeckt oder bewusst gesucht – für Pränatalmediziner ein häufiger Befund. Bei der derzeitigen Datenlage ist das Vorgehen in Folge dieser Diagnose jedoch nicht klar und so werden Fragen einerseits bzgl. des korrekten medizinischen Procedere, andererseits aber auch bzgl. des Mitteilungsverhaltens gegenüber der Schwangeren aufgeworfen. Obwohl in der Vielzahl der Fälle eine NSU keine Konsequenzen für die Geburt und das Neugeborene zu haben scheint, so ist die – wenn auch seltene – Assoziation von NSU und geburtshilflichen Komplikationen, die von intrapartalen Dezelerationen bis hin zu intrauterinem Versterben reichen, nicht von der Hand zu weisen.

Zur Lösung dieses medizinischen und ethischen Dilemmas kann durch mehr Klarheit bzgl. der tatsächlichen Konsequenzen einer NSU und bzgl. der Diagnosevalidität eben jener beigetragen werden. Diese Überlegungen waren Anlass zur Bearbeitung folgender Fragestellungen:

1. Unterscheidet sich das perinatale sowie das neonatale Outcome zwischen Geburten bei denen eine einfache, eine mehrfache oder gar keine NSU vorliegt?
2. Kann man eine NSU pränatal ausreichend sicher mit Hilfe der Farbdoppler-Sonographie diagnostizieren bzw. ausschließen?
3. Wie schätzen werdende und gewordene Mütter den Sachverhalt ein?

Hierzu wurde im Rahmen einer retrospektiven Studie untersucht, ob die NSU einen Risikofaktor für das perinatale und neonatale Outcome darstellt. In einer prospektiven Studie wurde die Güte der Farbdoppler-Sonographie in der Diagnostik der präpartalen NSU bei Aufnahme zur Geburt getestet. Des Weiteren wurde im

Rahmen einer Befragung erhoben, welche Konsequenzen das Wissen um eine NSU für Schwangere und Wöchnerinnen hat und ob werdende Mütter eine NSU-Diagnostik wünschten, wenn sie die Möglichkeit hierzu hätten.

2 PATIENTINNEN UND METHODEN

Für alle drei Teile der vorliegenden Arbeit wurde SPSS (SPSS 13.0 für Mac OSX, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) zur Datenanalyse verwendet.

Das Signifikanzniveau wurde jeweils mit $\alpha = 0,05$ festgelegt.

Graphiken, Diagramme und Tabellen wurden mit Powerpoint (Microsoft Corp., Redmond, Washington, USA) erstellt.

2.1 Retrospektive Analyse: Risikofaktor NSU

2.1.1 Datenerhebung

Für die retrospektive Analyse wurden aus allen Geburten, die während des Zeitraums vom 1.1.2006 bis 31.12.2007 in der Geburtsmedizin des Campus Virchow Klinikums der CHARITÉ, Berlin, betreut wurden, mit Hilfe der „Klinik Information und Management Datenbank“ (KIM®) alle Einlingsschwangerschaften (n=6593) identifiziert und zusammen mit den zu untersuchenden Variablen auf Dokumentationsbögen anonymisiert notiert und in einem zweiten Schritt in SPSS übertragen.

2.1.2 Patientinnenkollektiv

Für die Studie galten folgende Einschlusskriterien, mit dem Ziel, ein möglichst einheitliches Patientenkollektiv zu schaffen:

- Vitaler Fet bei Aufnahme zur Geburt.
- Angestrebte vaginale Entbindung. Alle primären Sectiones wurden ausgeschlossen (n = 828). Des Weiteren wurden Geburten, bei denen mit den Schwangeren zwar eine primäre Schnittentbindung geplant war, es jedoch aufgrund von vorzeitigem Blasensprung oder einsetzenden Wehen vor dem verabredeten Termin zur Geburt per Sectio kam und die somit in KIM® als sekundäre Sectiones verzeichnet wurden, mit Hilfe der Geburtenbücher

identifiziert und im Datenblatt als „primär geplante Sectio“ verschlüsselt und ebenfalls ausgeschlossen (n = 177).

- Fet in Schädellage. Beckenendlagen (n=337), Querlagen und sonstige regelwidrige Lagen (n=137) wurden ausgeschlossen, da es hier häufiger zu abweichendem Geburtsverlauf und Sectio kommt.
- Schwangerschaftsdauer von mindestens 37 + 0. Alle Schwangerschaften mit einer kürzeren Dauer wurden ausgeschlossen (n=777).

Als Kontrollgruppe dienten alle Geburten die den o.g. Einschlusskriterien genügten und keine NSU aufwiesen. Fälle mit NSU wurden aufgeteilt nach einfachen und multiplen Umschlingungen und in diesen Gruppen getrennt analysiert.

2.1.3 Untersuchte Parameter

Die NSU diente als Selektionsparameter; es wurden drei Gruppen gebildet: „keine NSU“, „einfache NSU“ und „multiple NSU“.

Eine NSU wurde klinisch bei Geburt diagnostiziert und durch ärztliches Personal in KIM® in einem dafür vorgesehenen Feld festgehalten. Um einen Dokumentationsbias durch eine unvollständige Dokumentation der NSU in KIM® zu verringern, wurden die Angaben diesbezüglich mit denen des geburtshilflichen Personals aus den Geburtenbüchern verglichen. Sobald in einem der beiden Systeme eine NSU verzeichnet war, wurde diese Angabe in das Datenblatt übernommen. Es wurden ausschließlich NSU *des Halses* gewertet.

Die weiteren zu untersuchenden Variablen lassen sich nach den Gesichtspunkten Demographie, peripartales Outcome und neonatales Outcome in drei Gruppen einteilen (siehe Tab.4) und wurden allesamt KIM® entnommen. Für die Dokumentation der Parameter in KIM® ist das Kreißsaalpersonal zuständig, welches die Daten aus Mutterpass oder Partogramm entnimmt.

Demographische Parameter

Alter

Das Alter der Gebärenden wurde festgehalten, die Angabe erfolgte in Lebensjahren.

Tab. 4: Untersuchte Parameter

Demographie	Peripartales Outcome	Neonatales Outcome
Alter der Mutter	Medikamentöse Einleitung	Arterieller Nabelschnur-pH-Wert
Parität	Grünes Fruchtwasser	APGAR-Score nach 1, 5, 10 Minuten
Schwangerschaftsdauer	Pathologisches CTG	Verlegung
	Fetale Blutanalyse	Geburtsgewicht
	Geburtsmodus	
	Dauer der Austreibungsperiode	
	Dauer von Blasensprung bis Geburt	
	Episiotomie	

Parität

Bei Aufnahme wurde die Anzahl an Geburten aus dem Mutterpass in KIM® übernommen. Die zur Aufnahme führende Geburt wurde dabei nach gängiger Praxis bereits mitgezählt, d.h. eine Erstgebärende wurde als Primipara, Parität = 1, klassifiziert.

Schwangerschaftsalter

Das Alter der Schwangerschaft zum Zeitpunkt der Geburt wurde laut Mutterpass festgehalten. Die Angabe der Schwangerschaftsdauer erfolgte in Tagen. Frühgeborene unter 37 vollendeten Schwangerschaftswochen, d.h. unter 259 Tagen, wurden ausgeschlossen.

Parameter des peripartalen Outcomes

Medikamentöse Geburtseinleitung

Für die Studie wurde festgehalten, ob eine medikamentöse Einleitung stattfand, um bei Abweichungen zwischen den Gruppen einen Hinweis für ein verändertes Geburtsmanagement zu haben. Die eingesetzten Schemata waren folgende:

- Vaginalgel mit 2 mg PGE₂ (Minprostin® E₂), sechsstündlich, maximal 4 mg/d;
- Vaginaltabletten mit 3 mg PGE₂ (Minprostin® E₂), sechsstündlich, maximal 6 mg/d;
- Intrazervikalgel mit 0,5 mg PGE₂ (Prepidil®), sechsstündlich, maximal 1,5 mg/d;
- Off-label-use von Misoprostol per os (Cytotec®) nach gängiger Praxis mit vierstündigen Gaben. Begonnen wird mit einer Initialdosis von 25 µg, die dann über 50 µg auf maximal 100 µg gesteigert wird. Die Maximaldosis beträgt 300µg;
- Intravenöse Oxytocin-Dauertropfinfusion mit 6IE Oxytocin (Syntocinon®) auf 500 ml Elektrolytlösung, Beginn mit 1 Tropfen/min, Steigerung bis auf maximal 30 Tropfen/min.

Grünes Fruchtwasser

Als Indikator für fetalen Stress wurde in der Studie festgehalten, ob grünes und/oder erbsbreiiges Fruchtwasser vorlag oder nicht.

Pathologisches CTG

Für die Studie wurde festgehalten, ob ein pathologisches CTG unter der Geburt vorlag oder nicht.

Fetalblutanalyse

Als Indikator für einen kontrollbedürftigen Zustand des Feten wurde die Durchführung einer FBA aus KIM® entnommen und festgehalten.

Periduralanästhesie

Die Anwendung einer Regionalanästhesie mittels PDA, CSE oder Spinalanästhesie wurde ebenfalls festgehalten.

Geburtsmodus

Eingeschlossen wurden nur primär vaginal geplante Geburten, so dass sich als mögliche Geburtsmodi ergaben: spontane Geburt, vaginal-operative Geburt mittels Forzeps oder Vakuumpumpe, sekundäre Sectio oder eilige Sectio/Notsectio.

Dauer der Austreibungsperiode

Die Dauer der Austreibungsperiode wurde festgehalten. Da dieser Parameter zur Deskription einer natürlichen Geburtsphase im Rahmen einer vaginalen Geburt dient, wurde er bei Geburt per Sectio *nicht* erfasst.

Dauer von Blasensprung bis Geburt

Aus den Angaben zum Zeitpunkt des Blasensprungs und zur Geburt wurde die Dauer zwischen diesen beiden Ereignissen *für alle vaginalen Geburten* berechnet und in Minuten angegeben.

Episiotomie

Die Durchführung eines Dammschnitts wurde vermerkt; es erfolgte keine Unterteilung nach Lokalisation, da in der Regel eine mediolaterale Episiotomie gesetzt wird.

Parameter des neonatalen Outcomes

Arterieller Nabelschnur-pH-Wert

Der NApH wird in der Regel zusammen mit dem pH-Wert der Vena umbilicalis routinemäßig bei jeder Geburt vom zuständigen Kreißsaalarzt erhoben und festgehalten.

APGAR nach 1, 5 und 10 Minuten

Die APGAR-Werte werden von der betreuenden Hebamme oder vom anwesenden Pädiater erhoben und schriftlich festgehalten.

Geburtsgewicht

Das Geburtsgewicht wird unmittelbar nach der Geburt durch die zuständige Hebamme oder den erstversorgenden Pädiater in Gramm erfasst und dokumentiert.

Verlegung des Kindes

Eine Verlegung des Neugeborenen auf eine neonatologische Station – aus welchen Gründen auch immer – wurde festgehalten.

2.1.4 Datenanalyse

Die erhobenen Daten wurden mittels SPSS ausgewertet. Nach einer Plausibilitätsprüfung und ggf. Korrektur und Vervollständigung der Daten erfolgte die Endanalyse. Hierbei ist zu beachten, dass die Fallzahlen variieren können, da nicht für alle untersuchten Parameter die kompletten Daten vorhanden waren.

Für alle kategorialen sowie ordinalskalierten Merkmale wurden absolute und relative Häufigkeiten berechnet. Zur Prüfung auf statistische Signifikanz beobachteter Gruppenunterschiede bei nominalen Merkmalen wurde der Chi-Quadrat-Test, bzw. im Spezialfall der Vierfeldertafel der exakte Fisher-Test verwendet. Ordinalskalierte Daten wurden mittels Kendall Tau B auf signifikante Unterschiede in der Verteilung getestet.

Die deskriptive Charakterisierung stetiger Daten erfolgte durch die Berechnung von Mittelwert μ mit Standardabweichung SD. Zur Prüfung der statistischen Signifikanz beobachteter Unterschiede bei drei unabhängigen Stichproben und stetigen Variablen wurde die einfaktorielle ANOVA mit Korrektur nach Bonferroni verwendet. Bei deutlich von der Normalverteilung abweichenden Verteilungen wurde der Median und die Quartilen angegeben. In diesen Fällen wurde die statistische Signifikanz mit dem Mann-Whitney-U-Test überprüft.

Die Korrektur für Mehrfachvergleiche erfolgte konservativ nach Bonferroni, d.h. p wurde analog zu Schulz' und Grimes' Vorschlag aus ihrem Lancet-Artikel von 2005 durch die Multiplikation mit der Anzahl an Vergleichen adjustiert⁸⁴.

Im Anschluss wurde eine multivariate logistische Regressionsanalyse durchgeführt, um die Effekte der einfachen und multiplen NSU sowie weiterer Parameter auf bestimmte Outcome-Variablen bewerten zu können.

2.2 Prospektive Analyse: Diagnostik der NSU

2.2.1 Patientinnenkollektiv

Die prospektive Studie wurde in der Klinik für Geburtsmedizin der Charité, Campus Virchow Klinikum, im Zeitraum vom 01.09.2007 bis 31.01.2009 durchgeführt.

In Frage kamen Schwangere, die sich zur Aufnahme zur Geburt im Kreißsaal vorstellten. Einschlusskriterien waren eine bereits eingesetzte, regelmäßige Wehentätigkeit und/oder stattgefundener Blasensprung, sowie eine Einlingsschwangerschaft in mindestens 37 + 0 SSW mit Fet in Schädellage ("Niedrig-Risiko-Kollektiv"). Präexistente maternale Risikofaktoren (geburtshilflich relevante Vorerkrankungen) sowie geburtshilfliche Risikofaktoren (Fehlbildungen, Lageanomalien, Mehrlingsschwangerschaften) galten als Ausschlusskriterien. Weil es sich um eine spezielle Untersuchungsmethode handelte, konnten Patientinnen nur eingeschlossen werden, wenn einer der beiden Studienärzte (Dr. med. F.C.K. Chen, Dr. med. N.S. Salomon) zur Durchführung der Aufnahmeuntersuchung anwesend war.

2.2.2 Datenerhebung

Bei allen eingeschlossenen Patientinnen wurde im Rahmen der routinemäßig stattfindenden transabdominalen farbdopplersonographischen Untersuchung bei Aufnahme zur Geburt zusätzlich zur Standarddiagnostik untersucht und dokumentiert, ob eine NSU vorlag oder nicht.

Das Ergebnis der Untersuchung wurde im sonographischen Aufnahmebefund im Anschluss an die routinemäßig erhobenen Parameter (Biometrie, Lagetyp, Stellung, Fruchtwasser, Plazentasitz) dokumentiert. Außer im Falle der gezielten Nachfrage der Schwangeren wurde das Ergebnis der Zusatzfragestellung nicht mitgeteilt.

Das tatsächliche Vorliegen einer NSU bei der Geburt wurde von ärztlicher Seite in KIM®, von Seite der Hebammen im Geburtenbuch dokumentiert.

Aus Aufnahmebefund, KIM® und Geburtenbüchern wurden die notwendigen Daten (NSU sonographisch, NSU unter Geburt, Alter, Parität, Schwangerschaftswoche,

Geburtsmodus) erhoben und in SPSS eingepflegt. Fokus der Auswertung war die Validität der Dopplersonographie hinsichtlich der Diagnostik einer NSU.

2.2.3 Untersuchungstechnik

Die Diagnostik einer pränatalen NSU erfolgte in zwei Schritten: zunächst wurde der fetale Hals im sagittalen Längsschnitt dargestellt, wobei sich eine NSU als quer angeschnittene Gefäße am Hals zeigte (s. Abb 1). Im darauf folgenden transversalen

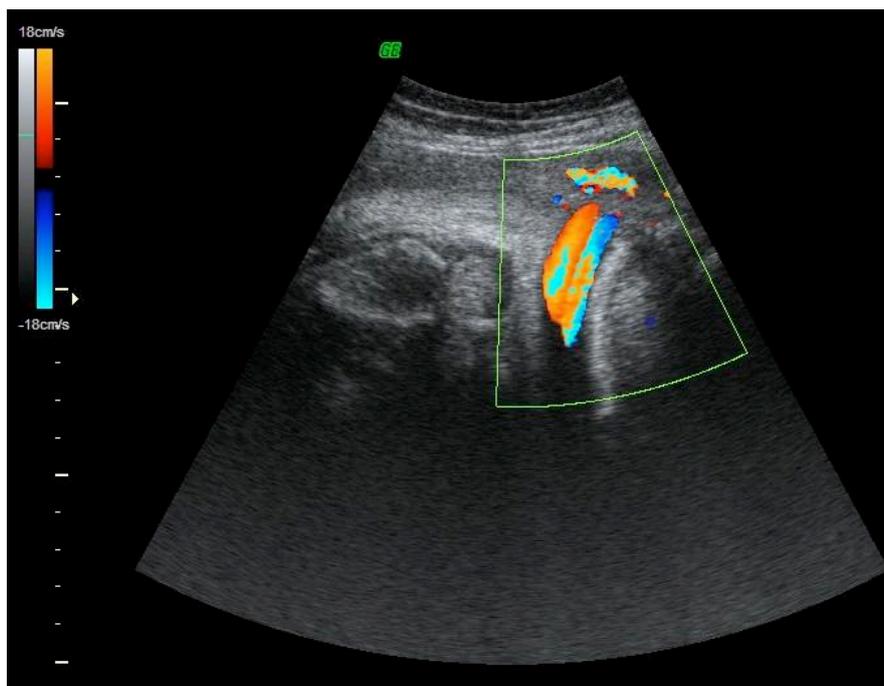


Abb. 1: Sonographischer Längsschnitt des fetalen Halses mit farbdopplersonographisch sichtbarer NSU

Querschnitt des Halses, der durch 90° Drehung des Schallkopfes erreicht wurde, konnte durch seitliches Hin- und Herbewegen des Schallkopfes die Nabelschnur einmal um den Hals verfolgt, bzw. ihr weiterer Verlauf dargestellt werden.

Die Einstellungen erfolgten primär im B-Bild. Zeigte sich eine NSU so wurde dies mittels Farbdoppler der umbilikalen Gefäße bestätigt und im Anschluss im Rahmen der gepulsten Dopplersonographie der A. umbilicalis weiter abgesichert.

Die farbkodierte Dopplersonographie dient der Darstellung der Strömungsrichtung des Blutstroms, wobei per definitionem der Blutfluss in Richtung des Schallkopfes rot

und ein solcher fort vom Schallkopf blau dargestellt wird. Die Duplexsonographie, d.h. die Kombination aus B-Bild und gepulstem Doppler, ermöglicht eine Darstellung der Blutflusskurve in den Dimensionen Geschwindigkeit und Zeit. Durch charakteristische Blutflusskurven ("Hüllkurven") der einzelnen Gefäße ist hierdurch eine genaue Identifikation des Gefäßes möglich. In Abbildung 2 ist die typische Hüllkurve der A. umbilicalis um den Termin abgebildet.

Bei der Messung wurde nach dem ALARA-Prinzip ("as low as reasonably achievable") untersucht, was bedeutet, dass Schallintensität und Dauer der dopplersonographischen Untersuchung am möglichen Minimum gehalten wurden.

Die eingesetzten Farbduplex-Geräte waren Siemens Sonoline® Sienna SLC und Siemens Sonoline® SI-650 (Siemens Healthcare AG, Erlangen, Deutschland). Es handelt sich hierbei um hochauflösende Ultraschallgeräte mit der Möglichkeit der gepulsten sowie farbkodierten Dopplersonographie.

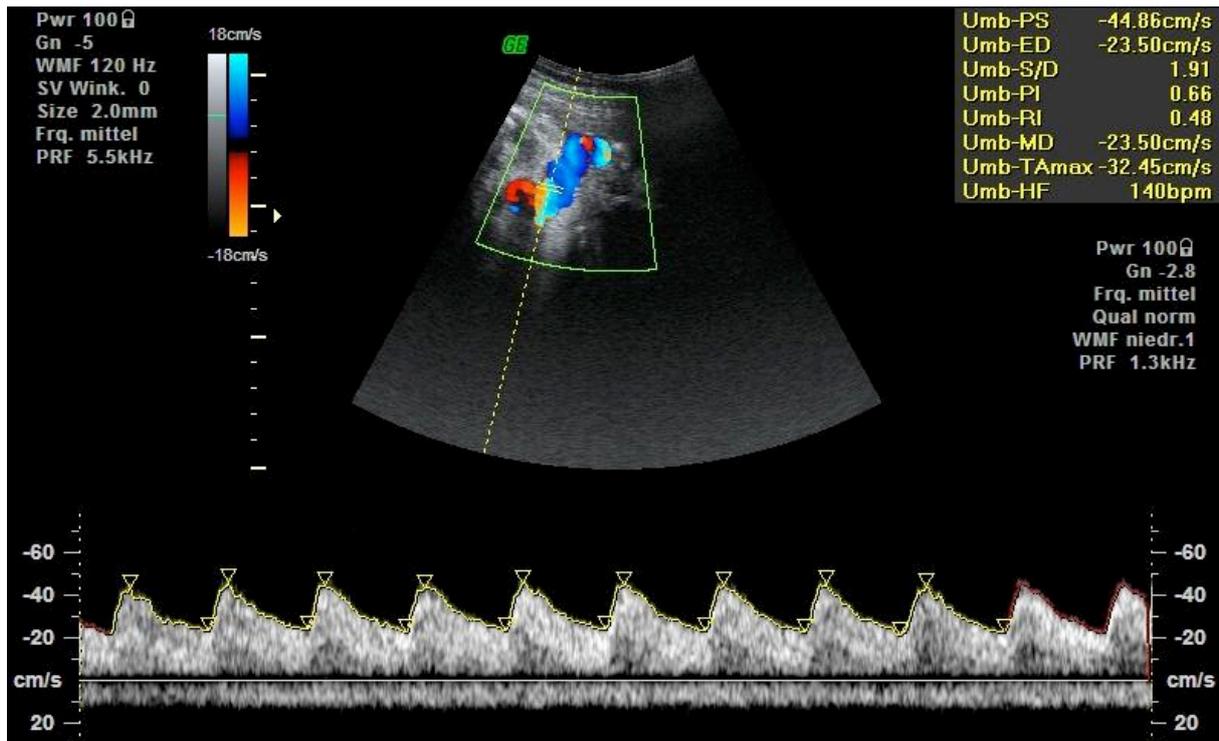


Abb. 2: Duplexsonographie der A. umbilicalis am Termin.

2.2.4 Datenanalyse

Die erhobenen Daten wurden in einer Vierfeldertafel analog Tabelle 5 ausgewertet, um so die Spezifität und Sensitivität sowie den positiv prädiktiven (PPW) und negativ

Tab. 5: Vierfeldertafel zur Bewertung eines diagnostischen Verfahrens.
 RP: Richtig Positive; FP: Falsch Positive; FN: Falsch negative, RN: Richtig Negative

	Testergebnis		
Befund ↓	positiv	negativ	gesamt
auffällig	RP	FN	RP + FN
normal	FP	RN	FP + RN
gesamt	RP + FP	FN + RN	RP + FN + FP + RN

prädiktiven Wert (NPW) und die Effizienz als Gütekriterien des diagnostischen Verfahrens zu bestimmen. Diese statistischen Maßzahlen berechnen sich wie in Tabelle 6 abgebildet.

Tab. 6: Rechnerische Formeln der die Validität eines Testes beschreibenden Größen

Sensitivität	$\frac{RP}{(RP + FN)}$
Spezifität	$\frac{RN}{(FP + RN)}$
Positiver prädiktiver Wert	$\frac{RP}{(RP + FP)}$
Negativer prädiktiver Wert	$\frac{RN}{(FN + RN)}$
Effizienz	$\frac{(RP + RN)}{(RP + FN + FP + RN)}$

2.3 Orientierende Befragung der Mütter zum Thema NSU

2.3.1 Patientinnenkollektiv

Befragt wurden Wöchnerinnen auf einer der Wochenbettstationen der Klinik für Geburtsmedizin des CVK sowie Schwangere, die entweder die Schwangerenberatung in der geburtsmedizinischen Ambulanz des CVK in Anspruch nahmen oder auf der Präpartalstation (Station 33) lagen. Die Befragung fand im Juni 2008 statt. Teilnehmerinnen mussten mindestens 16 Jahre alt sein. Verständigungsschwierigkeiten galten als Ausschlusskriterium in beiden Gruppen. Als Ausschlusskriterium bei den Wöchnerinnen galt eine vorangegangene Geburt mit schwerwiegenden Komplikationen. In der Gruppe der Schwangeren galten Fehlbildungen des ungeborenen Kindes als Ausschlusskriterium, um andere belastende oder Angst erzeugende Einflussfaktoren eliminieren zu können.

2.3.2 Fragebogen und Datenerhebung

Der Fragebogen umfasste neben demographischen Fragen zu Alter und Schulabschluss fünf Fragen, die im Rahmen zweier weiterer Befragungen zu den Themen Elterngeld bzw. Nabelschnurblut/Stammzellspende erhoben wurden.

Die Fragen sollten zwei Aspekte zum Thema NSU abbilden: die ersten beiden Fragen bezogen sich auf die Informationslage und das Informationsbedürfnis bezüglich einer NSU in den beiden Gruppen. Die folgenden drei Fragen zielten auf die Risikoeinschätzung einer NSU sowie auf die Konsequenzen ab, die eine NSU für Schwangerschaft und Geburt nach Ansicht der Befragten hat, ab. Je nachdem, ob es sich um eine Schwangere oder eine Wöchnerin handelte, waren die Fragen mit leichten Abweichungen formuliert: Schwangere wurden zur *aktuellen*, Wöchnerinnen zur *gerade abgeschlossenen* Schwangerschaft befragt.

Der Fragebogen wurde an Patientinnen, die den o.g. Kriterien entsprachen, ausgeteilt und teilweise im Beisein von studentischen Mitarbeitern, teilweise durch die Teilnehmerin selbst, ausgefüllt.

Die Daten wurden anschließend pseudoanonymisiert in SPSS übertragen.

2.3.3 Datenanalyse

Für qualitative, nominalskalierte Merkmale wurden Häufigkeiten berechnet. Die statistische Signifikanz der beobachteten Unterschiede wurde mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft. Im Sonderfall der Vierfeldertafel wurde der exakte Test nach Fisher verwendet.

Die deskriptive Charakterisierung stetiger Daten erfolgte durch die Berechnung von Mittelwert μ mit Standardabweichung SD. Zur Prüfung der statistischen Signifikanz beobachteter Unterschiede bei zwei unabhängigen Stichproben wurde der T-Test verwendet.