

Aus der Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
der Universität zu Köln

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. P. K. Mallmann

Intrapartale Mikroblutanalyse- noch zeitgemäß?

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Anika Birkenfeld

promoviert am 12. April 2024

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln 2024.

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. P. K. Mallmann

2. Gutachterin: Privatdozentin Dr. med. A. Kribs

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz, wurde ohne meine Mitarbeit, in der Universitätsfrauenklinik im Geburtendokumentationsprogramm View Point Version 5, von den angestellten MitarbeiterInnen der geburtshilflichen Abteilung dokumentiert und zur Verfügung gestellt.

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den **08.09.2023**

Unterschrift:



Danksagung

An erster Stelle bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Peter Mallmann für die Überlassung des Themas meiner Arbeit und seine Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Berthold Grüttner, der mir während meiner Arbeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ein weiterer Dank gilt den Mitarbeitern des Archivs und der Station 6 der Frauenklinik, die mir stets einen Arbeitsplatz zur Auswertung der Daten zur Verfügung stellten.

Ein herzlicher Dank gilt meiner Schwester und meinem Vater, die mich in Fragen der Rechtschreibung unterstützt und korrigiert haben.

Von Herzen danke ich meinen Eltern, die mich zu jeder Zeit und in allen Lebenslagen unterstützen und motivieren, meine Ziele und Träume zu verwirklichen.

Mein tiefster Dank gilt meinem Ehemann Frank, der seit so vielen Jahren konsequent an meiner Seite steht, mich bedingungslos in allen Vorhaben mit Liebe unterstützt und meinen Kindern Lonna und Moritz, die immer bei mir sind.

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

1. ZUSAMMENFASSUNG.....	8
2. EINLEITUNG	10
2.1. UNTERSUCHUNGEN DES FETUS WÄHREND DER GEBURT	11
2.1.1. SAUERSTOFFMANGEL DES KINDES	12
2.1.1.1. Indikationen	13
2.1.1.2. Klassifikation.....	15
2.1.1.3. Beurteilung	16
2.1.1.1. Aussagekraft des Kardiotokogramms	19
2.1.2. MIKROBLUTANALYSE.....	19
2.1.2.1. Die fetale Mikroblutuntersuchung.....	19
2.1.2.2. Geschichte der Blutgasanalyse.....	20
2.1.2.3. Indikationen	20
2.1.2.4. Durchführung des Verfahrens	21
2.1.2.5. Klassifikation und Beurteilung	21
2.2. OPERATIVE GEBURTSHILFE	23
2.2.1. SECTIO CAESAREA	23
2.2.1.1. Indikationen	23
2.2.1.2. Durchführung.....	24
2.2.2. VAGINAL-OPERATIVE GEBURT	25
2.2.2.1. Indikationen	25
2.2.2.2. Durchführung.....	25
2.3. UNTERSUCHUNG DES NEUGEBORENEEN	26
2.3.1. APGAR-INDEX.....	26
2.3.2. ANALYSE DER BLUTGASE AUS NABELSCHNURBLUT (NA-PH)	27
2.4. FRAGESTELLUNGEN UND ZIEL DER ARBEIT.....	29
3. MATERIAL UND METHODEN	30
3.1. DATENERFASSUNG UND PATIENTINNENKOLLEKTIV.....	30
3.2 STATISTISCHE METHODEN	30
4. ERGEBNISSE	32

4.1. DEMOGRAFISCHE DATEN UND PATIENTINNENCHARAKTERISTIKA	32
4.2. ENTBINDUNGSMODUS BEI AUFFÄLIGEM CTG MIT UND OHNE MBU.....	35
4.3. OUTCOME-PARAMETER	40
4.4. ENTBINDUNGSVERLAUF UND KOMPLIKATIONEN BEI DEN PATIENTINNEN, DEREN KINDER EINER MBU UNTERZOGEN WURDEN	41
4.4.1. VAGINALE GEBURTEN	42
4.5. ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER MBU	44
5. DISKUSSION	45
5.1. KOLLEKTIV	45
5.2. EINFLUSS DER MBU AUF DEN ENTBINDUNGSMODUS.....	45
5.3. RISIKOGRUPPEN UND OUTCOME IN BEZUG AUF DIE MBU	47
5.4. ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER MBU-RATE.....	48
5.5. ZUSÄTZLICHES PATIENTINNENKOLLEKTIV	48
5.6. LIMITATIONEN	49
6. LITERATUR	51
7. ANHANG.....	56
7.1. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	56
7.2. TABELLENVERZEICHNIS.....	57

Abkürzungsverzeichnis

APGAR	Aussehen, Puls, Grimassieren, Aktivität und Respiration
BE	<i>Base excess</i> : Basenüberschuss
BGA	Blutgasanalyse
CTG	Cardiotokogramm / Kardiotokogramm
DGGG	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V.
FBA	Fetalblutanalyse
FHF	Fetale Herzfrequenz
FIGO	<i>International Federation of Gynecology and Obstetrics</i>
IBM	<i>International Business Machines</i> (Unternehmen für Informationstechnologie)
MBU	Mikroblutanalyse
pCO₂	Kohlendioxidpartialdruck
SpM	Schläge pro Minute
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Statistik- und Analyse-Software)
SSW	Schwangerschaftswoche
WHO	<i>World Health Organisation</i> : Weltgesundheitsorganisation

1. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Hypothese erhoben, dass die Mikroblutuntersuchung auch heute noch einen hohen Stellenwert in der Geburtshilfe hat und der Nutzen das Risiko überwiegt.

Heutzutage ist es über die Kardiotokographie-Ableitung (CTG) intrapartal, hinaus möglich, durch eine fetale Mikroblutuntersuchung (MBU) aus Kapillaren der fetalen Kopfhaut, die Sauerstoffsättigung, den pH-Wert und den *Baseexcess* im fetalen Blut nachzuweisen. Damit ist die Möglichkeit gegeben den fetalen Zustand genauer zu beurteilen. Jedoch führte die Invasivität der Untersuchung dazu, diese Methodik in Frage zu stellen. Die Risiken der MBU, wie z.B. relevante Blutungen aus der Inzision, Wundfläche mit Infektionsrisiko und Narbenbildung, stehen dem Nutzen der differenzierten Beurteilung der fetalen Sauerstoffversorgung gegenüber.

In dieser rein retrospektiven Arbeit wurden die Akten der Gebärenden der Universitätsfrauenklinik Köln der Jahre 2011 bis 2020 über das Geburtendokumentationsprogramm View Point 5 ausgewertet.

Die Geburtshilfe der Universitätsfrauenklinik ist ein Perinatalzentrum Level 1 mit Entbindungen ab der Lebensfähigkeit, sowie mit Betreuung von Risikoschwangerschaften jedweder Intensität.

In der vorliegenden Dissertation werden die demographischen Daten und Patientinnencharakteristika, der Entbindungsmodus bei auffälligem CTG mit und ohne MBU, die kindlichen *Outcome*-Parameter, der Entbindungsverlauf und Komplikationen bei den Patientinnen, deren Kinder einer MBU unterzogen wurden, statistisch ausgewertet. Ausgeschlossen wurden die Frauen mit einer primären Sectio und Geburten vor 34+0 Schwangerschaftswochen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass bei korrekt, durch geschultes Personal, durchgeführter MBU, das neonatale Outcome verbessert werden kann. Die Kaiserschnittrate wird nicht grundlegend gesenkt, aber die Indikation zur Operation, durch das Vorliegen eines MBU-Wertes, strenger gestellt.

Die MBU hat bei einem auffälligen intrapartalen CTG einen Einfluss auf den Verlauf der Entbindung. Bei unauffälligen MBU-Werten wird die vaginale Geburt weiter angestrebt und die Kaiserschnittentbindung vermieden. Bei pathologischen MBU-Werten wird die Geburt forciert und somit das neonatale Outcome verbessert.

In den letzten 10 Jahren ist die Rate der MBU schwankend, es kann sich daher kein Trend erfassen lassen.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen aber, dass die Durchführung der MBU ein positives Instrument ergänzend zum CTG ist und daher weiterhin sinnvoll und zeitgemäß ist und auch in Zukunft eine adäquate Untersuchungsmethode in der Geburtshilfe darstellen sollte.

2. Einleitung

In Deutschland kamen im Jahr 2022 738819 Kinder zur Welt, dabei wurden 5 % mehr Jungen als Mädchen geboren [1,2]. Während die Rate an vaginal-operativen Geburten relativ konstant blieb (um 6 % der Geburten), stieg die Kaiserschnitttrate von 1991 (15,3 %) bis 2011 (32,2 %) kontinuierlich an. In den folgenden Jahren sank die Rate wieder leicht, bis sie 2019 erstmalig wieder anstieg [3,1].

Der Kaiserschnitt, auch Sectio caesarea oder nur Sectio genannt, hat sich von einer Notfalloperation, die das Leben von Mutter und Kind retten sollte, zu einem möglichen Geburtsmodus entwickelt, der heute mit einem geringen Risiko verbunden ist. Das Kind wird dabei chirurgisch durch die Eröffnung des Abdomens der Mutter per Uterotomie entwickelt [4–6]. Nahezu ein Drittel der in deutschen Kliniken geborenen Kinder wird heute per Sectio auf die Welt geholt. Global betrachtet zeigt sich ein ähnlicher Trend [3,5,7].

Eine der häufigsten Indikationen für eine Sectio ist ein pathologisches Kardiotokogramm (Cardiotokogramm, im Folgenden CTG genannt) [8]. In fortgeschrittener Geburtsphase ist aufgrund dessen oft eine vaginal-operative Entbindung erforderlich [9]. Da der sekundäre Kaiserschnitt mit einer deutlich erhöhten Komplikationsrate einhergeht, gilt es stetig, die Rate der operativen Entbindungen zu senken.

Das CTG zeichnet die fetale Herzfrequenz simultan zu den mütterlichen Wehen auf und dient der Erkennung eines Sauerstoffmangels und einer drohenden Asphyxie des Fetus [10–14]. Das Verfahren avancierte nach seiner Entwicklung 1969 in Deutschland schnell zur am häufigsten genutzten geburtshilflichen Maßnahme in Kliniken und wurde zu Beginn des 21. Jahrhunderts bei 95 % der Entbindungen eingesetzt [15–18]. Die Effektivität des Einsatzes des CTG sorgt in der Forschung jedoch für eine kontroverse Diskussion. Der standardmäßige Einsatz des CTG unter der Geburt führe unter anderem zu einer erhöhten Kaiserschnitttrate, was auf die geringe Spezifität des Verfahrens zurückzuführen sei [19–22,15]. Der alleinige CTG-Befund ist daher für die Entscheidung für oder gegen die Durchführung einer Sectio nicht ausreichend [8].

Ein ergänzendes diagnostisches Verfahren ist die Mikroblutanalyse (MBU), die ebenfalls während der Geburt beim Vorliegen eines auffälligen CTG-Befundes durchgeführt wird [11,12,8]. Hierbei wird durch eine Inzision im fetalen Skalp eine geringe Menge Blut gewonnen, die in einem Blutgasanalysator untersucht wird. Durch die Analyse des Säure-Basen-Haushaltes kann auf den Gasaustausch zwischen Mutter und Kind geschlossen werden. Eine

Azidose des Fetus kann somit über das CTG hinaus verifiziert und rechtzeitig erkannt oder ausgeschlossen werden [23,24,12,11].

Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss der Durchführung einer intrapartalen Mikroblutanalyse bei Vorliegen eines suspekten oder pathologischen CTG auf den Entbindungsverlauf und das neonatale Outcome. Von besonderem Interesse ist die Frage, ob die Durchführung der Mikroblutanalyse zu einer Senkung der Sectiorate führt und dieses invasive Untersuchungsverfahren somit heute weiterhin zeitgemäß ist.

2.1. Untersuchungen des Fetus während der Geburt

Untersuchungsmethoden, die während der Geburt durchgeführt werden, dienen dazu, das Wohlbefinden des Kindes zu beurteilen und beispielsweise eine mögliche Gefährdung durch eine Hypoxie rechtzeitig zu erkennen, die zu irreversiblen neurologischen Schäden oder zum Tod führen kann [25]. Im Folgenden werden die Untersuchungsmethoden des CTG und der intrapartalen Mikroblutanalyse vorgestellt.

Kundu et al. (2016) zeigen in einer Studie, dass die Interpretation des CTG nicht eindeutig und verlässlich und von vielen äußeren Faktoren abhängig ist. Im Zweifel muss der fetale Zustand durch Hinzuziehen einer Mikroblutuntersuchung näher verifiziert werden [26]. 2017 schreibt Hilal als Schlussfolgerung einer Studie, in der MBU bei pathologischen CTG ausgewertet wurden, dass die MBU in der klinischen Praxis verwendet werden könne, um Azidosen bei pathologischen CTG auszuschließen. In 90 % der Fälle wird eine Sectio oder vaginal-operative Entbindung vermieden. Jedoch kann die fetale Azidose bei 8 % falsch-negativen Ergebnissen, nicht zuverlässig erkannt werden [27].

Kritiker der fetalen Blutgasanalyse wie Alfirevic et al. (2017) schreiben, dass der Zugang zur fetalen Blutentnahme keinen Einfluss auf Neugeborenenanfälle und andere Ereignisse zu haben scheint [19]. Demaegd et al. (2020) sprechen keine Empfehlung für die MBU in Kombination mit dem CTG aus, da eine unauffällige MBU keinerlei Prädiktion im Hinblick auf die fetale Azidose gibt [28].

In einem Review von Chandraharan et al. (2014) wird die MBU ebenfalls als zweifelhaftes Diagnosekriterium betrachtet. Die fetale Kopfhaut wird von Gefäßen versorgt, die in der Wehe zusammengedrückt werden. Eine selbstregulierende Umverteilung von sauerstoffreichem Blut von peripheren zu zentralen Organen führt zu einer peripheren Ischämie und stellt theoretisch das Kapillarbett der Kopfhaut als repräsentativ für den zentralen Kreislauf in Frage [29].

2.1.1.Sauerstoffmangel des Kindes

Ein Mangel an Sauerstoff, d.h. eine Hypoxie, stellt eine Gefahr für das Kind dar und kommt in Deutschland jährlich bei etwa 1000 Kindern vor. 10 % der Zerebralpareesen sind auf eine Hypoxie während der Geburt zurückzuführen [30].

Eine Hypoxie ist ein Mangel an Sauerstoff im Gewebe, der sich in der Verminderung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks (paO_2) zeigt. Sie steht in Abhängigkeit zur Sättigung des Blutes mit Sauerstoff, der Blutkonzentration von Hämoglobin und der Perfusion. Sie zeigt sich später außerdem durch ein Basendefizit, das mit einem Anstieg des Laktats in Verbindung steht [25]. Eine Hypoxämie stellt einen niedrigen Gehalt an Sauerstoff im Blut dar [25,30]. Eine Hyperkapnie zeigt sich in einem erhöhten arteriellen Sauerstoffpartialdruck (pO_2) [30].

Ein Mangel an Sauerstoff im fetalen Kreislauf kann zu einer intrauterinen Azidose führen und damit neurologische Schäden verursachen. Ursächlich für die Hypoxie kommen maternale, fetale und plazentare Ursachen in Frage, wie der Übersicht in Tabelle 1 zu entnehmen ist [30].

Tabelle 1: Ursachen für eine intrauterine Hypoxie [30].

Maternale Ursachen	Plazentare Ursachen	Fetale Ursachen
Unzureichendes Sauerstoffangebot: <ul style="list-style-type: none"> • Anämie • Lungenkrankheit • Herzfehler 	Ungenügender Gasaustausch infolge plazentarer Durchblutungsstörung: <ul style="list-style-type: none"> • SIH • Übertragung • Vorzeitige Lösung • Placenta praevia 	Nabelschnurkomplikation: <ul style="list-style-type: none"> • Umschlingung • Knoten • Vorfall
Unzureichender Sauerstofftransport zur Plazenta: <ul style="list-style-type: none"> • Hypertonie • zu hoher Grundtonus der Gebärmutter • hyperfrequente Wehen 		Anämie: <ul style="list-style-type: none"> • Posthämorrhagischer Schock

Kriterien für eine intrauterine Hypoxie, die zu Schädigungen des Nervensystems führt, sind ein pH-Wert des Nabelschnurblutes (Na-pH) unter 7,0, ein APGAR-Score nach mehr als 5 Minuten von 0 bis 3 Punkten, außerdem Krämpfe, Koma oder Bluthochdruck und Schäden an

den Organen wie Lungen, Nieren, Verdauungstrakt oder Herz und Kreislauf des Neugeborenen [30].

Ein Mangel an Sauerstoff kann sich auf zwei unterschiedliche Arten zeigen: als metabolische Azidose, die auf einen Überschuss an Laktat zurückgeht, das durch die anaerobe Glykolyse entsteht oder als respiratorische Azidose, die durch einen Anstieg des Kohlenstoffdioxidpartialdrucks (PCO_2) entsteht, der aufgrund eines gestörten Austausches von Gasen entsteht [30].

Das CTG ist ein nichtinvasives Verfahren, das zur kontinuierlichen Überwachung und grafischen Aufzeichnung der Herzfrequenz des Fetus und der Wehen dient [10–14,25]. Die Methode wurde Anfang der 1960er Jahre von Hammacher entwickelt und soll die Beeinträchtigung von Feten unter der Geburt identifizieren [18]. Ziel ist das rechtzeitige Erkennen von Sauerstoffmangel und insbesondere einer auftretenden Asphyxie beim Fetus und damit die Vermeidung von neurologischen Schäden oder Tod des Kindes [15,14]. Das CTG stellte nach seiner Entwicklung schnell die am häufigsten genutzte Maßnahme in der Geburtshilfe dar und wurde in deutschen Kliniken Anfang der 2000er Jahre standardmäßig bei 95 % der Geburten eingesetzt [15–17].

Unterschieden werden die Aufzeichnung von Kontraktionen und kindlicher Herzfrequenz während der Schwangerschaft, die antepartale Kardiotokographie und die für die vorliegende Arbeit relevante Aufzeichnung während der Geburt, die intrapartale Kardiotokographie [25].

2.1.1.1. Indikationen

Eine kontinuierliche Überwachung mittels CTG, wie sie früher standardmäßig in der klinischen Geburtshilfe durchgeführt wurde, ist heute aufgrund mangelnder Evidenz nicht mehr indiziert. Stattdessen soll laut Leitlinie des DGGG „Vaginale Geburt am Termin“ bei Frauen mit niedrigem Risiko intermittierend alle 15 bis 30 Minuten eine Auskultation der fetalen Herztöne mit Hilfe eines Stethoskops oder eine Dopplersonographie durchgeführt werden [8]. Mögliche Indikationen für eine kontinuierliche Überwachung mit dem CTG bei niedrigem Risiko laut S3-Leitlinie sind in Tabelle 2 zu sehen.

Tabelle 2: Indikationen zur kontinuierlichen CTG-Überwachung bei niedrigem Risiko [8].

Auftretende Risikofaktoren während der Geburt
Mütterlicher Puls > 120 SpM, zweimalig im Abstand von 30 Minuten
Mütterliche Temperatur > 38 °C (einmalig) oder 37,5 °C, zweimalig im Abstand von 1 Stunde
Verdacht auf Tripel I / Sepsis
Untypische Schmerzen
(Signifikant) grünes Fruchtwasser
Frische vaginale Blutung
Blutdruck systolisch \geq 160 mmHg oder diastolisch \geq 110 mmHg (außerhalb der Wehe)
Blutdruck systolisch \geq 140 mmHg oder diastolisch \geq 90 mmHg, zweimal im Abstand von 30 Minuten außerhalb der Wehe
Proteinurie (Urin-Stix ++) mit einmaligem Blutdruck \geq 140 mmHg oder diastolisch \geq 90 mmHg außerhalb der Wehe
Protrahierte Geburt
Kontraktionen länger als 60 Sekunden (Dauerkontraktion) oder mehr als 5 Kontraktionen innerhalb 10 Minuten (Polysystolie)
Intrapartale Wehenmittelgabe (Oxytocin)

Auch die S1-Leitlinie „Anwendung des CTG während Schwangerschaft und Geburt“ des DGGG schließt sich dieser Empfehlung an. Hier soll bei geringem Risiko lediglich ein halbstündiges CTG bei Aufnahme in die Klinik zum Nachweis der Wehen und des Wohlbefindens des Fetus durchgeführt werden, während in der Folge die Auskultation oder elektronische Registrierung im Abstand von einer halben bis zwei Stunden empfohlen wird. Ein kontinuierliches CTG wird demnach bei Risikoschwangeren und in der späten Eröffnungsphase und der Austreibungsphase eingesetzt [31]. Auch eine Tokolyse oder die Gabe von Oxytocin oder Prostaglandinen erfordern eine kontinuierliche CTG-Überwachung. Ein pathologisches CTG soll durch eine MBU ergänzt werden [31].

Eine Studie, die die aktuellen Leitlinien auf internationaler Ebene vergleicht, kommt zu dem Ergebnis, dass die Empfehlung für eine kontinuierliche CTG-Überwachung nicht für Frauen mit niedrigem Risiko besteht [32]. Auch die 2023 erschienene AWMF-Leitlinie „Fetale Überwachung“ empfiehlt kein antepartuales CTG im Niedrigrisikokollektiv [35]. Nach aktuellen Arbeiten wird das CTG in der klinischen Praxis jedoch weiterhin, nicht leitliniengerecht, sehr häufig auch bei Frauen mit niedrigem Risiko verwendet [33,34]. Gründe dafür sind unter anderem ein erhöhter Aufwand für die Auskultation oder Dopplersonographie, der aufgrund von Personalmangel vermieden wird und die Möglichkeit des Verlassens des Raums bei Anwendung des CTG durch das Personal [33].

2.1.1.2. Klassifikation

Das CTG stellt die fetale Herzfrequenz und die Kontraktionen grafisch dar. Es erfolgt eine Beurteilung zur Klassifikation der folgenden Parameter der fetalen Herzfrequenz [31,13]:

- Basale Herzfrequenz (Basisherzfrequenz)
- Akzelerationen
- Dezelerationen
- Oszillationen
- Oszillationsamplitude (Bandbreite)
- Langzeitoszillationen (Oszillationsfrequenz) [31]

Die Herzfrequenz des Kindes (fetale Herzfrequenz, FHF) wird in Schlägen pro Minute (SpM) angegeben und liegt im Normalfall bei 110 - 160 SpM [8]. Die Basalfrequenz ist die mittlere fetale Herzfrequenz, die sich in einem Zeitraum von 5 bis 10 Minuten zeigt, während keine Akzelerationen oder Dezelerationen aufgezeichnet werden. Akzelerationen beschreiben eine Abweichung von dieser Basalfrequenz nach oben, Dezelerationen eine Abweichung nach unten [13].

Unter Akzeleration wird eine beschleunigte Herzfrequenz des Fetus verstanden. Diese ist durch mindestens 15 SpM in einem Zeitraum von mindestens 15 Sekunden und unter 10 Minuten gekennzeichnet. Akzelerationen, die unabhängig von den Kontraktionen auftreten, sind ein positiver Prädiktor für das Wohlbefinden des Kindes [15]. Sie können beispielsweise auch durch die Eröffnung der Fruchtblase oder die Fetalblutentnahme entstehen [25]. Akzelerationen, die in Abhängigkeit der Kontraktionen auftreten, können einen Hinweis auf eine Kompression der Nabelschnur oder eine uteroplazentare Minderdurchblutung geben [25].

Bei einer Dezeleration sinkt die Herzfrequenz des Fetus um mindestens 15 SpM in einem Zeitraum von 15 Sekunden bis 3 Minuten ab [15]. Sie spiegeln eine mangelnde Zufuhr an Sauerstoff wider. Unterschieden wird dabei in frühe, variable und späte Dezelerationen. Die frühe Dezeleration tritt zur gleichen Zeit wie die Kontraktion ein, und erreicht ihre tiefste Frequenz mit der Wehenakme, die späte Dezeleration tritt etwa 20 Sekunden bis 1,5 Minuten nach dem Höhepunkt der Kontraktion auf [15].

Frühe Dezelerationen entstehen in der Regel durch Kompression des fetalen Kopfes durch die Wehen, was zu einer kurzfristigen Ischämie führt. Diese Art der Dezeleration kommt mit einer Häufigkeit von 10 % vor. Ist die Fruchtblase bereits eröffnet, steigt die Häufigkeit ihres Auftretens [25]. Späte Dezelerationen weisen auf eine mögliche fetale Asphyxie hin, kommen

allerdings nur mit einer Häufigkeit von 5 % vor [25]. Variable Dezelerationen stellen ebenfalls einen Abfall der fetalen Herzfrequenz (FHF) dar und sind in ihrem Auftreten wechselnd und zeitlich nicht an die Wehen gebunden. Sie kommen bei nahezu jeder zweiten Geburt vor [25]. Hier liegt häufig eine Kompression der Nabelschnur zugrunde [15]. Die prolongierte Dezeleration stellt eine schwere Ausprägung der Dezeleration dar, die eine Dauer von 1 bis 3 Minuten aufweist. Nach diesem Zeitraum kann die prolongierte Dezeleration in eine Bradykardie übergehen. Prolongierte Dezelerationen stehen häufig in Zusammenhang mit einem Ereignis, das als Auslöser fungiert, wie einer Dauerkontraktion, einem Vena-cava-Kompressionssyndrom oder einem Abfall des maternalen Blutdrucks [11].

Die Oszillationsbandbreite oder Oszillationsamplitude beschreibt den Abstand des höchsten und tiefsten Ausschlages der FHF innerhalb von 60 Sekunden und ist für die Auswertung des CTG weniger relevant [13]. Die Messung dauert hierfür 30 Minuten, wobei die auffälligste Minute zur Beurteilung herangezogen wird. Die normale Bandbreite bewegt sich zwischen 5 und 25 SpM. Für die Oszillationsfrequenz werden die Nulldurchgänge gezählt, die im Normalfall zwischen 5 und 13 in der Minute liegen [13]. Eine Gefährdung des Fetus zeigt sich in einer verminderten Oszillationsamplitude und Oszillationsfrequenz, wenn eine Tachykardie oder Bradykardie mit Verlust der Oszillation besteht oder sich ein Verlust der Oszillation in einem Dezelerationstief zeigt [25].

2.1.1.3. Beurteilung

In der klinischen Routine muss darauf geachtet werden, dass die Voraussetzungen für die Interpretation des CTG gegeben sind [12]. Die Kontinuität der Ableitung der fetalen Herzfrequenz muss gewährleistet sein. Die Rate an Signalverlusten sollte dabei weniger als 15 % betragen. Die Herzfrequenz der Mutter kann beispielsweise über einen Fingerclip aufgezeichnet werden, sodass es nicht zu Verwechslungen zwischen Mutter und Kind kommt [12].

Das CTG wird nach S1-Leitlinie des DGGG in „normal“, „suspekt“ und „pathologisch“ kategorisiert [12,31], wie in Tabelle 3 zu sehen.

Tabelle 3: Bewertung der Einzelparameter der FHF [31].

Parameter	Grundfrequenz (SpM)	Bandbreite (SpM)	Dezelerationen	Akzelerationen
normal	110 - 160	≥ 5	keine ¹	vorhanden, sporadisch ²
suspekt	100 - 109 161 - 180	< 5 ≥ 40 Minuten > 25	frühe/ variable Dez. einzelne, verlängerte Dez. bis 3 Minuten	vorhanden, periodisch (mit jeder Wehe)
pathologisch	< 100 > 180 sinusoidal ³	< 5 > 90 Minuten	atypische variable Dez. späte Dez. einzelne verlängerte Dez. > 3 Minuten	Fehlen > 40 Minuten (Bedeutung noch unklar, Bewertung fraglich)
1 FHF- Dezelerationsamplitude ≥ 15 SpM, Dauer ≥ 15 Sekunden 2 FHF- Akzelerationsamplitude ≥ 15 SpM, Dauer ≥ 15 Sekunden 3 sinusoidale FHF: ≥ 10 SpM, Dauer ≥ 10 Minuten				

Ein normales CTG zeigt keine Dezelerationen und wenige Akzelerationen. Treten frühe oder variable Dezelerationen ohne weitere pathologische Merkmale auf, handelt es sich um ein suspektes CTG [12]. Ein Mangel an Sauerstoff kann sich in einer kritischen Tachykardie oder in regelmäßigen, wehensynchronen Akzelerationen zeigen. Das pathologische CTG ist durch variable Dezelerationen und weitere ungünstige Merkmale gekennzeichnet [12]. In diesem Fall wird eine Mikrolutanalyse (MBU) empfohlen. Ein Fehlen von Akzelerationen und schwere variable Dezelerationen, die mit fehlender Variabilität einhergehen, sprechen für eine Gefährdung des Fetus [12]. Eine Bradykardie des Fetus ist durch eine Herzfrequenz von weniger als 100 SpM über drei Minuten gekennzeichnet. Das CTG ist damit pathologisch und es besteht die Gefahr einer Hypoxie und Azidose des Fetus [11,8]. Das pathologische CTG in Abbildung 1 zeigt das Beispiel einer Bradykardie eines Fetus, der aufgrund dessen per Notkaiserschnitt entbunden wurde. Es zeigte sich eine großflächige vorzeitige Lösung der Plazenta [25].

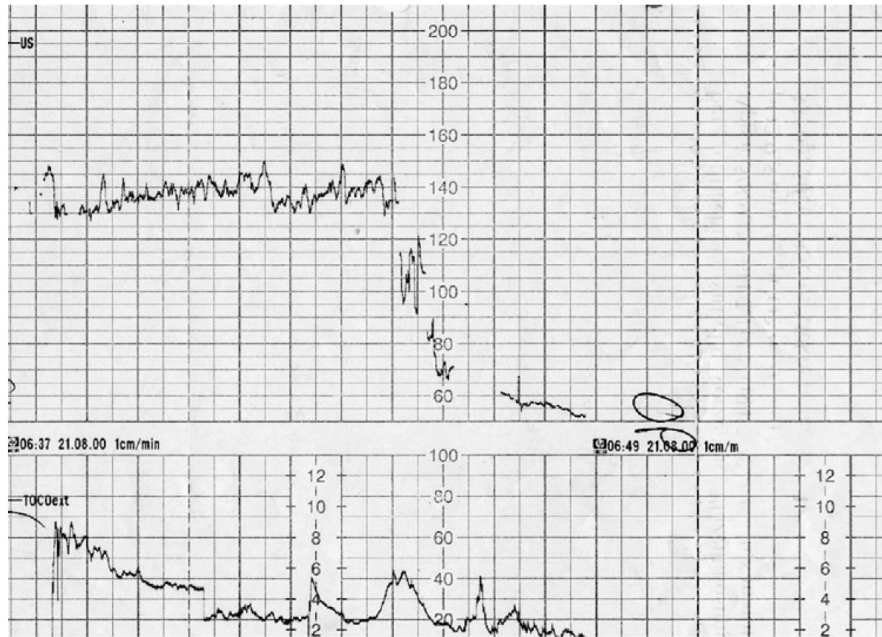


Abbildung 1: Therapieresistente Bradykardie eines Fetus bei einer 32-jährigen Erstgebärenden in 40 + 6 SSW. Nikotinabusus 7/d. Notsectio [25].

Trotz optimaler Vorbereitung ist die Beurteilung des CTG in hohem Maße von der Expertise des Beurteilenden abhängig [11,15,36]. Verschiedene fetale, maternale und exogene Faktoren (Tabelle 4) können die Variabilität der fetalen Herzfrequenz beeinflussen und müssen somit berücksichtigt werden.

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf das fetale CTG [31].

maternal	fetoplazentar	fetal	exogen
Körperliche Aktivität	Gestationsalter	Bewegungen	Lärm
Körperhaltung	Nabelschnurkompression	Verhaltenszustände	Medikamente
Uterusaktivität	Plazentainsuffizienz	Weckreize	Rauchen
Körpertemperatur (Fieber)	Chorioamnionitis	Hypoxämie	Drogen
Blutdruckschwankungen			

Verminderte oder fehlende Variabilität kann beispielsweise durch eine Schlafphase des Fetus, Medikamente, Insuffizienz der Plazenta oder Hypoxie begründet sein und zieht unterschiedliche Vorgehensweisen nach sich [15,11,31]. Die Beurteilung erfordert daher im Idealfall mehrere Untersucher*innen [25]. Ein systemisches Review zeigt, dass in Bezug auf das intrapartale CTG trainierte Behandler*innen dieses besser interpretieren können, eine hohe Übereinstimmung mit anderen Beobachter*innen zeigen und über mehr Wissen verfügen, was sich in einer verbesserten Behandlungsqualität widerspiegelt [37,31].

2.1.1.1. Aussagekraft des Kardiotokogramms

Der Einsatz des CTG während der Geburt wird in der Forschung hinterfragt und diskutiert [15,38]. Insbesondere die Effizienz des CTG wird immer wieder angezweifelt. Frühere Studien zeigten, dass die Kaiserschnitttrate und die Zahl der operativen Geburten durch den Einsatz des CTG deutlich stiegen. Dies führte auch zu einer erhöhten Mortalität bei den Müttern [19–22,39]. Eine Cochrane-Analyse von 2017 bestätigt diese Ergebnisse [19]. Das CTG besitzt zwar eine hohe Sensitivität von etwa 99 %, allerdings eine geringe Spezifität von etwa 77 % [38,15]. Ohne weitere Diagnostik kommt es hier zu einer hohen Rate an falsch positiven Befunden. Gnirs et. al (2015) geben an, dass, wenn lediglich das CTG für die Entscheidung zur Intervention herangezogen wird, etwa die Hälfte der daraus resultierenden operativen Geburten bei Kindern ohne Beeinträchtigung durchgeführt würden [11]. Aus diesem Grund wird bei einem pathologischem CTG die ergänzende Durchführung einer Mikroblutanalyse (MBU) empfohlen [11].

Laut Leitlinie des DGGG „Vaginale Geburt am Termin“ sollen Entscheidungen, die während der Geburt getroffen werden, wie zum Beispiel die Durchführung einer Sectio, nicht ausschließlich auf den Aufzeichnungen des CTG basieren. Neben der Mikroblutanalyse des Fetus sollen der Blutdruck, die Herzfrequenz und die Körpertemperatur der Mutter, ihre subjektiv berichtete Verfassung, Blut im Fruchtwasser oder eine grüne Färbung, vaginale Blutungen, die Einnahme von Medikamenten, die Häufigkeit der Wehen, die Phase der Geburt und deren Fortschritt und die Anzahl der zurückliegenden Geburten berücksichtigt werden [8].

2.1.2. Mikroblutanalyse

2.1.2.1. Die fetale Mikroblutuntersuchung

Im folgenden Abschnitt wird das Verfahren der fetalen Blutgasanalyse, auch als Mikroblutuntersuchung (im Folgenden MBU genannt) bezeichnet, vorgestellt und erläutert. Die Entwicklung dieser Untersuchung, ihre Durchführung, die Indikationsstellung, sowie mögliche Risiken und Komplikationen werden beschrieben.

Die MBU stellt eine ergänzende Untersuchung zum CTG während der Geburt dar und erlaubt es, suspekte und pathologische Veränderungen im CTG besser zu bewerten und einzuschätzen [11]. Die Methode wurde von Erich Saling Anfang der 1960er Jahre konzipiert, um den Zustand des Fetus bereits unter der Geburt diagnostisch einschätzen zu können und eine fetale Hypoxie oder Asphyxie anhand des Säure-Basen-Haushaltes rechtzeitig zu erkennen [12,24,40].

Im Gegensatz zum CTG handelt es sich bei der MBU um ein invasives Verfahren, bei dem eine geringe Menge Blut des Fetus durch eine Inzision, in der Regel aus dessen Kopfhaut, gewonnen wird. Voraussetzung hierfür ist das Einverständnis der Schwangeren, ein mindestens 4 cm geöffneter Muttermund und ein erfolgter oder induzierter Blasensprung [8].

2.1.2.2. Geschichte der Blutgasanalyse

Die MBU ist ein invasives, diagnostisches Basisverfahren mit breitem Anwendungsspektrum in der Medizin. Die Messwerte geben Auskunft über die Lungenfunktion (Ventilation und Gasaustausch). Die Blutgasanalyse (BGA) liefert darüber hinaus weitere Informationen zur Homöostase des Körpers durch Analyse der Elektrolyte, des Säure-Basen-Haushaltes, des Blutzuckers und der Hämoglobin- und Laktatkonzentration [12,11]. E. Saling entwickelte gemeinsam mit seinem Kollegen K. Damaschke in der Geburtshilfe die Technik der Blutentnahme am vorangehenden Kindsteil und die O₂-Meßtechnik. So ist man in der Lage die O₂-Versorgung des Kindes im Bedarfsfall während der gesamten Geburt zu überwachen [40].

Durch die Mikroblutanalyse aus dem kindlichen Kapillarblut, konnte festgestellt werden, dass die Azidose einen wichtigen und zuverlässigen Indikator für einen Sauerstoffmangel beim Feten darstellt [23,24,40]. Bei pathologischen Befunden der fetalen Herzfrequenzüberwachung subpartu, wird zur Verbesserung der perinatalen Ergebnisse die Mikroblutanalyse (MBU) von der DGGG empfohlen [8]. Bis heute findet die Mikroblutuntersuchung unter der Geburt in vielen Geburtskliniken Anwendung.

2.1.2.3. Indikationen

Eine Indikation für eine Fetalblutanalyse ist ein suspektes oder pathologisches CTG. Bei einer bestehenden Bradykardie des Fetus von weniger als 100 SpM sollte die MBU sofort durchgeführt werden. Auch variable Dezelerationen die drei Mal oder öfter in Folge auftreten oder späte Dezelerationen stellen eine Indikation für eine MBU dar [25].

Eine unklare Symptomkombination und ein unauffälliges CTG bei Risikoschwangerschaften mit deutlich erhöhtem fetalen Risiko, z.B. grünes Fruchtwasser, stellen ebenso eine Indikation zur MBU dar [26].

Kontraindikationen für die MBU sind beispielsweise Blutgerinnungsstörungen des Fetus oder Infektionen der Mutter, insbesondere HIV [8]. Außerdem darf eine MBU nicht bei einer Frühgeburt von weniger als 34 Schwangerschaftswochen oder Gesichtslage des Fetus durchgeführt werden [11].

Die Wiederholung der Mikroblutanalyse erfolgt bei normalen Werten und normalem CTG nach einer Stunde, bei suspektem oder pathologischem CTG ggf. früher. Bei normalem CTG und grenzwertigem MBU-Wert wird die Untersuchung nach einer halben Stunde erneut durchgeführt [8].

2.1.2.4. Durchführung des Verfahrens

Zunächst wird der vorangehende Teils des Fetus mit einem Amnioskop eingestellt [23]. Es erfolgt die Durchführung der Mikroblutuntersuchung unter möglichst sterilen Bedingungen. Die Haut wird gereinigt und mit Paraffinöl bestrichen. Im Anschluss wird die Kopfhaut mit einer Lanzette ca. 2 mm tief inzidiert. Das Aufsaugen des Blutes wird mit einer heparinisierten Kapillare durchgeführt, wobei der Kontakt mit Luft vermieden wird. Das gewonnene Blut wird in einen Blutgasanalysator gegeben [23,13]. Die Durchführung der Mikroblutanalyse erfordert, genau wie die Auswertung des CTG, geschultes Personal und entsprechende Instrumente. Die Zuverlässigkeit der Analyse der Blutgase ist hoch, sofern die MBU korrekt durchgeführt wird [11].

2.1.2.5. Klassifikation und Beurteilung

Ein Sauerstoffmangel - und in der Folge eine Azidose - beim Fetus entsteht durch einen gestörten Gasaustausch zwischen Mutter und Kind. Ursächlich können dabei beispielsweise eine Plazentainsuffizienz, eine Komplikation der Nabelschnur, zu starke Wehen oder eine Verminderung der Durchblutung der Gebärmutter sein [10]. Ein Mangel an Sauerstoff führt zur Bildung von Laktat in Folge der anaeroben Glykolyse. Der Laktatwert kann daher zur Einschätzung einer Azidose beim Fetus während der Geburt herangezogen werden. Eine metabolische Azidose kann zu neurologischen oder organischen Schädigungen beim Fetus führen [12].

Die Klassifikation zur Bewertung der fetalen Blutprobe ist in Tabelle 5 zu sehen.

Tabelle 5: Klassifikation zur Bewertung der Fetalblutprobe [8].

Laktat (mmol/l)	pH	Beurteilung
≤ 4,1	≥ 7,25	normal
4,2–4,8	7,21–7,24	grenzwertig
≥ 4,9	≤ 7,20	pathologisch

Ein sinkender pH-Wert zeigt einen Sauerstoffmangel des Fetus an. Grenzwertige pH-Werte von 7,21 bis 7,24 stellen eine fetale Präazidose dar und erfordern daher eine lückenlose Überwachung des Fetus durch das CTG. Die MBU soll bei zunehmenden Anzeichen für ein abnormes CTG wiederholt werden. Pathologische pH-Werte von 7,20 oder weniger erfordern sofortige interventionelle Maßnahmen und die Entbindung [12], wie in Tabelle 6 zu sehen.

Tabelle 6: pH-Werte, PCO₂ und Base Excess (BE) aus dem Fetalblut (FB) und empfohlenes Vorgehen [31].

Fetalblutanalyse (FBA)	Folgerung
pH ≥ 7,25	FBA sollte bei persistierender FHF-Auffälligkeit innerhalb von 30 Minuten wiederholt werden.
pH 7,21 – 7,24	FBA sollte innerhalb von 30 Minuten wiederholt oder die Entbindung erwogen werden (bei raschem pH-Abfall seit der letzten Messung).
pH ≤ 7,20 PCO ₂ > 65 mmHg (respiratorische Azidose) BE > -9,8 (z.B. -15) mmol/l (metabolische Azidose)	Die rasche Entbindung ist insbesondere bei metabolischer Azidose indiziert.
Alle Fetalblutmessungen sollten vor dem Hintergrund des initialen pH-Wertes, des Metabolismus, des Geburtsfortschritts und der sonstigen klinischen Befunde bei Fetus und Mutter interpretiert werden.	

Kann der Laktatwert nicht bestimmt werden, besteht die Möglichkeit, den in der Tabelle beschriebenen Basenüberschuss (BE) aus dem pH-Wert und dem Kohlendioxidpartialdruck (pCO₂) zu berechnen, woraus sich die metabolische Azidität ableiten lässt [12].

Die Mikroblutuntersuchung hat sich in vielen Frauenkliniken als diagnostisches Hilfsmittel durchgesetzt und etabliert. Fachleute sind jedoch unterschiedlicher Meinung, so gibt es Verfechter der Mikroblutuntersuchung, die argumentieren, dass durch diese Methode die Kaiserschnitttrate gesenkt werden kann. Die Gegner der MBU erkennen jedoch keine Reduktion der Schnittentbindungen, Azidosen oder neurologischer Probleme [19,29,28,26,27].

2.2. Operative Geburtshilfe

Unter operativer Geburtshilfe werden die Entbindung per Kaiserschnitt (Sectio caesarea) und die vaginal-operative Geburt mittels Forceps (Zange) oder Saugglocke verstanden. Die Wahl der Methode hängt von der Indikation, dem Fortschritt der Geburt und dem Zustand von Mutter und Kind ab [9]. Bei einer vorliegenden Azidose des Fetus mit einem pH-Wert von weniger als 7,20 sollte die Entbindung so schnell wie möglich erfolgen. Die Geburtsphase spielt hierbei eine Rolle, so muss in der Eröffnungsphase die Schnittentbindung durchgeführt werden, während in der fortgeschrittenen Austreibungsphase das Ende der Geburt in der Regel durch die vaginal-operative Entbindung erfolgt [6,41,9].

2.2.1.Sectio caesarea

Die Rate der Sectios ist in Deutschland seit den 70er Jahren deutlich angestiegen, lag sie damals noch unter 5 %, waren es nach den Daten des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2021 30,9 %, was einem Drittel aller Entbindungen im Krankenhaus entspricht [3,5]. Global betrachtet zeigt sich eine ähnliche Entwicklung. Eine Studie der WHO analysiert die weltweiten Sectoraten von 2010 bis 2018 in 154 Ländern [7]. Die Ergebnisse zeigen einen global beobachtbaren Anstieg der Sectorate mit einem Durchschnitt von 21,2 %, wobei die Raten je nach Region stark schwanken. So werden in der Subsahararegion Afrikas lediglich 5 % der Kinder durch eine Sectio entbunden, während es in Lateinamerika und der Karibik 42,8 % sind [7]. Die Sectio wird beispielsweise in Brasilien besonders häufig durchgeführt, hier kommen über 50 % der Kinder per Kaiserschnitt zur Welt. In Sao Paulo und Rio sind heute sogar 80 % der Geburten Kaiserschnitte. In einigen Kliniken ist die Sectio daher bereits Routine, so dass eine vaginale Geburt nur auf expliziten Wunsch erfolgt [42]. Die errechneten Prognosen zeigen, dass im Jahr 2030 durchschnittlich 28,5 % der weltweiten Geburten Sectios sein werden [7].

2.2.1.1. Indikationen

Die aktuelle Leitlinie „Vaginale Geburt am Termin“ beschreibt den Zustand nach Sectio und ein pathologisches CTG als häufigste Indikationen für einen Kaiserschnitt [43]. Weitere fetale und maternale Indikationen für eine Sectio sind in Tabelle 7 zu sehen.

Tabelle 7: Übersicht über Sectioindikationen [6].

Maternal	Protrahierter Geburtsverlauf
	Zustand nach Sectio
	Placenta praevia
	Vorzeitige Plazentalösung
	Uterusruptur
	Schwere maternale Erkrankungen, schwere Präeklampsie, schwere Herzerkrankungen, invasives Zervixkarzinom
Fetal	Drohende intrauterine Hypoxie (plazentare Minderperfusion); Diabetes mellitus; Rh-Inkompatibilität
	Nabelschnurvorfall
	Amnioninfektionssyndrom
	Lageanomalie (Querlage, Beckenendlage)
	Fetale Fehlbildungen (fetale Tumoren, Myelomeningozele, Gastroschisis, große Omphalozele)
	Frühgeburtlichkeit
	Mehrlingsschwangerschaft

Indikationen für die Durchführung einer Notfallsectio sind eine akute Bradykardie des Fetus, wenn keine vaginal-operative Entbindung erfolgen kann [6]. Außerdem stellen eine Ruptur des Uterus und eine vorzeitige Lösung der Plazenta, die mit einem pathologischen CTG einhergeht, Indikationen für eine Notfallsectio dar, sowie eine Blutung bei Vorliegen einer Placenta praevia, die das Leben der Mutter bedroht [6].

2.2.1.2. Durchführung

Die Sectio hat sich von einer Operation, die in Notfällen durchgeführt wurde, beispielsweise um das Leben von Mutter und Kind zu retten, zu einer möglichen alternativen Option des Gebärens entwickelt. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Sectio heute einen weniger gefährlicheren Eingriff darstellt als zu Beginn ihrer Entwicklung [42]. Die Schnittführung sowohl des Hautschnitts als auch der Uterotomie, wurde von einem senkrechten zu einem waagerechten Schnitt geändert. Außerdem stehen bessere Methoden für die Anästhesie und die Gabe von Antibiotika zur Verfügung. Auch die Verfügbarkeit von Bluttransfusionen trägt zur Sicherheit des Eingriffs bei [42]. Die Sectio caesarea erfolgt chirurgisch, indem das Abdomen der Mutter eröffnet wird. Dabei werden die Schichten der Bauchdecken und der Gebärmutter durchtrennt, um das Kind durch diese Öffnung zu entwickeln [5].

Es wird zwischen primärer und sekundärer Sectio differenziert. Die primäre Sectio zeichnet sich durch eine Planung des Eingriffs im Vorfeld aus. Sie erfolgt vor dem Einsetzen von zervixwirksamen Wehen, bevor die natürliche Geburt beginnt [42]. Die sekundäre Sectio wird nach dem Beginn zervixwirksamer Wehen oder nach einem erfolgten Blasensprung durchgeführt. Sekundäre Sectios sind oft eilige Eingriffe, bis hin zur Notfallsectio, die bei Komplikationen während der Geburt durchgeführt werden [42,5].

2.2.2.Vaginal-operative Geburt

Die vaginal-operative Entbindung beinhaltet die instrumentelle Extraktion des Kindes aus dem Geburtskanal, wobei eine Zange (Forceps) oder Saugglocke verwendet wird [41]. Voraussetzungen sind die vollständige Öffnung des Muttermundes, ein erfolgter Blasensprung und der Stand des kindlichen Kopfes möglichst auf Beckenmitte [44].

2.2.2.1. Indikationen

Indikationen für eine vaginal-operative Geburt können durch den Fetus oder die Mutter oder durch eine Kombination aus beidem entstehen. Eine fetale Indikation ist ein pathologisches CTG, das regelmäßige Dezelerationen oder eine Bradykardie zeigt. Auch eine pathologische Mikroblutanalyse, d.h. eine fetale (Prä-)Azidose stellt eine Indikation dar [41,44]. Maternale Indikationen können die maternale Erschöpfung, kardiopulmonale oder zerebrovaskuläre Erkrankungen oder ein Ausbleiben des Tiefertretens des kindlichen Kopfes trotz ausreichender Kontraktionen und Pressens sein [44,41]. Ebenso können kombinierte Indikationen im Sinne einer verlängerten Austreibungsphase mit suspektem CTG vorliegen [41].

2.2.2.2. Durchführung

Die vaginal-operative Entbindung erfolgt heute in der Regel als Vakuumextraktion mit Hilfe einer Saugglocke. Die Glocke wird durch ein Vakuum am Kopf des Kindes angebracht, bevor die Extraktion erfolgt. Der fetale Kopf sollte zur Durchführung der Vakuumextraktion auf Beckenmitte oder Beckenboden stehen, dies muss klinisch durch die vaginale Untersuchung gesichert sein. Die Rate der vaginal-operativen Entbindungen beträgt in Deutschland etwa 6 bis 7 % [8,41,44].

Bei der Zangengeburt wird das Kind unter Einsatz einer Zange (Forceps) entbunden. Da hierbei die Häufigkeit von schweren Geburtsverletzungen erhöht ist, wird diese Methode in Deutschland heute nur noch bei unter 1 % der klinischen Entbindungen durchgeführt [41].

2.3. Untersuchung des Neugeborenen

Eine erste Beurteilung des kindlichen Outcomes postpartal erfolgt durch die Erstuntersuchung. Die Erstversorgung des Neugeborenen erfolgt noch im Kreißsaal und beinhaltet neben beispielsweise dem Abnabeln und dem Freimachen der Atemwege, die Diagnostik des Zustandes des Kindes. Dokumentiert werden der APGAR-Score nach einer, nach 5 und nach 10 Minuten postpartum und der pH-Wert der Blutgasanalyse aus dem Nabelschnurblut (Na-pH) [25].

2.3.1. APGAR-Index

Nach der Geburt wird das Kind nicht mehr durch die Plazenta versorgt, der Körper muss sich daher in Bezug auf die Atmung, den Kreislauf, den Stoffwechsel und die Körperwärme umstellen. Störungen der postnatalen Adaptation treten bei etwa 5 % der reifgeborenen Kinder auf [45]. Die Einschätzung des allgemeinen Zustandes ist daher erforderlich, um Komplikationen, wie beispielsweise die Folgen eines Sauerstoffmangels während der Geburt oder postnatale Anpassungsstörungen rechtzeitig zu erkennen und adäquate Maßnahmen ergreifen zu können [45].

Die Beurteilung geschieht standardmäßig durch den 1953 von Virginia Apgar konzipierten APGAR-Score (auch APGAR-Index oder -Wert), der zur Einschätzung des Zustandes des Neugeborenen nach der Geburt dient [46,8]. Er beinhaltet fünf Kriterien, für die jeweils 0 bis 2 Punkte vergeben werden. Die Bewertung erfolgt eine, 5 und 10 Minuten nach der Geburt [8], wie in Tabelle 8 zu sehen.

Tabelle 8: APGAR-Score [47].

Punkte	0	1	2
Herzfrequenz	0	< 100/min	> 100/min
Atemanstrengung	keine	unregelmäßig	schreit
Muskeltonus	schlaff	beugt Arme und Beine	bewegt spontan
Reflex auf Absaugen	keine	grimassiert	niest, hustet
Hautfarbe	blass, blau	Akrozyanose	rosig

Der höchste APGAR-Wert beträgt 10 Punkte, wobei es drei Abstufungen gibt: 8 bis 10 Punkte weisen auf einen guten Allgemeinzustand des Kindes hin, der Bereich von 5 bis 7 Punkten macht eine Stimulation, Absaugen oder die Gabe von Sauerstoff erforderlich, da hier meist eine Beeinträchtigung vorliegt. Werte von 0 bis 4 Punkten erfordern eine Reanimation des Neugeborenen (Tabelle 9) [8].

Tabelle 9: Interpretation der APGAR-Werte [48].

Zustand	1-min-APGAR	Herzfrequenz/min; Atmung
Schwere Depression	0 - 3	< 80; keine bzw. Schnappatmung
Mäßige Depression	4 - 6	80 – 120; unregelmäßig
Guter Zustand	7 – 8	> 120; regelmäßig
Sehr guter Zustand	9 - 10	> 120; regelmäßig

Die Anfangsbuchstaben der fünf Kriterien des Scores können, verbunden mit den Buchstaben des Eigennamens, als Spruch zum Memorieren der Kriterien verwendet werden, beispielsweise Aussehen, Puls, Grimassieren, Aktivität und Respiration (APGAR) [8].

2.3.2. Analyse der Blutgase aus Nabelschnurblut (Na-pH)

Eine Ergänzung zur Beurteilung des Neugeborenen durch den APGAR-Index stellt die Blutgasanalyse des Nabelschnurarterienblutes (Na-pH) dar. Die Entnahme des Blutes erfolgt direkt nach der Geburt, bevor sich die Plazenta ablöst [48]. Die Blutgasanalyse des Nabelschnurblutes dient, ähnlich wie die MBU, der Erkennung von Azidosen aufgrund von Sauerstoffmangel, die während der Geburt auftreten können. Das aus der Nabelschnur gewonnene Blut wird auch hier mit dem Blutgasanalysator untersucht. Der Blutgasstatus lässt sich am zuverlässigsten beurteilen, wenn dabei Blut aus der Nabelarterie und der Nabelvene analysiert werden [25]. Die Beurteilung des pH-Wertes im Nabelschnurblut ist in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Beurteilung der pH-Wertes im Nabelschnurblut [48].

Na-pH	Beurteilung
> 7,20	physiologisch
< 7,20	Azidose
< 7,10	schwere Azidose

Liegt der pH-Wert des Nabelschnurbluts unter 7,15 sollte innerhalb von einer halben Stunde nach der Geburt eine Kontrolle erfolgen. Tritt ein niedriger APGAR-Score zusammen mit einem pH-Wert auf, der auf eine Azidose hinweist, spricht dies für eine neonatale Depression des Neugeborenen [48]. Studien weisen darauf hin, dass die neonatale Mortalität und Morbidität ab einem Na-pH von 7,0 und weniger auf 23 % steigen [49,50].

2.4. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, anhand der vorliegenden Datenbank der Unifrauenklinik Köln zu eruieren, ob die Durchführung einer Mikroblutanalyse bei einem auffälligen CTG die Sectiorate senkt und die Qualität des Entbindungsverlaufs, sowie die des fetalen Outcomes verbessert und die Durchführung dieser Untersuchung weiterhin zeitgemäß ist.

1. Gibt es Unterschiede im Entbindungsmodus bei einem auffälligen intrapartalen CTG mit und ohne die Durchführung einer Mikroblutanalyse? Hat die Durchführung einer Mikroblutanalyse eine positive Auswirkung auf die Kaiserschnitttrate?
2. Haben Neugeborene, bei denen eine Mikroblutanalyse durchgeführt wird, ein besseres neonatales Outcome, bezogen auf die Na-pH-Werte und den APGAR-Score, als die Kinder, die trotz Vorliegen eines auffälligen intrapartalen CTG keine Mikroblutanalyse erhalten haben?
3. Hat die Mikroblutanalyse bei einem auffälligen intrapartalen CTG einen Einfluss auf den Verlauf der Entbindung und perinatale Komplikationen?
4. Welche Entwicklung in der Durchführung der Mikroblutanalysen lässt sich für die vergangenen 10 Jahre beobachten?

3. Material und Methoden

3.1. Datenerfassung und Patientinnenkollektiv

Die Daten der Patientinnen, der Neugeborenen und der Geburtsverlauf wurden seit 1999 direkt nach der Geburt in eine Datenbank eingetragen. Die Daten wurden mit der Software PIA Fetal Database von GE erfasst. In der vorliegenden Arbeit wurden die Daten mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Version 26 ausgewertet.

Es wurden die Daten aller lebendgeborenen Einlinge ab der 34+0 Schwangerschaftswoche, die ein auffälliges CTG aufwiesen und die Daten ihrer Mütter, die im Zeitraum zwischen dem 1. Januar 2011 und 31.12.2020 in der Frauenklinik der Uniklinik zu Köln entbunden wurden, ausgeschlossen primäre Sectios, in diese Analyse eingeschlossen.

Im weiteren Verlauf wurden zwei Gruppen anhand des Vorhandenseins oder Nicht-Vorhandenseins einer Mikroblutanalyse gebildet und analysiert.

Alle statistischen Auswertungen wurden mittels IBM SPSS Version 26 durchgeführt.

3.2 Statistische Methoden

Nominalskalierte Variablen werden in Form von Kreuztabellen dargestellt und mittels Chi – Quadrat – Test auf Gruppenunterschiede analysiert. Bei Vierfeldertafeln wird ein exakter Fischertest angewendet.

Für den Vergleich zweier Gruppen intervallskalierter metrischer Variablen kommt ein T-Test zum Einsatz. Bei Subgruppen mit einer Stichprobengröße von mehr als 30 Patientinnen wird aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes der Statistik auf eine Prüfung auf Normalverteilung verzichtet. Bei ordinalen und metrischen Variablen, die per Definition schief verteilt sind, wird für den MBU-Gruppenvergleich unabhängiger Variablen der Mann-Whitney-Test verwendet.

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse kommt bei Fragestellungen zum Einsatz bei denen eine Unterteilung in Subgruppen innerhalb der zwei Hauptgruppen (mit/ohne MBU) in Bezug auf eine metrische Variable untersucht wird.

Im Falle eines signifikanten F-Tests wird weiter mit einem Post-Hoc-Test mit Alpha-Fehler Korrektur geschaut, welche der Gruppenpaare sich signifikant voneinander unterscheiden.

Der Zusammenhang zweier intervallskalierter Variablen wird mit Hilfe einer bivariaten Korrelation nach Pearson gemessen.

Die grafische Darstellung erfolgt mit der Software Microsoft Excel 16.0 und IBM SPSS 26.0.

Als Signifikanzniveau wurde 1 % festgelegt.

4. Ergebnisse

Es wurde bei 2457 lebendgeborenen Einlingen ab der 34+0 Schwangerschaftswoche und ihren Müttern, bei denen keine primäre Sectio geplant war und die zwischen Anfang 2011 und Ende 2020 in der Uniklinik Köln entbunden wurden, ein auffälliges (suspektes oder pathologisches) CTG dokumentiert. Bei 814 (33,1 %) der Feten wurde eine Mikroblutanalyse durchgeführt.

4.1. Demografische Daten und Patientinnencharakteristika

Es handelte sich bei den meisten Patientinnen (1711 / 69,6 %) um ihr erstes Kind. Die Zahl der früheren Schwangerschaften waren bei Patientinnen ohne durchgeführte MBU im Trend höher als bei Frauen, deren Feten einer MBU unterzogen wurden.

Die durchschnittliche Zahl der Graviditäten bei Gebärenden mit MBU lag bei 1,73, ohne MBU bei 1,86 ($p=0,022$). Durchschnittliche Parität war mit MBU 1,33 und ohne MBU 1,45 ($p<0,001$).

Das Alter der Mütter, deren Kinder bei Vorliegen eines auffälligen CTG eine MBU erhalten haben und denjenigen, bei denen sich gegen eine MBU entschieden wurde, lag in beiden Gruppen im Durchschnitt bei 33 Jahren ($p=0,661$). Die Verteilung der MBU in den Gruppen der Früh-, Normal- und Spätgebärenden wird in der Tabelle 11 gezeigt.

Tabelle 11: Verteilung der MBU in den Gruppen der Normal- und Spätgebärenden.

Mütterliches Alter	mit MBU	ohne MBU
junger als 19 Jahre	13 (1,6%)	14 (0,9%)
zwischen 19 und 35 Jahren	508 (62,4%)	1050 (63,9%)
älter als 35 Jahre	293 (36,0%)	579 (35,2%)

$p=0,220$

Die adoleszenten Mütter und Spätgebärende sind in den Gruppen mit und ohne MBU ähnlich verteilt. Die Rate der Spätgebärenden beträgt insgesamt 35,5 % (35,2 % in der Gruppe ohne MBU und 36,0 % mit MBU, n.s.) Die Verteilung der MBU-Durchführung unter adoleszenten Gebärenden, Gebärenden normalen Alters und Spätgebärenden in Bezug auf die Durchführung der Mikroblutanalysen bei diesen Gruppen im Falle eines suspekten CTG wird in der Abbildung 2 dargestellt.

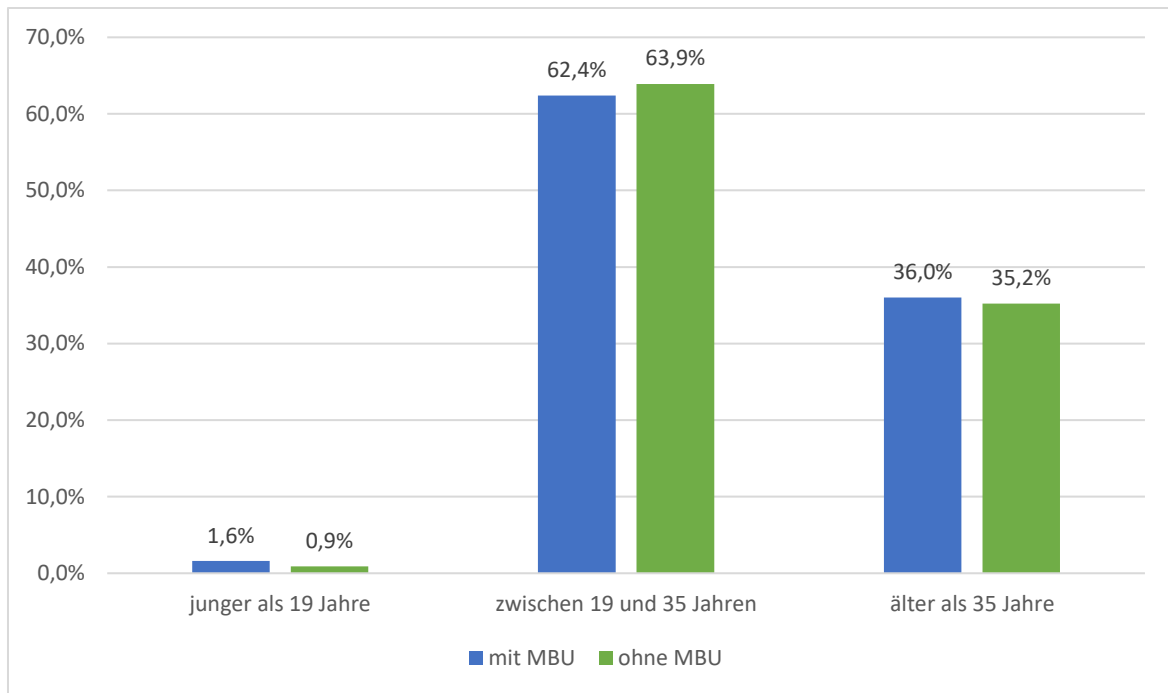


Abbildung 2: Adoleszente Mütter, Normal- und Spätgebärende mit und ohne MBU.

Unter den Patientinnen, deren Feten einer Mikroblutanalyse unterzogen wurden, lag die durchschnittliche MBU-Zahl bei 1,6. Die höchste Anzahl Mikroblutungen an einem Fetus war 10.

698 (87 %) der 802 Patientinnen, bei denen die Zahl der Mikroblutungen erfasst war, hatten eine oder zwei MBU und lediglich 104 (13 %) bekamen drei oder mehr MBU (Abbildung 3).

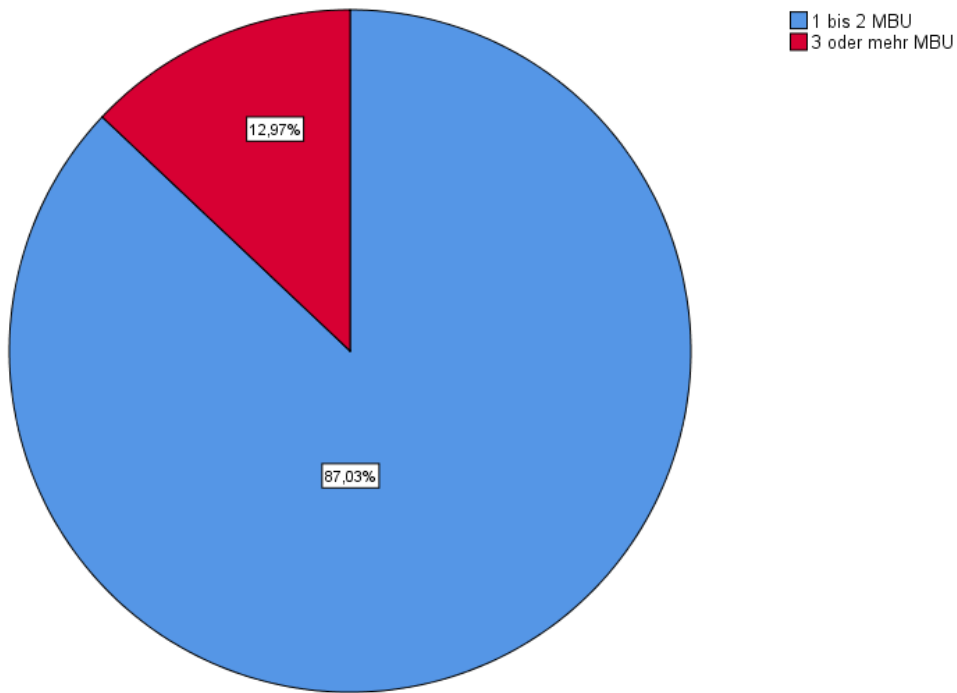


Abbildung 3: Feten, die 1-2 versus 3 oder mehr MBU erhielten.

Die Geschlechterverteilung der Kinder mit und ohne Mikroblutanalyse unterschied sich nicht signifikant ($p=0,245$). Abbildung 4 zeigt relative Häufigkeiten der männlichen und weiblichen Neugeborenen in den Gruppen mit und ohne Mikroblutanalysen.

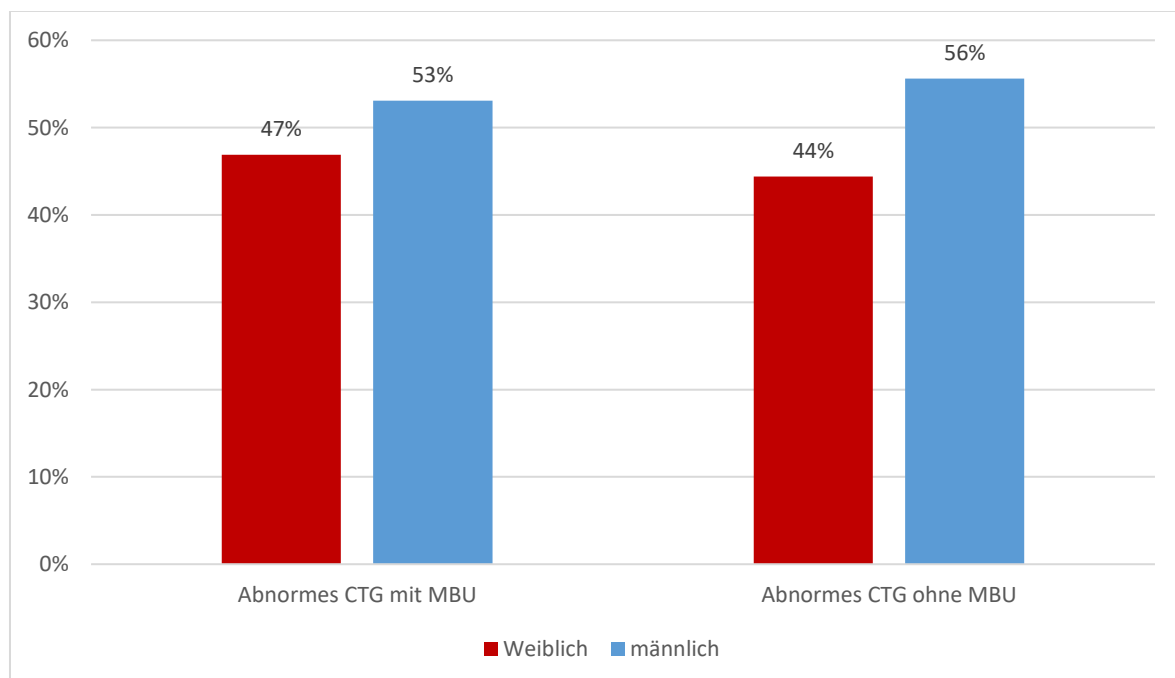


Abbildung 4: Geschlechterverteilung bei Neugeborenen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU.

Die Anzahl der Vorsorgeuntersuchungen in den Subgruppen des auffälligen CTG mit und ohne MBU lag im Durchschnitt bei 11 und unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen ($p=0,479$).

Es bestand kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Vorsorgeuntersuchungen bei den Müttern, deren Feten eine MBU erhalten haben und denjenigen mit einem auffälligen CTG ohne MBU. Im Durchschnitt wurden 11 Vorsorgeuntersuchungen pro Patientin durchgeführt, wie in Tabelle 12 zu sehen.

Tabelle 12: Anzahl der Vorsorgeuntersuchungen bei Patientinnen mit und ohne MBU.

Abnormes CTG		N	Mittelwert	SD	p-Wert
mit / ohne MBU					
Anzahl der Vorsorgeuntersuchungen	Abnormes CTG mit MBU	731	11,02	2,81	0,479
	Abnormes CTG ohne MBU	1464	10,91	3,46	

Frühgeborene Feten (34. bis 37.SW) erhalten viel seltener eine MBU (15 %) als diejenigen, die termingerecht geboren werden (33 %, $p<0,001$), hingegen werden bei Terminüberschreitung über einer Woche (ab 41.SSW) signifikant häufiger MBU durchgeführt (40 %, $p<0,001$) (Tabelle 13).

Tabelle 13: Durchführung einer MBU je nach Schwangerschaftswoche.

Schwangerschaftswoche	Abnormes CTG mit MBU	Abnormes CTG ohne MBU
Frühgeburt (bis 37+0 SW)	51 (15,0%)	288 (85,0%)
normales Gestationsalter (38.-40.SW)	417 (33,4%)	830 (66,6%)
nach dem Termin (>40 SW)	346 (39,7%)	525 (60,3%)

$p<0,001$

4.2. Entbindungsmodus bei auffälligem CTG mit und ohne MBU

Es bestand ein hochsignifikanter Unterschied im Entbindungsmodus zwischen den Neugeborenen, die einer MBU unterzogen wurden und denjenigen ohne MBU. 255 (31 %) der Feten mit MBU und lediglich 106 (7 %) ohne MBU kamen per vaginaler Geburt auf die Welt. 256 Gebärende (31 %) mit MBU versus 751 (46 %) ohne MBU wurden vaginal-operativ entbunden, 303 (37 %) mit MBU und 786 (48 %) ohne MBU bekamen eine sekundäre Sectio. Somit wurden Patientinnen mit einer MBU signifikant häufiger spontan entbunden und solche ohne MBU gebären signifikant häufiger sowohl vaginal-operativ als auch per Sectio caesarea

($p < 0,001$). Tabelle 14 und Abbildung 7 stellen den Geburtsmodus bei Kindern mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU dar:

Tabelle 14: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU.

Entbindungsmodus	Abnormes CTG mit MBU	Abnormes CTG ohne MBU
spontan	255 (31,3%)	106 (6,5%)
vaginal-operativ	256 (31,4%)	751 (45,7%)
Sectio, sekundär	303 (37,2%)	786 (47,8%)

$p < 0,001$

Während Patientinnen, deren Feten einer MBU unterzogen wurden, etwa zu einem Drittel spontan entbunden wurden, sind es bei auffälligem CTG ohne MBU lediglich 7 %. 1/3 aller Geburten der Frauen mit MBU erfolgten als Schnittentbindungen. Hingegen wurde jeweils knapp die Hälfte aller Frauen mit einem abnormen CTG und ohne MBU vaginal-operativ oder per sekundärem Kaiserschnitt entbunden. Diese Ergebnisse werden in der Abbildung 5 veranschaulicht.

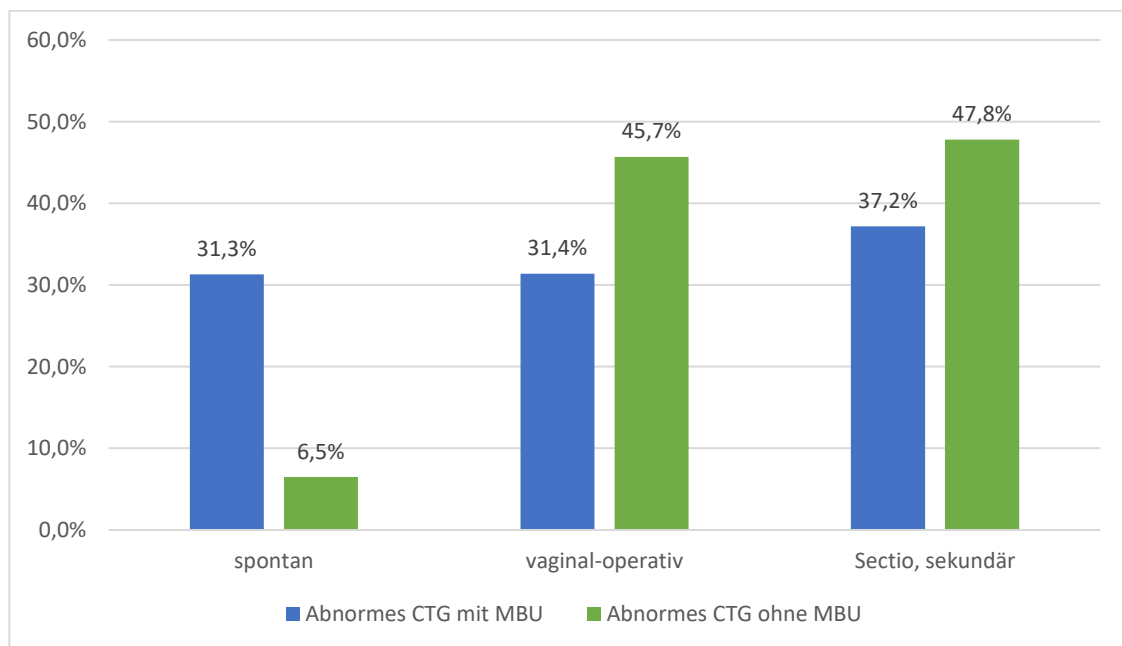


Abbildung 5: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU.

Patientinnen, die mehr als drei MBU bekommen haben, hatten deskriptiv etwas mehr operative Geburten als Gebärende mit einer oder zwei MBU. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ($p = 0,151$). Tabelle 15 und Abbildung 6 zeigen den Entbindungsmodus bei Patientinnen mit 1-2 versus drei und mehr MBU.

Tabelle 15: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit 1-2 versus ≥ 3 MBU-Eingriffen.

Entbindungsmodus	1-2 MBU	≥ 3 MBU
spontan	225 (32,2%)	24 (23,1%)
vaginal-operativ	220 (31,5%)	35 (33,7%)
Sectio, sekundär	253 (36,2%)	45 (43,3%)

p=0,151

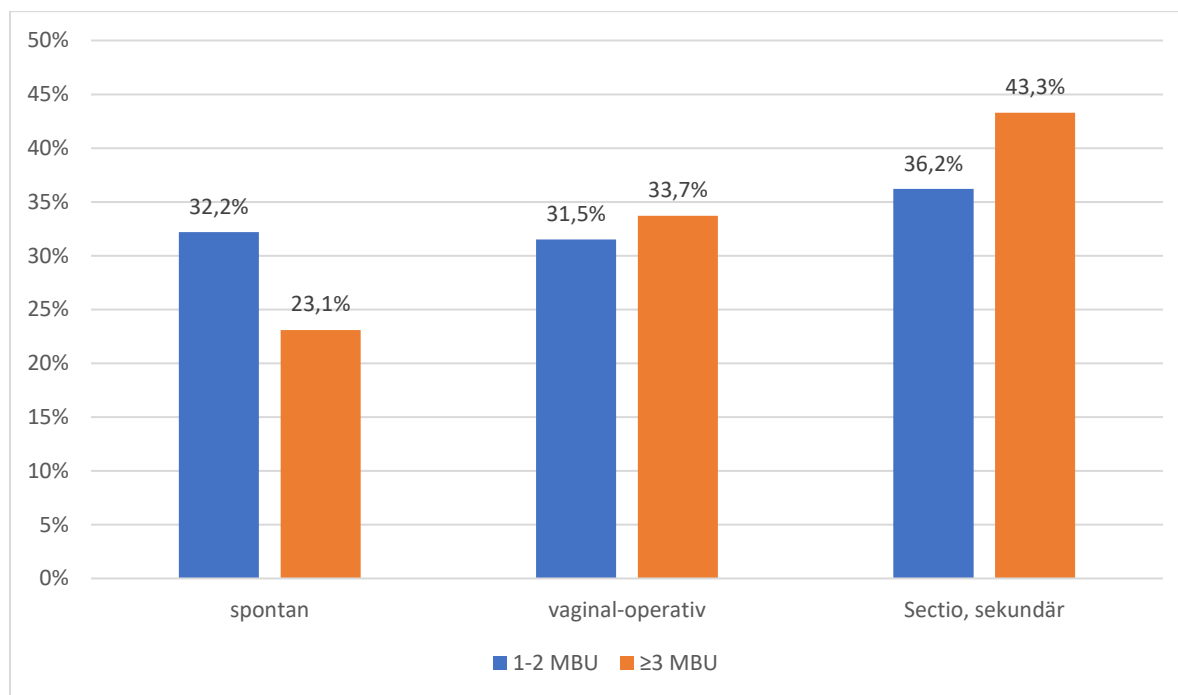


Abbildung 6: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit 1-2 versus ≥ 3 MBU-Eingriffen.

Bei Feten, bei denen eine MBU erfolgte, wurden die schlechtesten pH-Werte aller Mikrobiutanalysen dokumentiert. Diese wurden in „normal“ ($\text{pH} \geq 7,25$), „grenzwertig“ ($7,20 \leq \text{pH} \leq 7,24$) und „pathologisch“ ($\text{pH} < 7,20$) unterteilt. Der schlechteste pH-Wert wurde bei 800 der 814 Feten dokumentiert, bei denen die MBU durchgeführt wurde. Bei 557 Müttern mit einem normalen pH-Wert des Fetus kamen die Kinder in 211 (38 %) Fällen vaginal auf die Welt, 175 (31 %) vaginal-operativ und 171 (31 %) per sekundärem Kaiserschnitt. Von 164 Feten mit einem grenzwertigen pH-Wert wurden lediglich 32 (20 %) vaginal, 48 (29 %) vaginal-operativ und 84 (51 %) per Sectio entbunden. Bei einem pathologischen pH-Wert (insgesamt 79 Feten) wurden 43 (54 %) der Neugeborenen per Kaiserschnitt entbunden, 30 (38 %) vaginal-operativ und nur 6 (7,6 %) der Neugeborenen vaginal geboren. Die Verteilung der Geburtsmodi unter den unterschiedlichen pH-Werten (bezogen auf MBU) ist hochsignifikant unterschiedlich ($p < 0,001$), wie in Tabelle 16 und Abbildung 7 zu sehen.

Tabelle 16: Entbindungsmodus bezogen auf den schlechtesten pH-Wert der MBU.

Entbindungsmodus	pH normal	pH grenzwertig	pH pathologisch
spontan	211 (37,9%)	32 (19,5%)	6 (7,6%)
Vaginal-operativ	175 (31,4%)	48 (29,3%)	30 (38,0%)
Sectio	171 (30,7%)	84 (51,2%)	43 (54,4%)

p<0,001

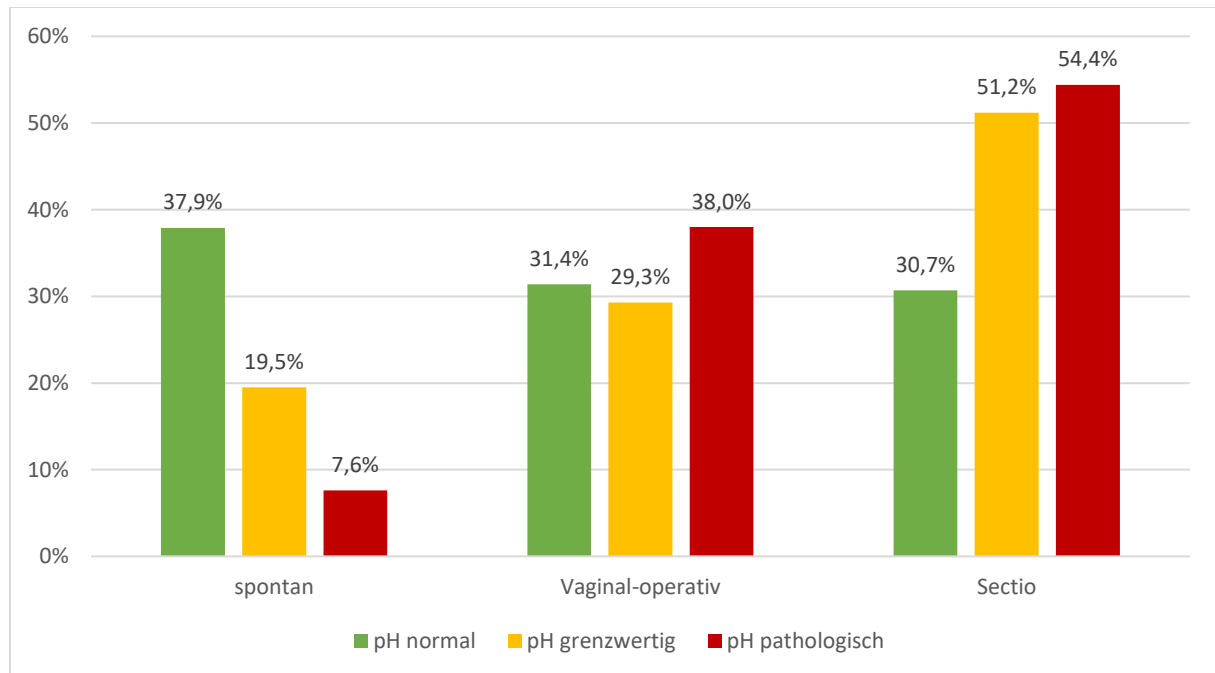


Abbildung 7: Entbindungsmodus bezogen auf den schlechtesten pH-Wert der MBU.

Der Na-pH-Wert nach der Geburt war nicht signifikant unterschiedlich bei Kindern mit und ohne MBU (p=0,793) (Tabelle 17)

Tabelle 17: pH-Wert nach der Geburt bei Neugeborenen mit und ohne MBU.

	MBU	N	Mittelwert	SD	p-Wert
Na-pH	ja	811	7,24	0,09	0,100
	nein	1631	7,25	0,09	

Ebenso hatten Neugeborene mit drei oder mehr MBU-Eingriffen keinen signifikant unterschiedlichen pH-Wert nach der Geburt als die Neugeborenen mit ein bis zwei MBU (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: pH-Wert nach der Geburt bei Neugeborenen mit 1-2 vs. \geq MBU.

	Anzahl MBU	N	Mittelwert	SD	p-Wert
Na-pH	1-2	695	7,24	0,09	0,165
	≥ 3	104	7,25	0,07	

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem Entbindungsmodus und MBU als feste Faktoren und der abhängigen Variablen Na-pH-Wert nach der Geburt, zeigte einen signifikant niedrigeren pH-Wert bei Neugeborenen der Patientinnen, die vaginal-operativ entbunden wurden, gegenüber Spontangeburt und Sectios ($p < 0,001$ mit Bonferroni-Korrektur). Neugeborene mit MBU haben deskriptiv einen niedrigeren pH-Wert als die, die keine MBU hatten. Dieser Unterschied ist allerdings auf 1%-Niveau nicht signifikant ($p = 0,038$). Die Ergebnisse der Varianzanalyse sind der Tabelle 19 und der Abbildung 8 zu entnehmen.

Tabelle 19: Mittlerer Na-pH Wert bei Feten mit und ohne MBU unterteilt nach Entbindungsmodus.

MBU	Entbindungsmodus	Mittelwert	SD	N
nein	spontan	7,25	0,09	105
	vaginal-operativ	7,23	0,08	750
	Sectio	7,26	0,09	776
	Gesamt	7,25	0,09	1631
ja	spontan	7,24	0,08	255
	vaginal-operativ	7,22	0,08	255
	Sectio	7,26	0,09	301
	Gesamt	7,24	0,09	811

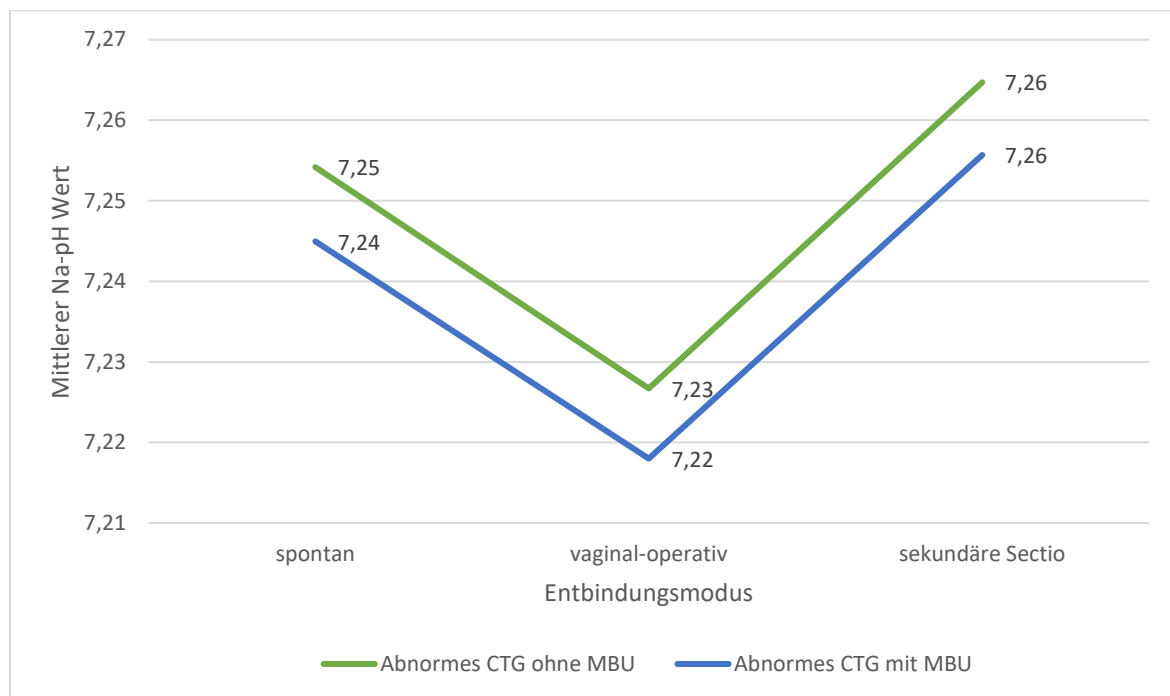


Abbildung 8: Mittlerer Na-pH Wert bei Feten mit und ohne MBU unterteilt nach Entbindungsmodus.

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Mikroblutanalysen bezüglich des Entbindungsmodus ($p=0,073$). Tabelle 20 zeigt die mittlere Zahl der MBU bei Frauen, die spontan, vaginal-operativ oder per Kaiserschnitt entbunden wurden.

Tabelle 20: Mittlere Anzahl der MBU nach Entbindungsmodus.

Entbindungsmodus	N	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
spontan	249	1,48	0,86	1	7
vaginaloperativ	255	1,67	1,15	1	10
Sectio	298	1,63	0,95	1	6
Gesamt	802	1,60	1,00	1	10

4.3. Outcome-Parameter

Der APGAR-Index nach 1, 5 und 10 Minuten war bei Neugeborenen, die eine MBU erhalten haben, signifikant höher als bei Neugeborenen ohne durchgeführte MBU ($p=0,004$; $p=0,002$; $p<0,001$).

Der Na-pH-Wert korrelierte signifikant positiv mit dem schlechtesten pH-Wert in der MBU ($r=0,347$; $p<0,001$), wie in Abbildung 9 zu sehen.

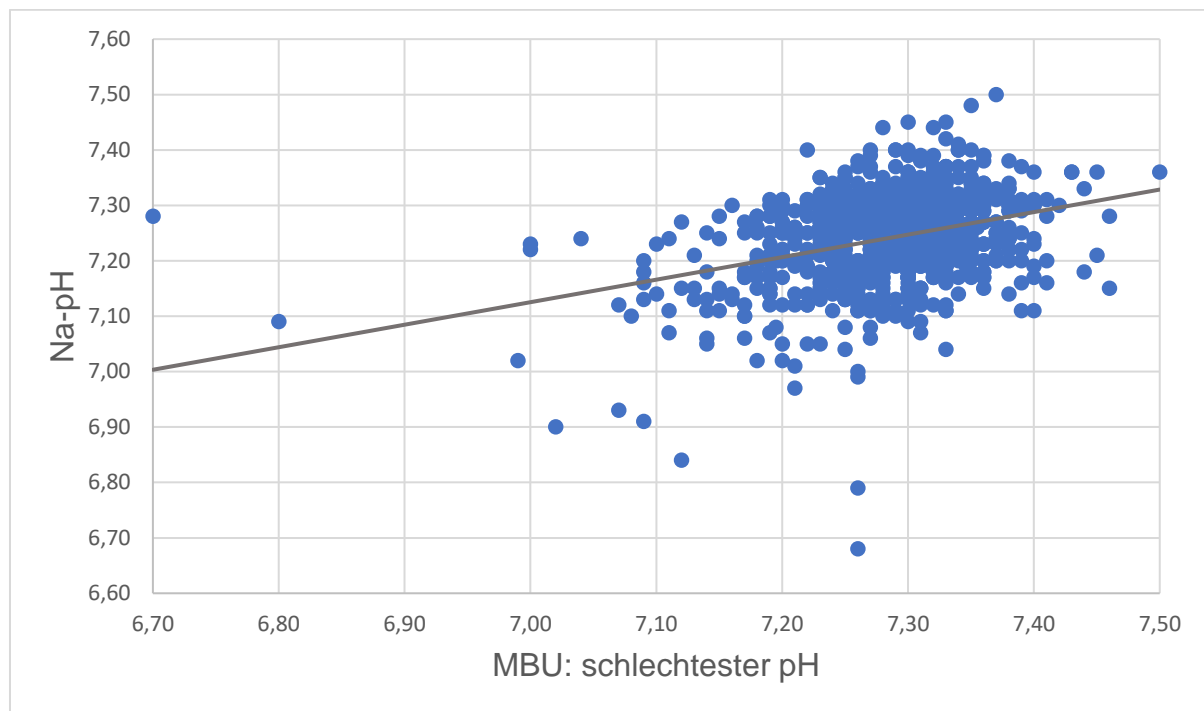


Abbildung 9: Korrelation zwischen dem schlechtesten pH-Wert in der MBU und Na-pH.

Signifikant mehr Kinder, die keine MBU erhalten haben, hatten ein niedriges Geburtsgewicht ($<2500\text{g}$) im Vergleich zu Kindern mit durchgeführter MBU ($p<0,001$). Tabelle 21 zeigt das Geburtsgewicht der Neugeborenen unterteilt in Gruppen: „niedriges Geburtsgewicht“, „Normalgewicht“ und „Makrosomie“ ($>4200\text{g}$) bei Neugeborenen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU während der Geburt.

Tabelle 21: Verteilung des Geburtsgewichts bei Kindern mit und ohne MBU.

Geburtsgewicht	mit MBU	ohne MBU
niedriges Geburtsgewicht ($<2500\text{g}$)	48 (5,9%)	255 (15,5%)
normales Geburtsgewicht (zw. 2500g und 4200g)	743 (91,3%)	1354 (82,4%)
Makrosomie ($>4200\text{g}$)	23 (2,8%)	34 (2,1%)

4.4. Entbindungsverlauf und Komplikationen bei den Patientinnen, deren Kinder einer MBU unterzogen wurden

Bei 438 (54 %) Patientinnen, deren Feten einer MBU unterzogen wurden, und bei 869 (53 %) Frauen, deren Feten ein auffälliges CTG hatten, aber keine MBU bekamen, wurde die Geburt eingeleitet. Dieser Unterschied war nicht signifikant ($p=0,699$). Hingegen bekamen signifikant

mehr Patientinnen mit MBU (375 Frauen, 46 %) Wehenmittel sub partu, als diejenigen ohne MBU (273 Frauen, 17 %), $p < 0,001$. Die medikamentöse Cervixreifung erfolgte bei 40 (5 %) Patientinnen mit MBU und bei 73 (4 %) Patientinnen ohne MBU (Tabelle 22).

Tabelle 22: Beschleunigung der Wehentätigkeit und der Geburt.

	mit MBU	ohne MBU	p-Wert
Geburtseinleitung	376 (46,2%)	774 (47,1%)	0,699
Wehenmittel	375 (46,1%)	273 (16,6%)	<0,001
Medikamentöse Cervixreifung	40 (5,0%)	73 (4,5%)	0,609

Die Geburtsdauer war bei den Frauen, deren Feten einer MBU unterzogen wurden, mit durchschnittlich 7,9 Stunden signifikant länger, als bei den Kindern ohne durchgeführte MBU mit 4,6 Stunden ($p < 0,001$), wie in Tabelle 23 zu sehen.

Tabelle 23: Geburtsdauer bezogen auf MBU.

	Abnormes CTG				
	mit / ohne MBU	N	Mittelwert	SD	p-Wert
Dauer der Entbindung	Abnormes CTG mit MBU	789	7,91	5,91	<0,001
	Abnormes CTG ohne MBU	1471	4,61	4,96	

Patientinnen, die keine MBU erhalten hatten, erhielten signifikant häufiger eine Dopplersonographie (260 / 16 % vs. 83 / 10 %, $p < 0,001$) als Patientinnen, die eine MBU erhielten. Pathologisch war die Dopplersonographie jedoch deskriptiv, aber nicht signifikant häufiger bei Patientinnen, die keine MBU erhielten (37 / 15 % vs. 7 / 9 %, $p = 0,254$).

36 (4,5 %) Patientinnen mit durchgeführter MBU und 49 (3 %) Frauen ohne durchgeführte MBU bei abnormen CTG hatten eine Plazentalösungsstörung. Dieser Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,078$).

4.4.1. Vaginale Geburten

Betrachtet man ausschließlich die vaginalen Geburten, so dauerte die Entbindung bei Patientinnen mit MBU durchschnittlich 7,44 Stunden und ohne MBU durchschnittlich 4,49 Stunden, somit ist die Geburtsdauer der vaginalen Geburten bei Patientinnen mit MBU signifikant höher als bei Gebärenden mit abnormen CTG ohne MBU ($p < 0,001$). (s. Tabelle 24):

Tabelle 24: Dauer der Entbindung bei Patientinnen mit und ohne MBU.

	N	Mittlere Geburtsdauer	SD	p-Wert
Abnormes CTG mit MBU	502	7,44	5,37	<0,001
Abnormes CTG ohne MBU	840	5,44	4,49	

141 (28 %) Patientinnen mit MBU und 316 (37 %) ohne MBU hatten eine Episiotomie ($p < 0,001$). Bei vaginal-operativ entbundenen Frauen ohne MBU ist die vermehrte Anzahl der Episiotomien zwar deskriptiv erkennbar (39 % vs. 33 %), allerdings war dieser Unterschied nicht signifikant ($p = 0,117$). Tabelle 25 zeigt das Verhältnis der Episiotomien bei Frauen mit und ohne MBU.

Tabelle 25: Episiotomien bei vaginalen Entbindungen mit und ohne den Einsatz von MBU.

Entbindungsmodus	Abnormes CTG mit MBU	Abnormes CTG ohne MBU	p-Wert
Spontan	56 (22,0%)	25 (23,8%)	0,782
Vaginal-operativ	85 (33,2%)	291 (38,7%)	0,117

4.5. Zeitliche Entwicklung der MBU

Der Einsatz der durchgeführten Mikrobloodanalysen ist an der Uniklinik Köln unter allen Kindern mit abnormem CTG in den letzten 10 Jahren um knapp 6 % gestiegen. Ihren Peak erreichte die MBU-Rate in den Jahren 2016-2017 mit knapp 40 % aller Feten mit abnormen CTG. Im Jahr 2018 fiel die MBU-Rate auf 25 % und im Jahr 2019 weiter auf 24 %. Anschließend stieg die MBU-Rate im Jahr 2020 wieder auf 34 %. Die Schwankungen der MBU-Rate unter allen auffälligen CTG waren signifikant ($p < 0,001$). Der Verlauf der MBU-Rate unter allen abnormen CTG zwischen 2011 und 2020 wird in der Abbildung 10 dargestellt.

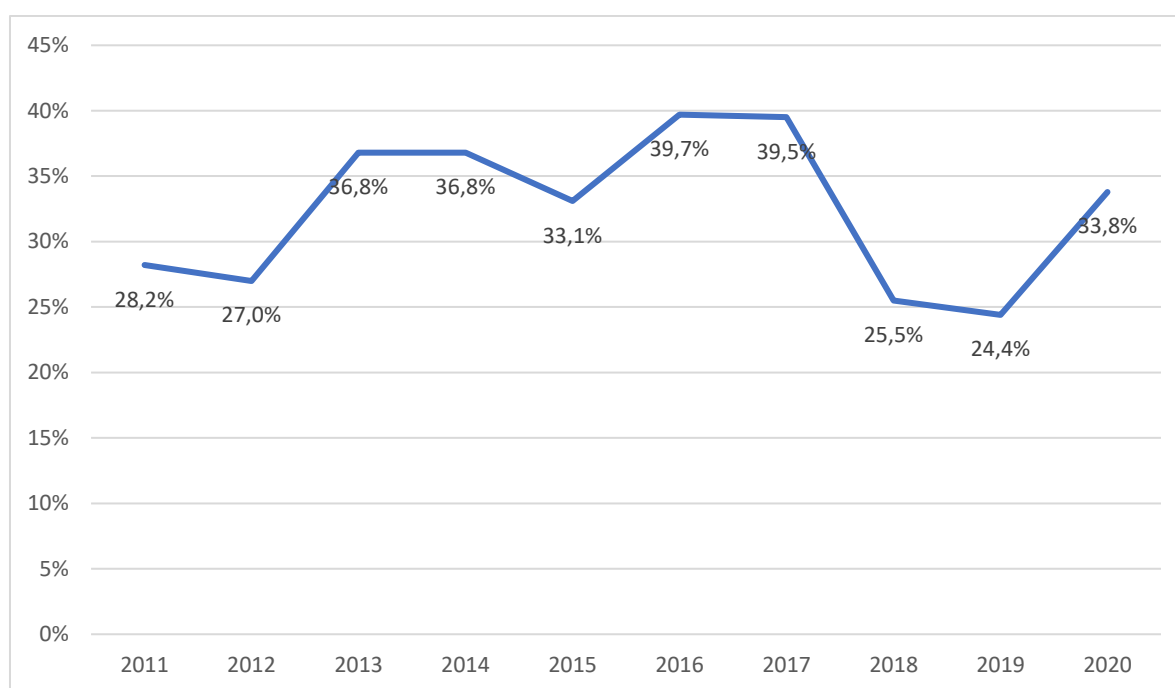


Abbildung 10: Verlauf der relativen Häufigkeiten der MBU unter Patientinnen mit abnormen CTG zwischen 2011 und 2020.

5. Diskussion

5.1. Kollektiv

Für die vorliegende Studie wurden von den 19888 entbundenen Patientinnen zwischen 2011 und 2020, Einlingsgeburten ab 34+0 Schwangerschaftswochen einbezogen. Ausgeschlossen wurden Frauen mit primärem Kaiserschnitt.

In diesem Patientinnenkollektiv wurden 2457 Patientinnen mit einem suspekten oder pathologischen CTG dokumentiert.

Eine Mikroblutanalyse erfolgte bei 814 (33 %) Feten dieser Gebärenden. Die durchschnittliche Anzahl der MBU pro Patientin betrug 1,6, die maximale Zahl der durchgeführten Mikroblutanalyse war zehn. 87 % der Patientinnen hatten ein bis zwei Mikroblutanalysen und lediglich 13 % hatten drei oder mehr MBU. Dieses Verhältnis ähnelt den Studienergebnissen von Holzmann et al. (2015), hier hatten etwa 75 % der Patientinnen eine oder zwei MBU und lediglich ein Viertel des Kollektivs erhielten drei oder mehr Mikroblutanalysen [51].

5.2. Einfluss der MBU auf den Entbindungsmodus

Die vorliegende Arbeit hat ergeben, dass die Durchführung einer Mikroblutanalyse bei Vorliegen eines auffälligen CTG einen hochsignifikanten Einfluss auf den Entbindungsmodus hat. Sowohl die Anzahl der vaginal-operativen Entbindungen als auch die der Sectios, wird bei erfolgter MBU signifikant niedriger als im Falle eines suspekten oder pathologischen CTG ohne durchgeführte MBU.

Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Studien von Schmidt et al. (2005), Reif et al. (2011), Jørgensen et al. (2014) in Bezug auf die Senkung der operativen Entbindungen aufgrund der Durchführung von Mikroblutanalysen. Hier kam es zu einer Reduktion der vaginal-operativen Geburten und der Sectorate [52–55]. Stein et al. (2006) untersuchten ausschließlich vaginale Geburten innerhalb von 10 Jahren und stellten ebenso fest, dass die Rate der vaginal-operativen Geburten durch den Einsatz der Mikroblutanalyse signifikant gesenkt werden konnte [53]. Carbonne et al. (2016) konnten in ihrer Studie nachweisen, dass die Sectorate durch den Einsatz der Mikroblutanalyse signifikant gesenkt wird, was bei der Rate vaginal-operativer Entbindungen lediglich deskriptiv zutraf [56]. In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass die Rate der vaginal-operativen Entbindungen durch die Durchführung einer MBU von 46 % auf 31 % und auch die Rate der sekundären Kaiserschnitte von 48 % auf 37 % signifikant reduziert wird.

Hingegen behaupten Kühnle et al. (2016), dass der Einsatz der Mikroblutuntersuchung kein zuverlässiges Instrument darstelle, um Hypoxie oder Azidose beim Fetus diagnostizieren zu können. In dieser Studie konnte durch den Einsatz der MBU keine Senkung der Rate der Schnittentbindungen nachgewiesen werden [57]. Zur Bekräftigung der Argumentation, die Mikroblutanalyse könne nicht als „Goldstandard“ angesehen werden, zogen Kühnle et al. (2016) eine Studie von O'Brien et al. (2013) heran, in der die wiederholten Mikroblutuntersuchungen unterschiedliche pH-Werte zeigten, sowie sich signifikant von den neonatalen Na-pH-Werten unterschieden [58,57].

Die Rate der spontanen Entbindungen sinkt um ein Vielfaches bei grenzwertigen und insbesondere pathologischen pH-Werten der MBU. Dementsprechend steigen die Raten der operativen Entbindungen. So werden 38 % der Kinder mit einem normalen pH-Wert in der MBU spontan entbunden, bei einem grenzwertigen pH sind es nur noch 20 % und bei einem pathologischen pH-Wert knapp 8 %. Dies bedeutet, dass aufgrund der Mikroblutanalyse viel stärker differenziert werden kann, welche Kinder auf dem vaginalen Weg auf die Welt kommen können und bei welchen eine Schnittentbindung notwendig ist.

Die Studie von Holzmann et al. (2015) stellte fest, dass Frauen mit drei oder mehr durchgeführten Mikroblutuntersuchungen ein höheres Risiko für eine operative Entbindung hatten. Im Falle eines Kaiserschnitts hat sich das Risiko bei den Patientinnen mit mehr als drei MBU sogar verdoppelt [51]. Dies konnte die vorliegende Untersuchung nur deskriptiv bestätigen. Der Unterschied im Entbindungsmodus bei Patientinnen mit weniger als drei MBU, verglichen mit denjenigen mit drei und mehr MBU, war nicht signifikant. Allerdings ist die erhöhte Rate der Kaiserschnitte von 68 % bei ein bis zwei Mikroblutanalysen gegenüber den 77 % bei drei oder mehr MBU deskriptiv nicht zu übersehen. In der Studie von Holzmann et al. (2015) lag die Rate der Spontangeburt bei einer oder zwei durchgeführten Mikroblutuntersuchungen bei 46 % versus 19 % mit drei oder mehr Mikroblutanalysen, was hochsignifikant war [51]. In der vorliegenden Analyse lag die entsprechende Rate bei 32 % vs. 23 %.

Eine ältere Studie von 1993 untersuchte Sectios aus den Jahren 1989 bis 1991 in der Landesfrauenklinik Salzburg, die aufgrund der CTG-Beurteilung indiziert waren. Es wurden postpartal Na-pH-Werte bei Neugeborenen analysiert und festgestellt, dass es möglich gewesen wäre, 35 % der Kaiserschnitte, die allein aufgrund des auffälligen CTGs erfolgten, durch eine MBU einzusparen [59]. Dieses Ergebnis trifft in der vorliegenden Arbeit auf die Kaiserschnittentbindungen nicht zu, allerdings sind die Na-pH Werte bei vaginal-operativen Geburten signifikant niedriger als bei vaginalen Geburten und Schnittentbindungen. Unter der Berücksichtigung der Korrelation der Na-pH- Werte mit dem MBU-pH-Wert deutet dieses

Ergebnis daraufhin, dass ein Teil der Schnittentbindungen bereits durch die MBU erspart wurde.

5.3. Risikogruppen und Outcome in Bezug auf die MBU

Die Studie von Reif et al. (2011) zeigt, dass bei Schwangeren ab der 41. Schwangerschaftswoche deutlich häufiger Mikroblutanalysen durchgeführt wurden, da vermehrt suspektes und pathologische CTG vorlagen, als bei Kindern, die zwischen der 38. und 40. Schwangerschaftswoche geboren wurden [55]. Auch in der vorliegenden Studie wurde bei Kindern, die ab der 41. Schwangerschaftswoche entbunden wurden und ein suspektes oder pathologisches CTG hatten, häufiger eine Mikroblutuntersuchung durchgeführt (40 %), als bei den um den Termin geborenen Kindern (33 %). Die Frühgeborenen (34.-37+0 Wochen) erhielten deutlich seltener eine MBU (15 %), was auf die mit der MBU verbundenen Risiken zurückzuführen ist. Die Überprüfung der möglichen Ursachen für dieses Phänomen ergab, dass eine überwiegende medikamentöse Geburtseinleitung bei den Gebärenden ab der 41. Schwangerschaftswoche, im Vergleich zu einer risikofreien Spontangeburt, häufig von kardiokographischen Auffälligkeiten begleitet ist. Eine weitere Ursache könnten die protrahierten Geburtsverläufe im fortgeschrittenen Gestationsalter darstellen, wodurch das CTG beeinflusst wird und es zu Veränderungen kommen kann [55].

Die vorliegende Arbeit zeigte ein etwas besseres Outcome bei den Neugeborenen, die bei einem suspekten oder pathologischen CTG einer Mikroblutuntersuchung unterzogen wurden. APGAR-Werte nach einer, fünf und zehn Minuten waren signifikant höher bei den Neugeborenen mit intrapartaler MBU. Na-pH-Werte bei Kindern, die einer MBU unterzogen wurden und die neonatalen pH-Werte bei Neugeborenen ohne intrapartale MBU unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Signifikant niedriger ist allerdings der Na-pH-Wert bei vaginal-operativen Entbindungen im Vergleich zu vaginalen Geburten und Sectios.

Holzmann et al. (2015) konnten in ihrer Studie ebenfalls keinen Unterschied im kurzzeitigen neonatalen Outcome zwischen den Kindern mit und ohne MBU feststellen [51]. Schmidt et al. (2005) zeigten allerdings, dass die Frühmorbidity und der anhaltende klinische Depressionszustand, insbesondere mit Notwendigkeit einer Einweisung in die Kinderklinik, bei Feten mit einer frühzeitig im Geburtsverlauf erfolgten MBU geringer ausfällt [54]. Hingegen zeigten Stein et al. (2006) einen besseren pH-Wert bei Neugeborenen, die einer Mikroblutanalyse unterzogen wurden. Auch der APGAR-Wert nach einer, fünf und zehn

Minuten war bei dieser Subgruppe signifikant höher. Neugeborene, bei denen eine MBU durchgeführt wurde, mussten seltener reanimiert werden [53].

5.4. Zeitliche Entwicklung der MBU-Rate

Die Auswertung der Daten der vorliegenden Untersuchung zeigt einen leichten Anstieg der relativen Häufigkeit der durchgeführten Mikroblutanalysen bei Vorliegen eines pathologischen CTG im Vergleich zu der Rate vor 10 Jahren. Im Laufe der letzten 10 Jahre ist die MBU-Rate unter den auffälligen CTG mehrmals gestiegen und wieder gefallen, so dass insgesamt keine Regelmäßigkeit zu beobachten ist. Die Schwankungen der Rate von Mikroblutanalysen zeigt keine Signifikanz.

5.5. Zusätzliches Patientinnenkollektiv

Ein kleines Patientinnenkollektiv, welches 300 Frauen mit MBU bei suspektem und pathologischem CTG einschloss, wurde genauer hinsichtlich der aufgezeichneten CTG-Muster betrachtet. Hier zeigte sich vor allem, dass die Durchführung der MBU überwiegend zu fortgeschrittenem Geburtszeitpunkt stattfand. Die fetale Herzfrequenz zeigte sich in den meisten Fällen pathologisch. In wenigen Fällen wies die Herzfrequenz frühe Dezelerationen ohne weitere Pathologien auf, in einigen Fällen war das fetale Herzfrequenzmuster eingeengt. In den überwiegenden Fällen traten variable oder späte Dezelerationen oder eine Kombination der beiden Muster auf.

Bei den Geburten mit lediglich suspektem CTG-Muster wurde am häufigsten die vaginale Geburt durchgeführt, gefolgt von der sekundären Sectio, wobei man hier ein paar wenige Geburten ausklammern muss, da die Sectioindikation aufgrund eines Geburtsstillstandes und nicht wegen des CTG erfolgte.

In den Fällen mit pathologischem CTG war der häufigste Geburtsmodus die sekundäre Sectio, diese wurde meist als eilig deklariert. Zusätzlich erfolgten 10 Notkaiserschnitte, was die Dringlichkeit der Geburt bei pathologischem CTG widerspiegelt.

Der zweithäufigste Geburtsmodus war die vaginal-operative Geburt.

Ein Drittel der Kinder mit pathologischem Herzfrequenzmuster wurde in dem kleinen Kollektiv vaginal geboren.

Im Rahmen der Geburten mit suspektem CTG waren in der Regel sowohl die Werte der durchgeführten MBU, der Geburts-pH, sowie die APGAR-Werte gut. In einigen Fällen war der 1-Minuten-APGAR-Wert schlecht, ansonsten alle Werte unauffällig, in manchen Fällen zeigten sich der erste APGAR-Wert, sowie der pH-Wert präazidotisch. In sehr wenigen Fällen war lediglich der Geburts-pH schlecht, das Neugeborene klinisch jedoch unauffällig.

Bei den Feten, die ein pathologisches Herzfrequenzmuster aufwiesen, waren in den überwiegenden Fällen MBU, Geburts-pH und APGAR-Werte gut. In einigen dieser Fälle war lediglich der erste APGAR-Wert schlecht, das Neugeborene erholte sich jedoch schnell. In wenigen Fällen hatte die MBU einen oder mehrere gute Werte ergeben, das *Outcome* des Kindes war jedoch sowohl im Geburts-pH als auch in den APGAR-Werten schlecht. In ebenso wenigen Fällen zeigten sich MBU-Werte und APGAR-Wert gut, der Geburts-pH war jedoch präazidotisch oder azidotisch. Lediglich einen Fall gab es, in dem die MBU einen schlechten Wert ergab, das *Outcome* des Kindes jedoch völlig unauffällig war.

Aus diesem kleinen Kollektiv lässt sich somit ableiten, dass im Falle eines wirklich pathologischen CTG, der sicherste und schnellste Geburtsweg, unabhängig des MBU-Wertes gewählt wurde, dies somit auch zu einem deutlich positiven *Outcome* der Kinder führte. Im Falle eines suspekten CTG ist die MBU hier ein guter Zusatzparameter, um die Geburt zu einem vaginalen oder vaginal-operativen Ausgang zu bringen und zusätzlich zum CTG eine gute Aussage über den Zustand des ungeborenen Kindes zu haben.

In allen Fällen war zu sehen, dass sich im Falle mehrerer durchgeführter MBU, mit im Verlauf sinkendem pH-Wert, auch ein niedriger Geburts-pH zeigte.

So lässt sich anhand des zusätzlich intensiver betrachteten Kollektivs bestätigen, dass die Kinder bei denen eine MBU durchgeführt wird, je nach Wert, die Geburtsbeendigung schneller angestrebt wird, da ein zusätzliches Kriterium zum CTG vorliegt und eine sinkende MBU-Wert-Tendenz oder ein per se niedriger Wert, die Entscheidung zur Entbindung beschleunigt oder eben eine zusätzliche Bestätigung eines abwartenden Verhaltens bestätigt.

5.6.Limitationen

Die Dokumentation der Daten durch Krankenhauspersonal war nicht zu allen Variablen vollständig und fehlerfrei. Die auffälligen CTG wurden aus den Textfeldern „Indikationen zur operativen Entbindung“ und „mütterliche/fetale Diagnosen“ übertragen. Diese Felder wurden durch das Personal nicht immer vollständig ausgefüllt und teilweise wurden sonstige

Erkrankungen oder Indikationen in diesen Feldern dokumentiert, die als wichtiger erachtet wurden als ein abnormes CTG, so dass diese Daten nicht für die Auswertung zur Verfügung standen.

Die Zuverlässigkeit der Befunde der Mikroblutanalyse ist von ihrer korrekten Durchführung abhängig [11]. Wird nicht ausreichend hyperämisiert oder wird eine zu große Menge Heparin verwendet, kann es zu falsch positiven Befunden kommen. Auch die Vermischung des fetalen Bluts mit Fruchtwasser oder anderen Körperflüssigkeiten der Mutter kann zu verfälschten Ergebnissen führen. Ein falsch-negatives Ergebnis kommt sehr selten vor und kann durch Kontakt der Probe mit Luft zustande kommen. Problematisch ist außerdem die Beimengung von Luft in der Kapillare oder bei der Durchführung der Entnahme [11,25].

6. Literatur

- 1 Statistisches Bundesamt (Destatis). Genesis-online, Die Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Im Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. Zugriff: 30.01.2023.
- 2 Statistisches Bundesamt (Destatis). Geburten. Im Internet: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Geburten/_inhalt.html#138684. Zugriff: 30.01.2023.
- 3 Statistisches Bundesamt (Destatis). Jede dritte Krankenhausentbindung im Jahr 2019 per Kaiserschnitt, Pressemitteilung Nr. N 018 vom 15. März 2021. Im Internet: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/03/PD21_N018_231.html. Zugriff: 24.04.2022.
- 4 Schneider H, Husslein P, Schneider K-TM, eds. Die Geburtshilfe. 5. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016.
- 5 Schneider H, Marschalek J, Husslein P. Sectio caesarea. In: Schneider H, Husslein P, Schneider K-TM (Hrsg.). Die Geburtshilfe. 5 Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 865–882.
- 6 Kainer F. Sectio. In: Kainer F (Hrsg.). Facharzt Geburtsmedizin. 3 Aufl. München, s.l.: Elsevier; 2016: 913–925.
- 7 Betran AP, Ye J, Moller A-B et al. Trends and projections of caesarean section rates: global and regional estimates. *BMJ global health* 2021; 6; DOI: 10.1136/bmjgh-2021-005671.
- 8 Abou-Dakn M, Schäfers R, Peterwerth N. Die vaginale Geburt am Termin, S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (DGGG). Im Internet: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/015-083.html>. Zugriff: 28.04.2022.
- 9 Hopp H, Kainer F, Krause M. Operative Geburtshilfe. In: Kainer F (Hrsg.). Facharzt Geburtsmedizin. 3 Aufl. München, s.l.: Elsevier; 2016: 877–925.
- 10 Dudenhausen JW. Überwachung des Feten während der Geburt. In: Schneider H, Bastert G (Hrsg.). Frauenheilkunde und Geburtshilfe. Tübingen: De Gruyter; 2013: 143–152.
- 11 Gnirs J, Schneider KTM, Schiermeier S. Geburtsüberwachung. In: Schneider H, Husslein P, Schneider K-TM (Hrsg.). Die Geburtshilfe. 5 Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 693–748.
- 12 Luttkus A. Diagnostische Verfahren unter der Geburt. In: Kainer F (Hrsg.). Facharzt Geburtsmedizin. 3 Aufl. München, s.l.: Elsevier; 2016: 133–145.
- 13 Schmidt S, Kopf-Löchel U, eds. CTG-Praxis, Grundlagen und klinische Anwendung der Kardiotokografie, Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2019.
- 14 Stauber M. Duale Reihe Gynäkologie und Geburtshilfe. 3. Aufl., Stuttgart: Thieme; 2016.

- 15 Hösli I, Büchel J. Intraparatales Kardiotokogramm. *Der Gynäkologe*; 2017: 695–709; DOI: 10.1007/s00129-017-4114-3.
- 16 Graham EM, Petersen SM, Christo DK et al. Intrapartum electronic fetal heart rate monitoring and the prevention of perinatal brain injury. *Obstetrics and gynecology* 2006; 108: 656–666; DOI: 10.1097/01.AOG.0000230533.62760.ef.
- 17 Geraedts M, Neumann M. Evaluation geburtshilflicher Qualitätsindikatoren in der externen vergleichenden Qualitätssicherung nach §137 SGB V im Leistungsbereich Geburtshilfe, Studie im Auftrag der BQS Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung. Im Internet: www.bqs-online.de/download/ga_BQSQIG_stellFA1106.pdf. Zugriff: 06.05.2022.
- 18 Hammacher K. Elektronische Geburtsüberwachung. *Medizinische Klinik* 1969; 64: 1846–1851.
- 19 Alfirevic Z, Devane D, Gyte GM et al. Continuous cardiotocography (CTG) as a form of electronic fetal monitoring (EFM) for fetal assessment during labour. *The Cochrane database of systematic reviews* 2017; 2: CD006066; DOI: 10.1002/14651858.CD006066.pub3.
- 20 Ecker JL, Frigoletto FD. Cesarean delivery and the risk-benefit calculus. *The New England journal of medicine* 2007; 356: 885–888; DOI: 10.1056/NEJMp068290.
- 21 Parer JT, Ikeda T. A framework for standardized management of intrapartum fetal heart rate patterns. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2007; 197: 26.e1-6; DOI: 10.1016/j.ajog.2007.03.037.
- 22 Cibils LA. On intrapartum fetal monitoring. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 1996; 174: 1382–1389; DOI: 10.1016/S0002-9378(96)70689-0.
- 23 Saling E. Mikroblutuntersuchungen am Feten. Klinischer Einsatz und erste Ergebnisse. *Zeitschrift für Geburtshilfe und Gynakologie* 1964; 162: 56–75.
- 24 Saling E. Fetal scalp blood analysis. *Journal of perinatal medicine* 1981; 9: 165–177; DOI: 10.1515/jpme.1981.9.4.165.
- 25 Dudenhausen JW. Untersuchung des Kindes während der Geburt. In: Pschyrembel W (Hrsg.). *Praktische Geburtshilfe, Mit geburtshilflichen Operationen*. 22 Aufl. Berlin, Boston: De Gruyter; 2019: 215-203.
- 26 Kundu S, Ehr J von, Kühnle E et al. Inter-und Intraobserver Variabilität der subpartu CTG-Interpretation und Einschätzung des arteriellen Geburts-pHs. *Geburtsh Frauenheilk* 2016; 76; DOI: 10.1055/s-0036-1592878.
- 27 Hilal Z, Mrkvicka J, Rezniczek GA et al. Accuracy of intrapartum fetal blood gas analysis by scalp sampling: A retrospective cohort study. *Medicine* 2017; 96: e8839; DOI: 10.1097/MD.0000000000008839.

- 28 Demaegd H, Bauters E, Page GH. Foetal scalp blood sampling and ST-analysis of the foetal ECG for intrapartum foetal monitoring: a restricted systematic review. *Facts, views & vision in ObGyn* 2020; 11: 337–346.
- 29 Chandraharan E, Wiberg N. Fetal scalp blood sampling during labor: an appraisal of the physiological basis and scientific evidence. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica* 2014; 93: 544–547; DOI: 10.1111/aogs.12416.
- 30 Dudenhausen JW. Intrauteriner Sauerstoffmangel. In: Pschyrembel W (Hrsg.). *Praktische Geburtshilfe, Mit geburtshilflichen Operationen*. 22. Aufl. Berlin, Boston: De Gruyter; 2019: 365–369.
- 31 Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (DGGG). S1-Leitlinie Anwendung des CTG während Schwangerschaft und Geburt - Langfassung, AWMF-Register-Nr. 015/036.
- 32 Schulten PS, Suppelnä JP, Dages T et al. Vergleich internationaler Leitlinien zur Anwendung der Cardiotokografie. *Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie* 2018; 222: 66–71; DOI: 10.1055/s-0043-122945.
- 33 Jepsen I, Blix E, Cooke H et al. The overuse of intrapartum cardiotocography (CTG) for low-risk women: An actor-network theory analysis of data from focus groups. *Women and birth : journal of the Australian College of Midwives* 2022; DOI: 10.1016/j.wombi.2022.01.003.
- 34 Rosset IK, Lindahl K, Blix E et al. Recommendations for intrapartum fetal monitoring are not followed in low-risk women: A study from two Norwegian birth units. *Sexual & reproductive healthcare : official journal of the Swedish Association of Midwives* 2020; 26: 100552; DOI: 10.1016/j.srhc.2020.100552.
- 35 Fetal monitoring in low-risk pregnancies: CTG and doppler (DGGG & DEGUM Guideline). Schiermeier S, von Kaisenberg C, Kehl S, Reister F, Mosimann B, Reif P, Harlfinger W, König K, Schwarz C, Mattern E, Kühnert M, Schmitz R, Hoopmann M, Ramsell A, Stocker-Kalberer B, Graf Heule P, Heinzl S, Kager B, Gruber P, Steiner H, Schaffer L. (S3-Level, AWMF Registry No. 015/089, February 2023). Im Internet: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/015-089.html>. Zugriff: 07.09.2023.
- 36 Santo S, Ayres-de-Campos D. Human factors affecting the interpretation of fetal heart rate tracings: an update. *Current opinion in obstetrics & gynecology* 2012; 24: 84–88; DOI: 10.1097/GCO.0b013e3283505b3c.
- 37 Pehrson C, Sorensen JL, Amer-Wählin I. Evaluation and impact of cardiotocography training programmes: a systematic review. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology* 2011; 118: 926–935; DOI: 10.1111/j.1471-0528.2011.03021.x.
- 38 van Geijn HP. 2 Developments in CTG analysis. *Bailliere's clinical obstetrics and gynaecology* 1996; 10: 185–209; DOI: 10.1016/s0950-3552(96)80033-2.

- 39 Nonnenmacher A, Hopp H, Dudenhausen J. Perspektiven der CTG-Anwendung während der Geburt. *Gynäkologe* 2009; 42: 350–360; DOI: 10.1007/s00129-008-2288-4.
- 40 Saling E, DAMASCHKE K. A new micro-rapid method for measurement of the blood oxygen with an electrochemical apparatus. *Klinische Wochenschrift* 1961; 39: 305–306; DOI: 10.1007/BF01482741.
- 41 Hopp H. Vaginal-operative Entbindung. In: Kainer F (Hrsg.). *Facharzt Geburtsmedizin*. 3 Aufl. München, s.l.: Elsevier; 2016: 879–912.
- 42 Venturini D. *Kaiserschnitt, vaginale und natürliche Geburt, Erleben und Verarbeiten aus psychotherapeutischer Sicht*, Wiesbaden: Springer; 2019.
- 43 Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (DGGG). *Sectio caesarea, S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V.* Im Internet: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/015-084.html>. Zugriff: 23.04.2022.
- 44 Seelbach-Göbel B. 13 Pathologie der Geburt (Pathologien unter der Geburt) (VII), Vaginal-operative Geburt. In: Rath W, Gembruch U, Schmidt M (Hrsg.). *Geburtshilfe und Perinatalmedizin, Pränataldiagnostik ; Erkrankungen ; Entbindung*. 2 Aufl. s.l.: Georg Thieme Verlag KG; 2010.
- 45 Zimmermann, A., Schneider, H. Versorgung des Neugeborenen. In: Schneider H, Husslein P, Schneider K-TM (Hrsg.). *Die Geburtshilfe*. 5 Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 1031–1062.
- 46 Apgar V. A Proposal for a New Method of Evaluation of the Newborn Infant. Originally published in July 1953, volume 32, pages 250-259. *Anesthesia and analgesia* 2015; 120: 1056–1059; DOI: 10.1213/ANE.0b013e31829bdc5c.
- 47 Genzel-Boroviczény O. Betreuung des Neugeborenen. In: Kainer F (Hrsg.). *Facharzt Geburtsmedizin*. 3 Aufl. München, s.l.: Elsevier; 2016: 945–963.
- 48 Herber-Jonat S. Postnatale Versorgung des gesunden Neugeborenen. In: Strauss A (Hrsg.). *Geburtshilfe Basics*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2006: 61–387.
- 49 Flemmer AW, Maier RF, Hummler H. Behandlung der neonatalen Asphyxie unter besonderer Berücksichtigung der therapeutischen Hypothermie, S2k-Leitlinie. Im Internet: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/024-023I_S2k_Behandlung_der_neonatalen_Aphyxie_unter_besonderer_Ber%C3%BCcksichtigung_der_therapeutischen_Hypothermie_2013-06-abgelaufen.pdf. Zugriff: 04.06.2022.
- 50 Graham EM, Ruis KA, Hartman AL et al. A systematic review of the role of intrapartum hypoxia-ischemia in the causation of neonatal encephalopathy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2008; 199: 587–595; DOI: 10.1016/j.ajog.2008.06.094.

- 51 Holzmann M, Wretler S, Cnattingius S et al. Neonatal outcome and delivery mode in labors with repetitive fetal scalp blood sampling. *European journal of obstetrics, gynecology, and reproductive biology* 2015; 184: 97–102; DOI: 10.1016/j.ejogrb.2014.11.012.
- 52 Jørgensen JS, Weber T. Fetal scalp blood sampling in labor--a review. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica* 2014; 93: 548–555; DOI: 10.1111/aogs.12421.
- 53 Stein W, Hellmeyer L, Misselwitz B et al. Impact of fetal blood sampling on vaginal delivery and neonatal outcome in deliveries complicated by pathologic fetal heart rate: a population based cohort study. *Journal of perinatal medicine* 2006; 34: 479–483; DOI: 10.1515/JPM.2006.093.
- 54 Schmidt S, Misselwitz B, Künzel W. Optimierte Fetalblutanalyse die Qualität der geburtshilflichen Versorgung? *Geburtsh Frauenheilk* 2005; 65: 368–373; DOI: 10.1055/s-2005-837594.
- 55 Reif P, Haas J, Schöll W et al. Reduktion der operativen Entbindungsrate durch den Einsatz von Mikroblutuntersuchungen bei auffälligem CTG unter Berücksichtigung des Gestationsalters. *Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie* 2011; 215: 194–198; DOI: 10.1055/s-0031-1287861.
- 56 Carbonne B, Pons K, Maisonneuve E. Foetal scalp blood sampling during labour for pH and lactate measurements. *Best practice & research. Clinical obstetrics & gynaecology* 2016; 30: 62–67; DOI: 10.1016/j.bpobgyn.2015.05.006.
- 57 Kuehnle E, Herms S, Kohls F et al. Correlation of fetal scalp blood sampling pH with neonatal outcome umbilical artery pH value. *Archives of gynecology and obstetrics* 2016; 294: 763–770; DOI: 10.1007/s00404-016-4053-6.
- 58 O'Brien YM, Murphy DJ. The reliability of foetal blood sampling as a test of foetal acidosis in labour. *European journal of obstetrics, gynecology, and reproductive biology* 2013; 167: 142–145; DOI: 10.1016/j.ejogrb.2012.11.016.
- 59 Spitzer D, Heiss O, Staudach A et al. Sectio aus "reiner" CTG Indikation. *Gynäkologisch-geburtshilfliche Rundschau* 1993; 33 Suppl 1: 262–263; DOI: 10.1159/000272253.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Therapieresistente Bradykardie eines Fetus bei einer 32-jährigen Erstgebärenden in 40 + 6 SSW. Nikotinabusus 7/d. Notsectio [25].....	18
Abbildung 2: Adoleszente Mütter, Normal- und Spätgebärende mit und ohne MBU.	33
Abbildung 3: Feten, die 1-2 versus 3 oder mehr MBU erhielten.....	34
Abbildung 4: Geschlechterverteilung bei Neugeborenen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU.	34
Abbildung 5: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU.	36
Abbildung 6: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit 1-2 versus ≥ 3 MBU-Eingriffen.....	37
Abbildung 7: Entbindungsmodus bezogen auf den schlechtesten pH-Wert der MBU.	38
Abbildung 8: Mittlerer Na-pH Wert bei Feten mit und ohne MBU unterteilt nach Entbindungsmodus.....	40
Abbildung 9: Korrelation zwischen dem schlechtesten pH-Wert in der MBU und Na-pH.....	41
Abbildung 10: Verlauf der relativen Häufigkeiten der MBU unter Patientinnen mit abnormen CTG zwischen 2011	44

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ursachen für eine intrauterine Hypoxie [30].	12
Tabelle 2: Indikationen zur kontinuierlichen CTG-Überwachung bei niedrigem Risiko [8].	14
Tabelle 3: Bewertung der Einzelparameter der FHF [31].	17
Tabelle 4: Einflussfaktoren auf das fetale CTG [31].	18
Tabelle 5: Klassifikation zur Bewertung der Fetalblutprobe [8].	22
Tabelle 6: pH-Werte, PCO ₂ und Base Excess (BE) aus dem Fetalblut (FB) und empfohlenes Vorgehen [31].	22
Tabelle 7: Übersicht über Sectioindikationen [6].	24
Tabelle 8: APGAR-Score [47].	26
Tabelle 9: Interpretation der APGAR-Werte [48].	27
Tabelle 10: Beurteilung der pH-Wertes im Nabelschnurblut [48].	27
Tabelle 11: Verteilung der MBU in den Gruppen der Normal- und Spätgebärenden.	32
Tabelle 12: Anzahl der Vorsorgeuntersuchungen bei Patientinnen mit und ohne MBU.	35
Tabelle 13: Durchführung einer MBU je nach Schwangerschaftswoche.	35
Tabelle 14: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit einem abnormen CTG mit und ohne MBU.	36
Tabelle 15: Entbindungsmodus bei Patientinnen mit 1-2 versus ≥ 3 MBU-Eingriffen.	37
Tabelle 16: Entbindungsmodus bezogen auf den schlechtesten pH-Wert der MBU.	38
Tabelle 17: pH-Wert nach der Geburt bei Neugeborenen mit und ohne MBU.	38
Tabelle 18: pH-Wert nach der Geburt bei Neugeborenen mit 1-2 vs. \geq MBU.	39
Tabelle 19: Mittlerer Na-pH Wert bei Feten mit und ohne MBU unterteilt nach Entbindungsmodus.	39
Tabelle 20: Mittlere Anzahl der MBU nach Entbindungsmodus.	40
Tabelle 21: Verteilung des Geburtsgewichts bei Kindern mit und ohne MBU.	41
Tabelle 22: Beschleunigung der Wehentätigkeit und der Geburt.	42
Tabelle 23: Geburtsdauer bezogen auf MBU.	42
Tabelle 24: Dauer der Entbindung bei Patientinnen mit und ohne MBU.	43
Tabelle 25: Episiotomien bei vaginalen Entbindungen mit und ohne den Einsatz von MBU.	43