

Diplomarbeit

**Fetale Blutgasanalyse:
Literaturübersicht und möglicher Einfluss auf die
Sectiorate
Eine retrospektive Studie an der UFK Graz**

eingereicht von

Helena Altenhofer

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

**Universitätsklinikum für Gynäkologie und Geburtshilfe
Klinischen Abteilung für Geburtshilfe**

unter der Anleitung von Betreuer

Ao.Univ.-Prof. Dr.med.univ. MSc Wolfgang Schöll

Graz, 11. September 2023

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 11. September 2023

Helena Altenhofer eh.

Danksagungen

Besonderer Dank gilt meinem Diplomarbeitsbetreuer Prof. Dr. Wolfgang Schöll, der immer Zeit für die Beantwortung meiner Fragen fand und mir bei Problemen stets rasch und mit zielorientierten Lösungen zur Seite stand. Vielen Dank für die Bereitstellung des Themas, für die aufgebrachte Geduld und für die tatkräftige Unterstützung beim Erstellen dieser Arbeit!

Ein herzliches Dankeschön gilt auch all jenen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Frauenklinik, die mir ihre Zeit zur Verfügung stellten, um mir bei der Datenerhebung zu helfen.

Auch meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglichen haben, will ich an diesem Punkt besonderen Dank aussprechen. Eure Unterstützung in allen Lebenslagen hat mich durch mein gesamtes Studium getragen.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abkürzungen und Glossar	V
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Zusammenfassung.....	IX
Abstract.....	XI
1 Einleitung	1
1.1 Kardiotokographie	1
1.1.1 Prinzip.....	2
1.1.2 Indikation	2
1.1.3 Auswertung.....	2
1.1.4 Sensitivität, Spezifität und Einflussfaktoren	5
1.2 Mikroblutuntersuchung	7
1.2.1 Geschichte.....	7
1.2.2 Indikationen	7
1.2.3 Kontraindikationen und Limitationen der Methode.....	8
1.2.4 Durchführung	9
1.2.5 Säure Basen-Haushalt.....	10
1.2.6 Interpretation der Ergebnisse	13
1.2.7 Fehlermöglichkeiten und Komplikationen	15
1.3 Operative Entbindungsmöglichkeiten und deren Komplikationen	16
1.3.1 Sectio caesarea	16
1.3.2 Vaginal-operative Entbindung.....	20
1.4 Outcome-Parameter.....	24
1.4.1 APGAR-Score.....	25
1.4.2 Säure-Basen-Status	26
2 Material und Methoden.....	27
2.1 Studienkollektiv	27
2.2 Statistische Methoden	28
2.3 Zielgrößen	28

3	Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen	30
3.1	Demographische Daten zu Mutter und Kind.....	30
3.2	Angaben zur Geburt.....	31
3.3	Geburtsmodus Gesamtkollektiv vs. nach MBU	32
3.4	Angaben zur Mikroblutuntersuchung.....	35
3.4.1	Tests auf Normalverteilung	37
3.4.2	Zusammenhang zwischen Laktat und pH.....	39
3.5	Gegenüberstellung von Laktat und pH bezüglich Ihres prognostischen Werts	41
3.5.1	Auswahl geeigneter Outcome-Parameter.....	41
3.5.2	Korrelation der Messergebnisse mit Outcome-Parametern	42
3.5.3	Zusammenhang zwischen APGAR und Laktat/pH-Wert.....	44
4	Diskussion.....	56
4.1	Qualität der Daten	56
4.2	Geburtsmodus.....	57
4.2.1	Einfluss der MBU auf den Geburtsmodus.....	58
4.2.2	Aussagekraft der Extrapolation.....	59
4.3	Gegenüberstellung pH und Laktat.....	60
4.3.1	Korrelation – Interpretation sowie Stärken und Schwächen der Methode	61
4.3.2	Kreuztabellen – Interpretation sowie Stärken und Schwächen der Methode	62
4.4	Schlussfolgerung und Ausblick für weiterführende Arbeiten	65
	Literaturverzeichnis	67

Abkürzungen und Glossar

BE	Base excess
CTG	Kardiotokogramm
DGGG	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V.
FBA	Fetale Blutgasanalyse
FIGO	Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique
HBV	Hepatitis-B-Virus
HCV	Hepatitis-C-Virus
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
HSV	Herpes-simplex-Virus
IET	Institut für klinische Epidemiologie Tirol
MBU	Mikroblutuntersuchung
NA	Nabelschnurarterie
NV	Nabelschnurvene
SSW	Schwangerschaftswoche
UFK	Universitätsfrauenklinik

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Normalbefund eines CTG ohne Wehentätigkeit (10)	4
Abbildung 2: Entnahme von fetalem Blut (23)	10
Abbildung 3: Entbindung mit Forceps (51)	21
Abbildung 4: Entbindung mit Saugglocke (51).....	22
Abbildung 5: Häufigkeit der unterschiedlichen Geburtsmodi	33
Abbildung 6: Histogramm der intrapartalen pH-Werte	36
Abbildung 7: Histogramm der intrapartalen Laktatwerte.....	37
Abbildung 8: Q-Q-Diagramm der Laktat-Werte	38
Abbildung 9: Q-Q-Diagramm der pH-Werte	38
Abbildung 10: Streudiagramm Laktat und pH-Wert der MBU	40
Abbildung 11: Streudiagramm Laktat und BE der MBU	40
Abbildung 12: Streudiagramm NA-pH und MBU-pH.....	44
Abbildung 13: Streudiagramm NA-pH und MBU-Laktat	44
Abbildung 14: Histogramm des APGAR (5 min), gruppiert nach Laktatwerten der MBU (nach Visser et al.)	53
Abbildung 15: Histogramm des APGAR (5 min), gruppiert nach Laktatwerten der MBU (nach Heinis et al.)	54
Abbildung 16: Histogramm des APGAR (5 min), gruppiert nach pH-Werten der MBU	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Interpretation des CTG laut Leitlinie (11)	5
Tabelle 2: Einteilung der fetalen Azidose	14
Tabelle 3: APGAR-Schema nach V. Apgar (60).....	25
Tabelle 4: Geburtshilfliche Basisdaten der Kinder.....	30
Tabelle 5: Basisdaten zur Geburt.....	31
Tabelle 6: Postnatale Messwerte zum kindlichen Säure-Basen-Haushalt.....	32
Tabelle 7: Geburtsmodus aller Geburten an der UFK Graz	32
Tabelle 8: Gegenüberstellung des Geburtsmodus aller Geburten und von Geburten nach MBU unter Vernachlässigung primärer Sectiones	33
Tabelle 9: Interpolierter Einfluss der MBU auf die Sectiorate	34
Tabelle 10: Ergebnisse der Mikroblutuntersuchungen	35
Tabelle 11: Test auf Normalverteilung nach Kolmogorov-Smirnov.....	37
Tabelle 12: Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk.....	37
Tabelle 13: Korrelation zwischen Laktat, pH und BE.....	39
Tabelle 14: Korrelation zwischen Nabelarterien-pH, Nabelvenen-pH und APGAR (5min).....	41
Tabelle 15: Korrelation zwischen postpartalen und MBU-Messwerten.....	43
Tabelle 16: Einteilung der Messergebnisse.....	45
Tabelle 17:pH- und Laktat-Werte bei hohem APGAR (5 min)	46
Tabelle 18: pH- und Laktat-Werte bei mittlerem APGAR (5 min)	47
Tabelle 19: pH-und Laktat-Werte bei niedrigem APGAR (5min)	47
Tabelle 20: APGAR (5 min) bei normalem pH/Laktat nach FIGO.....	48
Tabelle 21: APGAR (5 min) bei grenzwertigem und azidotischem pH/Laktat.....	48
Tabelle 22: Einteilung der Messergebnisse.....	50

Tabelle 23: pH- und Laktat-Werte bei hohem APGAR (5min)	50
Tabelle 24: pH- und Laktat-Werte bei niedrigem APGAR (5 min)	51
Tabelle 25: APGAR (5 min) bei normalem pH/Laktat	51
Tabelle 26: APGAR (5 min) bei grenzwertigem und azidotischem pH/Laktat.....	52

Zusammenfassung

Fragestellung:

In der Geburtshilfe ist die Kardiotokographie zwar eine unverzichtbare Methode zur intrapartalen fetalen Überwachung, aufgrund ihrer geringen Spezifität lässt sie jedoch keine sichere Aussage über das tatsächliche Vorliegen eines fetalen Distress zu. Ohne weiterführende Untersuchungen hat dies zur Folge, dass bei Auftreten von suspekten oder pathologischen CTG-Veränderungen häufig eine sofortige Geburtsbeendigung mittels vaginal-operativer Entbindung oder Sectio erfolgt, die möglicherweise nicht notwendig ist und eine erhöhte iatrogene Morbidität und Mortalität zur Folge hat. Diese Studie soll untersuchen, wie viele operative Entbindungen durch den Einsatz von Mikroblutuntersuchungen verhindert werden können.

Material und Methoden:

Es handelt sich um eine monozentrische, retrospektive Analyse des Geburtsmodus nach erfolgter Mikroblutuntersuchung. Eingeschlossen wurden 1 080 Patientinnen, welche im Zeitraum 01.05.2016 bis 01.05.2020 an der UFK Graz entbunden haben. Mittels deskriptiver Statistik wurde deren Geburtsmodus mit dem aller Frauen im selben Zeitraum verglichen und der Einfluss der Mikroblutuntersuchung auf die Rate an operativen Entbindungen interpoliert. Als sekundäre Zielgröße wurde am gleichen Patientinnenkollektiv mithilfe von deskriptiver Statistik und Korrelation untersucht, welcher der beiden Messwerte pH und Laktat den fetalen Zustand genauer beschreibt.

Ergebnisse:

Von 1 080 Patientinnen, bei denen eine Mikroblutuntersuchung durchgeführt wurde, konnte bei 426 (36,1%) eine Spontangeburt erreicht werden. Im Gesamtkollektiv entspricht dies einer Reduktion vaginal-operativer und Schnittentbindungen von 34,1% auf 30,6%. Unter der Annahme, dass nur 50-80% der Mikroblutuntersuchungen auch zu einer operativen Entbindung führen würden, wovon die Hälfte vaginal-operativ wäre, konnte im Rahmen dieser Arbeit eine Senkung der Sectorate um 0,9 bis 1,5 Prozentpunkte gezeigt werden.

Bezüglich des Vorhersagewerts der Messparameter der Mikroblutuntersuchung zeigte Laktat eine höhere Sensitivität, dafür eine niedrigere Spezifität als der pH. Insgesamt scheint der pH-Wert mehr Ergebnisse zu liefern, die mit dem klinischen Outcome unmittelbar nach der Geburt übereinstimmen.

Schlussfolgerung:

Die fetale Mikroblutuntersuchung stellt ein effektives Hilfsmittel im geburtshilflichen Management dar und kann zur Reduktion der operativen Entbindungsrate beitragen. Im Vergleich zur Komplikationsrate operativer Entbindungsmöglichkeiten kann das Risiko der Invasivität des Eingriffs als gering eingestuft werden.

In der Interpretation der Messwerte wird ein Fokus auf den pH-Wert als primärer Parameter zur Entscheidungsfindung bei Kindern mit schlechter Stoffwechsellage zu mehr falsch negativen Befunden führen, während die Verwendung von Laktat auch ohne fetalen Distress häufiger zu auffälligen Befunden und damit höherer Invasivität führen wird. Weitere Studien sind notwendig, um optimale und einheitliche Grenzwerte für Laktat festzulegen und den prädiktiven Wert der beiden Parameter zu vergleichen.

Abstract

Aim:

In obstetrics, cardiotocography is an indispensable method for fetal monitoring during labour. However, due to its low specificity, it does not provide reliable information about the actual presence of fetal distress. Without further investigations, this often leads to rapid intervention to deliver the baby by Caesarean sectio or assisted vaginal delivery when suspicious or pathological cardiotocography changes occur, which may result in increased iatrogenic morbidity and mortality. This study aims to examine how many Caesarean sections and assisted vaginal deliveries can be prevented through the use of fetal scalp blood sampling.

Methods:

This is a monocentric, retrospective analysis of the mode of delivery after performing fetal scalp blood sampling. A total of 1,080 patients who gave birth at the UFK Graz between May 1, 2016, and May 1, 2020, were included. Descriptive statistics were used to compare their mode of delivery with that of all women during the same period and to extrapolate the impact of fetal scalp blood sampling on the rate of operative deliveries.

As a secondary objective, the same group of patients was analyzed using descriptive statistics and correlation to determine whether pH or lactate provides a more accurate description of the fetal condition.

Results:

Out of 1,080 patients who underwent fetal scalp blood sampling, spontaneous vaginal delivery was achieved in 426 cases (36.1%). In the overall collective, this corresponds to a reduction in assisted vaginal and cesarean deliveries from 34.1% to 30.6%. Assuming that only 50-80% of microblood tests would lead to operative delivery, half of which would be vaginally assisted, this study demonstrated a reduction in the cesarean section rate by 0.9 to 1.5 percentage points.

Regarding the predictive value of the microblood test parameters, lactate showed higher sensitivity but lower specificity than pH. Overall, the pH value seems to provide more results that align with the immediate clinical outcome after birth.

Conclusion:

Fetal scalp blood sampling is an effective tool in obstetric management and can contribute to reducing the rate of operative deliveries. Compared to the complication rate of operative delivery options, the risk of fetal complications due to the invasiveness of the procedure can be considered low.

When interpreting the measurement values, focusing on the pH value as the primary parameter for decision-making will lead to more false-negative findings in children with poor metabolic status, while the use of lactate will lead to more abnormal findings and a higher rate of invasive procedures even without fetal distress. Further studies are necessary to establish optimal and consistent threshold values for lactate and compare the predictive value of both parameters.

1 Einleitung

In Österreich kommen jährlich rund 80.000 Kinder zur Welt, etwa 3500 davon am LKH Univ. Klinikum Graz. (1,2)

Während es sich beim Großteil der Geburten nach wie vor um Spontangeburt handelt, stieg die Sectiorate in den letzten 20 Jahren von etwa 12% auf etwa 30% an. (1) Da der Kaiserschnitt, insbesondere der sekundäre, mit einer deutlich erhöhten Komplikationsrate für werdende Mütter einhergeht, versucht man diese Rate zu senken. (3)

Eine häufige Indikation für eine sekundäre Sectio sind auffällige oder pathologische fetale Herzfrequenzmuster in der Kardiotokographie. Diese können Ausdruck einer akuten Hypoxie sein, treten jedoch aufgrund der niedrigen Spezifität der Untersuchung häufig auch bei ausreichender kindlicher Sauerstoffversorgung auf. (4) Eine wichtige Untersuchung zur Objektivierung der fetalen Stoffwechselsituation stellt die fetale Blutgasanalyse oder Mikroblutuntersuchung, kurz MBU, dar. (5)

In dieser Arbeit soll die fetale Blutgasanalyse und ihr Einfluss auf die Rate an sekundären Schnittentbindungen analysiert werden.

1.1 Kardiotokographie

Mithilfe der Kardiotokographie (CTG) wird die kindliche Herzfrequenz sowie die Wehentätigkeit der Mutter aufgezeichnet. Sie stellt nach wie vor die wichtigste Methode zur Überwachung der Geburt dar und wird auch bei risikofreien Schwangerschaften standardmäßig zur Überwachung des Kindes eingesetzt. (6)

Während es sich beim CTG also um eine mehr oder weniger kontinuierlich durchgeführte Routineuntersuchung handelt, stellt die fetale Blutgasanalyse in erster Linie eine additive Untersuchung in speziellen Situationen dar. Um ihre Bedeutung als Ergänzung zur Kardiotokographie und ihre Indikationen, die sich oft aus dem CTG ergeben, zu verstehen, ist daher auch ein Verständnis der Grundlagen der Kardiotokographie notwendig, weshalb diese auf den nächsten Seiten in groben Zügen umrissen werden soll.

1.1.1 Prinzip

Bis zur Entwicklung der Kardiotokographie war die Auskultation die einzige Methode der kindlichen Herztonüberwachung. Die Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelte Kardiotokographie erlaubte die kontinuierliche Aufzeichnung der fetalen Herzaktion auch während der Wehen und löste die Auskultation damit fast vollständig ab. (7)

Die Ableitung der Herztöne erfolgt in der Regel extern über die Bauchdecke der Mutter mittels zweier Doppler-Ultraschallköpfe, welche möglichst nahe am Rücken des Kindes angebracht werden sollten. Seltener erfolgt eine direkte interne Ableitung, bei welcher nach erfolgtem Blasensprung eine Skalpelektrode in den Uterus eingeführt wird.

Die Aufzeichnung erfolgt nach der Beat-to-beat-Methode: Die momentane Herzfrequenz wird nach jedem Herzschlag aus dem zeitlichen Abstand zum vorherigen errechnet und in Schlägen pro Minute angegeben. Die gleichzeitige Aufzeichnung der Wehentätigkeit ist entscheidend bei der Interpretation des Kardiotokogramms, da die Wehenabhängigkeit fetaler Herzfrequenzschwankungen Hinweise auf die Ursache einer fetalen Gefährdung geben kann. (8)

1.1.2 Indikation

In der Regel wird bei jeder Gebärenden ein 30-minütiges Aufnahme-CTG durchgeführt, um eine Gefährdung des Fetus auszuschließen. Ist dieses unauffällig, ist eine Kontrolle alle 30-120 Minuten ausreichend. Bei Vorliegen zusätzlicher Risikofaktoren, Tokolyse, Gabe von wehenfördernden Medikamenten sowie gegen Ende der Geburt (in der späten Eröffnungs- und Austreibungsphase) sollte eine kontinuierliche CTG-Aufzeichnung erfolgen. (9)

1.1.3 Auswertung

Bei der Beurteilung des CTG werden folgende Parameter ausgewertet:

- Fetale Herzfrequenz

Die Basalfrequenz sollte 110-150 Schläge/min betragen. Von langfristigen

Frequenzänderungen spricht man bei Tachy- oder Bradykardie über einen Zeitraum von mehr als 3 Minuten.

- Oszillationen

Kurzfristige Herzfrequenzänderungen betreffen die Oszillationsamplitude (maximale Auslenkung) und Oszillationsfrequenz (Anzahl der Schwingungen um die Basalfrequenz) in einem Zeitraum von 1 Minute.

Ein Absinken der Oszillationsamplitude unter 10 Schläge/Minute („eingengt undulatorisch“) kann während fetaler Ruhephasen auftreten. Ein negativer Weckversuch durch Schütteln des mütterlichen Abdomens oder eine Oszillation unter 5 Schläge/Minute ist ein Zeichen für fetale Hypoxie.

- Akzelerationen und Dezelerationen

Dabei handelt es sich um mittelfristige Frequenzänderungen von >15 Schlägen/min über einen Zeitraum von mehr als 15 Sekunden.

(9)

Periodische, wehenabhängige Akzelerationen sind als Kompensationszeichen der uteroplazentaren Minderdurchblutung und Kompression der Nabelvene zu interpretieren und prognostisch günstig.

Dezelerationen müssen weiter unterteilt werden. Sie können sporadisch (Dip 0) oder periodisch unter Wehentätigkeit (Dip I, Dip II und Variable Dip) auftreten.

- Sporadische Dezelerationen (Dip 0)

Dezelerationen, welche sporadisch und wehenunabhängig auftreten, werden als Dip 0 bezeichnet und können bei einer Dauer von <30 Sekunden als harmlos betrachtet werden. Prolongierte Dip 0 können ein Hinweis auf eine fetale Hypoxie sein.

- Frühe Dezelerationen (Dip I)

Dip I verlaufen wehensynchron und treten vor allem in der Austreibungsphase als Zeichen der vagalen Reaktion bei Kompression des fetalen Kopfes auf. Bei Auftreten in der Eröffnungsphase über einen Zeitraum von mehr als 30 Minuten können sie auf eine Hypoxie hindeuten und sind daher eine Indikation zur MBU.

- Späte Dezelerationen (Dip II)
Diese beginnen erst am Höhepunkt der Wehe und enden nach Wehenende. Abhängig von Zusatzkriterien wie Tiefe und Breite der Dezeleration, Oszillation sowie Vorhandensein einer kompensatorischen Tachykardie gelten sie als wichtigstes Zeichen fetaler Hypoxie.
- Variable Dezelerationen (Variable Dip)
Dezelerationen mit wechselnder Form und zeitlichem Zusammenhang mit der Wehe werden als variable Dip bezeichnet. Sie kommen häufig in der Pressperiode durch die Kompression der Nabelschnur zustande und sind in diesem Fall als nicht pathologisch einzustufen.

(8)

Die folgende Abbildung zeigt ein normales CTG.

A stellt die fetale Herztätigkeit dar, welche anhand des Rasters in Schlägen pro Minute abgelesen werden kann. B zeigt die von der Mutter gefühlten Kindsbewegungen, welche sie durch Drücken eines Knopfes aufzeichnet, C die vom Gerät registrierten Kindsbewegungen. Linie D gibt die Uteruskontraktionen an, in diesem Fall wurde keine Wehe aufgezeichnet.

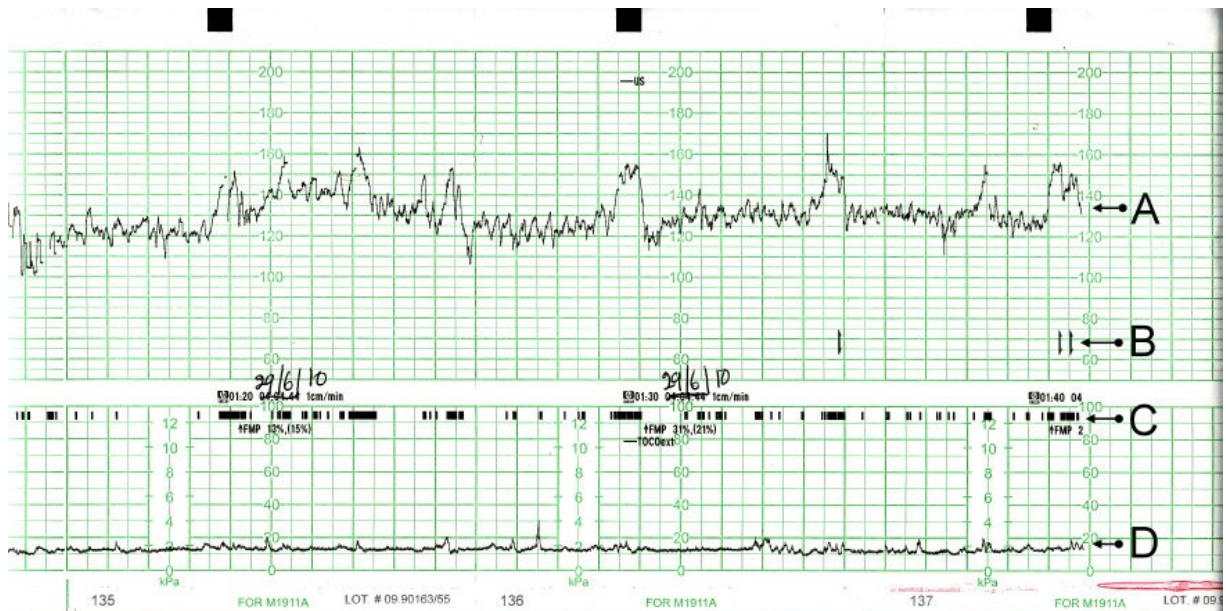


Abbildung 1: Normalbefund eines CTG ohne Wehentätigkeit (10)

Als standardisierte Interpretationsgrundlage bei der CTG-Beurteilung stehen eine Reihe von Scores zur Verfügung, beispielsweise der Fischer-Score, der Hammacher-Score, der Kubli-Score sowie der Meyer-Menk-Score. (4) Die aktuelle Leitlinie empfiehlt die Klassifikation nach dem FIGO-Score:

	Normal	Suspekt	Pathologisch
Baseline	110-160 Schläge/min	weder normales noch pathologisches Merkmal	< 100 Schläge/min
Oszillationen	5-25 Schläge/min		Eingeschränkte oder erhöhte Oszillation, sinusoidales Muster
Dezelerationen	Keine repetitiven Dezelerationen		Repetitive späte oder prolongierte Dezelerationen >30 min, prolongierte Dezelerationen >5 min
Interpretation	Keine Hypoxie / Azidose	Hypoxie/ Azidose uws.	Hohes Risiko für Hypoxie / Azidose

Tabelle 1: Interpretation des CTG laut Leitlinie (11)

Ein suspektes CTG sollte Anlass zur engmaschigen Überwachung sowie zu weiteren diagnostischen Schritten geben. Ein pathologisches CTG sollte die sofortige Korrektur reversibler Ursachen und weitere Diagnostik bzw. falls dies nicht möglich ist, eine rasche Entbindung nach sich ziehen. (11)

Handlungsalgorithmen wie dieser können jedoch stets nur eine Hilfestellung darstellen. Das CTG ist immer in Zusammenhang mit dem Geburtsverlauf, fetalen und maternalen Risikofaktoren und derzeitigen Belastungsfaktoren zu betrachten und erfordert viel Routine zur korrekten Interpretation. (12)

1.1.4 Sensitivität, Spezifität und Einflussfaktoren

Der große Vorteil der Kardiotokographie ist ihre hohe Sensitivität für eine fetale Zustandsverschlechterung. Bei Interpretation durch Experten/Expertinnen liegt die

Sensitivität für der Hypoxie- oder Azidosevorhersage zwischen 80 und 91%. Demgegenüber steht jedoch eine sehr geringe Spezifität. Diese wird je nach Quelle mit 9 bis 63% angegeben und äußert sich vor allem in falsch-positiven Befunden. So finden sich nur in etwa 15-20% der auffälligen Befunde auch tatsächlich Geburtsazidosen. Selbst bei kombiniertem Auftreten von scheinbar eindeutig pathologischen CTG-Mustern wie Tachykardie/Dezelerationen mit zusätzlichem Oszillationsverlust liegt der positive Vorhersagewert lediglich bei etwa 30%. Der negative Vorhersagewert ist dagegen mit 80-96% hoch. (13–15)

Für die Praxis bedeutet dies, dass ein pathologischer CTG-Befund wegen Verdachts auf fetalen Distress, der eine Indikation zur sekundären Sectio darstellt, welche jedoch nur in 15-30% der Fälle notwendig ist, zu einer hohen iatrogenen Morbidität führen würde. Aus diesem Grund sollte die klinische Entscheidung für eine operative Geburtsbeendigung außer in Ausnahmefällen, zum Beispiel bei schwerer persistierender fetaler Bradykardie, nicht allein aufgrund pathologischer CTG-Befunde getroffen werden. (4)

Grund für die geringe Spezifität des CTG sind die zahlreichen Faktoren, die diese Untersuchung beeinflussen können. Bei einem Gestationsalter <30. SSW finden sich beispielsweise fast regelmäßig suspekter oder pathologischer CTG-Muster. (16)

Auch viele Medikamente verursachen Veränderungen der fetalen Herzfrequenz, welche im CTG suspekt erscheinen, aber nicht mit einer Gefährdung des Kindes korrelieren. Der häufigste Grund für falsch positive CTG-Befunde sind jedoch die unterschiedlichen Aktivitäts- und Ruhezustände des Kindes. Insbesondere Aktiv-wach-Zustände und Tiefschlaf führen zu Herzfrequenzmustern, die als pathologisch gewertet werden können und finden sich am Geburtstermin bei 31-43% aller Registrierungen. (4)

Während sich das CTG aufgrund seiner hohen Sensitivität also sehr gut zur kontinuierlichen Überwachung unauffälliger Geburten eignet, treten aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren und damit verbundenen niedrigen Spezifität häufig suspekter oder pathologischer Ergebnisse auf, die eine weitere Abklärung erfordern. Dies ist die Aufgabe der Mikroblooduntersuchung.

1.2 Mikroblutuntersuchung

Unter der Mikroblutuntersuchung, auch fetale Blutgasanalyse genannt, versteht man die Analyse der fetalen Blutgase während der Geburt. Sie wurde 1961 von Prof. Saling entwickelt und ist eine häufig angewandte Methode zur Überprüfung der fetalen Stoffwechselsituation. (8)

In den folgenden Kapiteln werden Geschichte, Durchführung, Indikationen und Kontraindikationen der Mikroblutuntersuchung behandelt.

1.2.1 Geschichte

Die erste Fetalblutanalyse wurde 1961 vom deutschen Gynäkologen und Geburtshelfer Prof. Erich Saling (1925-2021) durchgeführt. 1960 nutzte er erstmals Blutgasanalysen, um die Wirksamkeit von Wiederbelebensmaßnahmen am Neugeborenen zu überprüfen. (17) Gemeinsam mit Kurt Damaschke entwickelte er ein Jahr später eine Mikroschnellmethode zur Messung der Sauerstoffsättigung des Blutes. (18) Damit war erstmals eine direkte Diagnostik des fetalen Zustands im Mutterleib möglich. (19)

Bis heute gilt die Mikroblutuntersuchung als Goldstandard zur Überprüfung des fetalen Säure-Basen-Status und wird im klinischen Alltag regelmäßig zur Verifizierung einer Hypoxämie bzw. Azidose eingesetzt. (4)

1.2.2 Indikationen

Die MBU dient zur Überprüfung suspekter bzw. pathologischer CTG-Muster. Dazu zählen:

- Unklare Brady- und Tachykardien (basale Herzfrequenz <110 oder $>150/\text{min}$)
- Ausgeprägte Dip I in der Eröffnungsperiode ($>30\%$)
- Regelmäßige, tokolysererefraktäre Dip II ($>3-5$)
- Mittelschwere variable Dezelerationen
- Dezelerationen mit prognostisch ungünstigen Zusatzkriterien

(8)

Besonders bei fehlender maternaler oder fetaler Pathologie sind die genannten CTG-Befunde mit großer Wahrscheinlichkeit falsch positiv, weshalb der fetalen Blutgasanalyse in diesem Fall besondere Bedeutung zukommt.

Weitere Indikationen für die Durchführung einer MBU sind

- grünes Fruchtwasser bei gleichzeitig vorliegendem dickem Mekonium oder suspektem/pathologischem CTG
- Verdacht auf Anämie oder Thrombozytopenie des Fetus

Da die MBU lediglich eine Punktmessung des fetalen Zustands darstellen kann, sollte sie bei anhaltend suspekter fetaler Herzfrequenz mehrmals wiederholt werden, um eine mögliche kindliche Zustandsverschlechterung zu erkennen. In Abhängigkeit vom Schweregrad der Pathologie und vom Geburtsfortschritt können die Intervalle zwischen den Messungen zwischen 20 und 60 Minuten variieren. (4) Bei gleichbleibenden Werten kann eine abwartende Haltung eingenommen werden, bei sich verschlechternden Werten sollte eine rasche Beendigung der Geburt angestrebt werden. (8)

1.2.3 Kontraindikationen und Limitationen der Methode

Es gibt jedoch auch Situationen, in denen eine Mikroblutuntersuchung nicht zielführend ist.

Bei unklarem CTG-Muster ist die MBU eine wichtige zusätzliche Interpretationshilfe, um falsch positive Befunde zu erkennen. Bei eindeutig pathologischem CTG-Befund wie beispielsweise terminaler Bradykardie stellt sie jedoch nur eine Zeitverzögerung der erforderlichen operativen oder vaginal-operativen Therapie dar, weshalb in solchen Situationen die Entscheidung für eine umgehende Entbindung allein aufgrund des CTG-Musters getroffen werden muss. (8)

Abgesehen davon sind folgende absolute Kontraindikationen für eine MBU zu beachten:

- Maternale Infektion durch HIV und HCV
aufgrund der Gefahr einer vertikalen Infektion
(HBV- und HSV-Infektionen stellen keine absolute Kontraindikation dar, so kann bei HBV-Infektion gegebenenfalls in Abhängigkeit der Virenlast eine MBU erfolgen)
- Schwere genitale oder amniotische Infektionen
- Kongenitale schwere Koagulopathie
(es besteht die Gefahr der anhaltenden Blutung aus dem Skalp, allerdings sollte eine solche Erkrankung ohnehin Anlass für eine primäre Sectio sein)
(4,20)

Fetale Gerinnungsstörungen wie zum Beispiel eine Hämophilie sind nur als relative Kontraindikation zu sehen, da zum Zeitpunkt der Geburt meist noch nicht klar ist, ob das ungeborene Kind tatsächlich an der Erkrankung leidet. Die Indikation für eine MBU ist bei Verdacht auf eine Gerinnungsstörung jedoch in jedem Fall sehr eng zu stellen. (21)

Zu den relativen Kontraindikationen zählen außerdem Gesichtshaltung, Frühgeburtlichkeit vor der 34. SSW (aufgrund der erhöhten Verletzbarkeit des kindlichen Schädels) sowie eine Mehrlingsschwangerschaft mit pathologischem CTG-Muster des 2. Kindes (aufgrund der anatomischen Erreichbarkeit). (4)
Nach Ende der Pressperiode ist die MBU ebenfalls nicht mehr indiziert, da hier in erster Linie eine rasche Entbindung angestrebt werden sollte. (22)

1.2.4 Durchführung

Voraussetzung für die Durchführung einer MBU ist ein mindestens 2-3 cm eröffneter Muttermund sowie ein bereits erfolgter Blasensprung. (9)

Gegebenenfalls kann auch eine Amniotomie durchgeführt werden, um die Untersuchung zu ermöglichen. (20)

Die Schwangere wird in Steinschnittlage gelagert und das äußere Genitale desinfiziert. Durch Einbringen des größtmöglichen Spekulum bzw. Amnioskops in die Vagina über die untersuchenden Finger wird anschließend der Kopf oder Steiß des Kindes dargestellt. Die Inzisionsstelle wird mit einem Tupfer von Blut, Schleim

und Vernix gereinigt und die trockene Inzisionsstelle mit sterilem Paraffinöl benetzt. Dieses verändert die Oberflächenspannung und fördert dadurch die Tropfenbildung des austretenden Blutes. Zur Hyperämisierung der Haut kann Finalgon verwendet werden, meist ist dies allerdings nicht notwendig. (22) Schließlich wird die Haut mit einer Lanzette 2-3mm tief angeritzt und das Blut in einer heparinisierten Kanüle (Saugpipette oder Kapillare) ohne Luftschlüsse aspiriert (siehe Abbildung 2). Die Inzisionsstelle wird mit einem Stieltupfer komprimiert. (4)

Die Analyse der Blutprobe erfolgt an einem geeigneten Gerät mittels Astrup-Methode. (8)

Abbildung 2 zeigt schematisch die Durchführung der fetalen Blutgasanalyse.

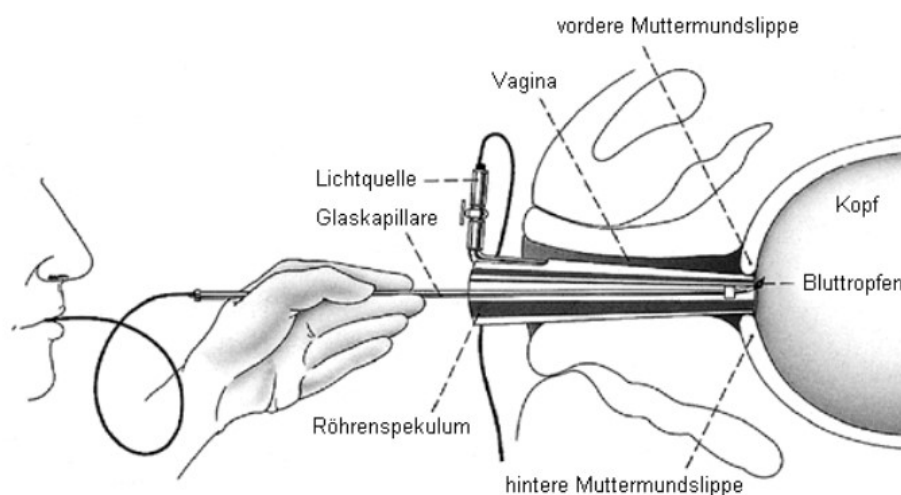


Abbildung 2: Entnahme von fetalem Blut (23)

1.2.5 Säure Basen-Haushalt

Die wichtigsten Messwerte der fetalen Blutgasanalyse sind pH, Laktat und Base excess. Um diese und ihren Zusammenhang untereinander zu verstehen, wird das Kapitel hier durch einen kurzen Exkurs zum Thema Säure-Basen-Haushalt unterbrochen. Dieses stellt die Grundlage aller Blutgasanalysen dar und ist darüber hinaus für die Gegenüberstellung zwischen pH und Laktat relevant. Ob eine Substanz sauer oder basisch ist, hängt von der Konzentration der H⁺-Ionen (Protonen) ab. Angegeben wird diese Konzentration mithilfe des pH-Wertes,

wobei dieser dem negativen dekadischen Logarithmus der H^+ -Konzentration entspricht:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Da Proteine Seitengruppen enthalten, die H^+ -Ionen entweder abgeben oder binden können, kommt es durch Änderungen dieser Konzentration bei den meisten Proteinen zu Konformationsänderungen, was ihre Funktion erheblich beeinträchtigen kann. Aus diesem Grund wird der pH-Wert im arteriellen Plasma unter physiologischen Bedingungen innerhalb sehr enger Grenzen konstant gehalten. (24)

Für die kurzfristige Regulation des Säure-Basen-Haushalts stehen eine Reihe von körpereigenen Puffersystemen zur Verfügung. Ein Beispiel dafür ist der Phosphatpuffer, aber auch die Proteine selbst sind als Proteinpuffer ein bedeutender Teil dieses Systems. Die wichtigste Rolle nimmt jedoch der Bicarbonatpuffer ein, welcher bei H^+ -Überschuss Bicarbonat (HCO_3^-) und Protonen in CO_2 und H_2O umwandelt. Da die Niere über eine Anpassung der Bicarbonatausscheidung deren Konzentrationsschwankungen ausgleichen kann und die Lungenventilation beim Gesunden in erster Linie von der Kohlendioxid-Konzentration abhängig ist, werden sowohl CO_2 als auch HCO_3^- im arteriellen Blut mehr oder weniger konstant gehalten.

Durch diese Möglichkeit der unabhängigen Einstellung von CO_2 und HCO_3^- handelt es sich beim Bicarbonatpuffer im Gegensatz zu Proteinen und Phosphat um ein offenes Puffersystem, was es äußerst effektiv macht.

Die Summe der Konzentration der Pufferbasen Hydrogenphosphat HPO_4^{2-} , Protein $^{(n+1)-}$ und Bicarbonat HCO_3^- im Gesamtblut wird als Gesamtpufferbasen bezeichnet. Unter physiologischen Bedingungen liegt diese bei 48 mmol/L. Eine Zunahme dieser Konzentration über 54mmol/L wird als Basenüberschuss (Base excess) bezeichnet, eine Abnahme unter 42mmol/L als Basendefizit (negativer Base excess). Diagnostisch ist dies von großer Bedeutung, da die Gesamtpufferbasen eine Differenzierung zwischen respiratorischen und nicht-respiratorischen Störungen des Säure-Basen-Haushalts erlauben. (25)

Störungen des Säure-Basen-Haushalts

Normalerweise liegt der pH im Blut zwischen 7,37 und 7,45. Bei pH-Werten unter 7,37 spricht man von einer Azidose, über 7,45 von einer Alkalose. Nach ihrer Ursache werden Störungen des Säure-Basen-Haushalts außerdem in respiratorisch und nicht-respiratorisch unterteilt.

Eine respiratorische Azidose entsteht durch unzureichende Elimination von CO₂, welches sich im Blut anhäuft und über das Bicarbonatsystem als Säurebildner fungiert. In begrenztem Umfang kann dies renal durch die gesteigerte Ausscheidung von H⁺ und Bildung von HCO₃⁻ kompensiert werden.

Eine respiratorische Alkalose ist das Ergebnis inadäquat gesteigerter Abatmung von CO₂ über die Lunge und spielt beim Fetus keine Rolle.

Die nichtrespiratorische oder metabolische Azidose ist meist Folge von Bicarbonat-Verbrauch, Bicarbonat-Verlusten über Niere und Darm oder Verschiebung von Bicarbonat in die Zellen. (26) Während der Geburt entsteht sie jedoch meist als Folge eines intrazellulären Sauerstoffmangels, der die Zelle zur anaeroben Glykolyse zwingt. Dabei entsteht das Stoffwechselprodukt Milchsäure, welches in Laktat und H⁺ zerfällt und somit zu einer Laktatazidose führt. (27) Eine Kompensation der metabolischen Azidose kann durch Hyperventilation erfolgen. Zuletzt sei noch die nichtrespiratorische Alkalose erwähnt, welche meist durch eingeschränkte renale Bicarbonat-Ausscheidung oder Säureverlust (z.B. wiederholtes Erbrechen) hervorgerufen wird, intrapartal jedoch nicht zu erwarten ist. (26)

Während der Geburt besteht in erster Linie die Gefahr einer Azidose.

Geburtskomplikationen wie Nabelschnurumschlingung oder Geburtsstillstand, aber auch der natürliche Geburtsvorgang können zu einer temporären Minderversorgung des Kindes mit Sauerstoff führen. Dies kann durch mangelnde Elimination von CO₂ zu einer respiratorischen, gleichzeitig aber über anaerobe Glykolyse auch zu einer metabolischen Azidose führen. (4)

Zur Differenzierung zwischen den beiden wird zusätzlich zum pH-Wert der Base excess bestimmt. Veränderungen des BE reflektieren meist Änderungen der Bicarbonat-Konzentration. Bei akuten respiratorischen Störungen ohne metabolische Kompensation ist der BE daher unauffällig, bei kompensierter

respiratorischer Azidose steigt er an und bei metabolischer Azidose kommt es zu einem negativen Basendefizit. (28)

Da es sich intrapartal primär um eine Laktatazidose handelt, kann alternativ auch direkt die Laktatkonzentration zur Abschätzung des metabolischen Anteils der Azidose herangezogen werden, was derzeit Gegenstand zahlreicher Studien ist. (siehe Kapitel 1.2.6.)

Während ein niedriger pH auch direkt negative Auswirkungen auf den Stoffwechsel hat (Elektrolytstörungen, Glykolysehemmung, verminderte Kontraktionskraft der Herzmuskulatur, Vasodilatation uvm.), ist er während der Geburt vor allem als Zeichen für einen fetalen Sauerstoffmangel Anlass zur Intervention. Hier zeigt sich die Relevanz der fetalen Blutgasanalyse, da sie im Gegensatz zum CTG, welches lediglich Veränderungen der Herzfrequenz darstellt, direkt Einblick in die fetale Stoffwechselsituation bietet. (4,26)

1.2.6 Interpretation der Ergebnisse

Die Interpretation der fetalen Blutgasanalyse ist immer in Zusammenschau aller Werte zu treffen. Da der pH-Wert geringeren Schwankungen ausgesetzt ist als der pO_2 und der pCO_2 , eignet sich dieser zur Diagnose einer Hypoxie oder drohenden Hypoxie jedoch besser. Mithilfe von pCO_2 , pO_2 , Bikarbonat und Base Excess kann dann die Differenzierung zwischen respiratorischer und metabolischer Azidose bzw. Kompensation erfolgen.

Nach Saling wird die Azidität des fetalen Blutes in 7 Schweregrade eingeteilt, in der aktuellen Leitlinie der DGGG wird eine Einteilung in drei Schweregrade empfohlen, welche an konkrete Handlungsempfehlungen geknüpft sind. (4)

pH-Wert	Schweregrad nach Saling	Schweregrad laut DGGG
$\geq 7,30$	Normaler Zustand	Normal
7,29-7,25	Reduzierter Zustand	Normal
7,24-7,20	Präazidose	Grenzwertig
7,19-7,15	Leichte Azidose	Pathologisch
7,14-7,10	Mittelgradige Azidose	Pathologisch

7,09-7,0	Fortgeschrittene Azidose	Pathologisch
<7,0	Schwere Azidose	Pathologisch

Tabelle 2: Einteilung der fetalen Azidose

Bei normalem pH-Wert empfiehlt die Leitlinie bei weiterhin pathologischem CTG-Muster eine Wiederholung der Untersuchung nach spätestens 60 Minuten, bei präazidotischen Werten (7,2-7,24) soll die Wiederholung bereits nach weniger als 30 Minuten erfolgen. (11)

Während bei grenzwertigem pH also in erster Linie eine kontinuierliche Überwachung mittels CTG sowie engmaschige MBU-Kontrollen empfohlen sind, ist bei einem pH-Wert <7,2 eine unmittelbare Intervention erforderlich.

In Zusammenschau aller Faktoren ist in manchen Fällen eine konservative Geburtseinleitung möglich, das Hauptaugenmerk ist hier auf BE, Laktat und Dynamik der Werte zu legen. Rasch abfallende Werte sowie eine metabolische Azidose sind als kritischer anzusehen als eine respiratorische Azidose bei relativ stabilen Werten.

In der Regel ist bei fetaler Azidose (pH <7,2) jedoch eine raschestmögliche Entbindung anzustreben. Die Methode ist dabei abhängig vom Geburtsfortschritt – in der Eröffnungsphase sollte in erster Linie eine Sectio erfolgen, in der Austreibungsphase ist die vaginal-operative Geburtsbeendigung die Methode der Wahl. (29)

Bedeutung der Laktat-Konzentration

Wie in Kapitel 1.1.5 beschrieben, verwendete Saling in erster Linie den pH-Wert zur Beurteilung des fetalen Metabolismus. Seit Mitte der 1990er-Jahre ist dank der Biosensortechnologie die Messung der Enzymaktivität möglich, was die Messung von Laktat erlaubt. (29)

Dies ist insbesondere von Bedeutung, als bei Sauerstoffmangel vor allem der metabolische Anteil der Azidose entscheidend für das neurologische Defizit des Neugeborenen ist, während die respiratorische Azidose eine untergeordnete Rolle spielt. (30)

Allerdings kann auch ohne Messung der Laktatkonzentration über den Base Excess der metabolische Anteil der Azidität abgeschätzt werden. (29)

Während in der Literatur großteils der pH-Wert als Entscheidungsgrundlage für das weitere Prozedere verwendet wird (9,11,22,31), kann alternativ auch die Laktat-Konzentration zur Abschätzung des fetalen Zustands herangezogen werden. In den letzten Jahren wurden dafür mehrere Schnelltests entwickelt, für die lediglich 5 µl Blut benötigt werden (im Gegensatz zu 30-50µl bei der klassischen pH-Wert-Messung) und die daher seltener zu Fehlversuchen und Fehlern durch Verunreinigungen führt. (5,32)

Allerdings liefern die beiden Methoden in etwa 30% unterschiedliche Ergebnisse, insbesondere bei Verunreinigung mit Mekonium und mehrfacher Wiederholung der Untersuchung. Welcher Wert letztlich zuverlässiger ist, ist derzeit Gegenstand intensiver Forschung.

Insgesamt ergibt die Laktat-Konzentration einer rezenten Studie zufolge auch bei normwertigem pH oft azidotische oder präazidotische Ergebnisse, (33) manche Studien zeigen eine höhere Sensitivität und Spezifität von Laktat für das neurologische Outcome. (34) Die niedrigste Rate an operativen Interventionen lässt sich durch die Bestimmung beider Werte erreichen. (35)

Die Zahl der operativen Entbindungen sowie das neonatale Outcome scheinen einer Metaanalyse zufolge je nach Methode keine signifikanten Unterschiede aufzuweisen.

Allerdings ist die Wahl des Messverfahrens nach wie vor nicht endgültig geklärt und in verschiedenen Leitlinien unterschiedlich angegeben. (5)

Weitere Studien werden notwendig sein, um diese Frage endgültig beantworten zu können.

1.2.7 Fehlermöglichkeiten und Komplikationen

Grundsätzlich ist die MBU sehr zuverlässig, allerdings kann es insbesondere bei ungeübtem Personal und inkorrekt Anwendung zu Fehlerquellen kommen. (4) So kann beispielsweise eine fehlerhafte Entnahme durch Verunreinigung mit Fruchtwasser, Aspiration von mütterlichem Blut oder Luftbeimengungen falsche Ergebnisse verursachen. Auch eine metabolische Azidose der Mutter durch Muskelarbeit, Hyperventilation (durch Kompensation der respiratorischen Alkalose

kommt es zur metabolischen Azidose), Hungerzustand oder Ketoazidose bei Diabetes mellitus können das Ergebnis verfälschen. (22)

Falsch negative Werte sind nur bei sehr langem und großflächigem Kontakt des Blutes mit Raumluft möglich und äußerst selten. (4)

Da auch eine ausgeprägte Geburtsgeschwulst zu verfälschten Werten führen kann, sollte die Inzision wenn möglich daneben erfolgen. Darüber hinaus kann es selbstverständlich auch durch Gerätefehler zu falschen Ergebnissen kommen. (22)

Mögliche Komplikationen der MBU sind schwerwiegende Verletzungen oder Blutungen des Kindes, Infektionen oder Hämatombildungen, allerdings treten diese nur sehr selten, in unter 1% der Fälle, auf. Insbesondere verglichen mit einer unter Umständen vermeidbaren Sectio caesarea ist vor allem die maternale Mortalität und das Risiko für Komplikationen deutlich geringer. (4,36)

1.3 Operative Entbindungsmöglichkeiten und deren Komplikationen

Ziel der fetalen Blutgasanalyse ist es in erster Linie, durch spezifischere Daten die Notwendigkeit einer operativen Entbindung besser beurteilen zu können. In einer Diskussion über Nutzen und Risiko der Mikroblutuntersuchung ist es daher von großer Wichtigkeit, die geburtshilflichen Operationen und insbesondere deren Vor- und Nachteile zu kennen.

Zu den operativen Entbindungsmöglichkeiten zählen die vaginal-operative Entbindung, welche in Form einer Forceps- oder Vakuumextraktion erfolgen kann, sowie die Sectio caesarea. (37)

1.3.1 Sectio caesarea

Beim Kaiserschnitt bzw. der Sectio caesarea wird das Kind operativ über einen Bauchschnitt (Laparotomie und Hysterotomie) entbunden. Erfolgt die Entbindung vor Beginn der Eröffnungswehen, spricht man von einer primären Sectio, nach Beginn der Eröffnungswehen von einer sekundären Sectio.

1.3.1.1 Operationstechnik

Es stehen mehrere Techniken zur Verfügung, welche das Outcome und die Risiken des Kaiserschnitts beeinflussen können. So ermöglicht die vertikale Schnittführung eine raschere Eröffnung des Abdomens und ist mit geringeren Blutverlusten verbunden, in Österreich wird heute aber fast ausschließlich der suprapubische Querschnitt angewandt, da er mit geringeren postoperativen Schmerzen, einer besseren Heilungstendenz der Wunde und einem besseren kosmetischen Ergebnis assoziiert ist. (4)

Im Laufe der Zeit haben sich eine Reihe unterschiedlicher Operationstechniken entwickelt, deren genaue Differenzierung hier zu weit gehen würde. An der UFK Graz wird heute fast ausschließlich die Misgav-Ladach-Sectio angewandt. Diese sowohl für primäre als auch sekundäre Schnittentbindungen geeignete Methode zeichnet sich dadurch aus, dass scharfe Instrumente nur sehr restriktiv verwendet und stattdessen durch manuelle Manipulation ersetzt werden. Nach dem geraden Transversalschnitt und Durchtrennung der subkutanen Schichten werden bei der Misgav-Ladach-Sectio die abdominalen Muskeln, das Peritoneum sowie der Uterus in erster Linie durch Ziehen und Verdrängen des Gewebes mit den Fingern eröffnet. Dieses Vorgehen ist schonender für das Gewebe und geht daher mit rascherer Genesung und geringerem Analgetika-, Antipyretika- und Antibiotikabedarf einher. Außerdem verkürzt es die Operations- und damit auch die Anästhesiezeit, was wiederum schonender für die Patientinnen ist. (38)

1.3.1.2 Epidemiologie

In Österreich stieg die Kaiserschnitttrate in den letzten 25 Jahren um das 2,5-fache an. Während 1995 noch 12,4% aller Kinder per Kaiserschnitt entbunden wurden, waren es 2021 bereits 30,5%, wovon mehr als die Hälfte geplant waren. (2) Dieser Trend flachte zwar in den letzten Jahren deutlich ab, allerdings ist auch seit 2011 noch ein relativ konstanter Zuwachs um insgesamt 1,5 Prozentpunkte zu verzeichnen. (39)

1.3.1.3 Vorteile

Es ist wichtig zu erwähnen, dass der Kaiserschnitt auch einige Vorteile gegenüber der Vaginalgeburt mit sich bringt, weshalb sich in Österreich heute etwa 17% der Frauen bewusst dafür entscheiden. (40) Eine Sectio bedeutet nicht nur eine Risikominderung für das Kind, sondern wird auch von Frauen oft als angenehmere Alternative angesehen. Die Gefahr der Beckenbodenschäden mit Harn- und Analinkontinenz und Genitalprolaps sowie die mit der Vaginalgeburt einhergehenden Schmerzen können durch eine primäre Sectio fast vollständig vermieden werden, hinzu kommt eine bessere Planbarkeit insbesondere bei Mehrgebärenden. (37)

Auch die Möglichkeit von Zusatzeingriffen während der Operation spielt oft eine Rolle bei der Entscheidung für eine primäre Sectio. Während des Kaiserschnitts werden routinemäßig beide Adnexen inspiziert, etwaige Zysten können im gleichen Eingriff entfernt werden. Bei suspekten Tumoren sind sogar Schnellschnitte und bei Malignität eine Ovarektomie möglich.

Der häufigste zusätzliche Eingriff ist die Sterilisation. (4) Diese erfolgt bei abgeschlossenem Kinderwunsch in den letzten Jahren fast ausschließlich durch Salpingektomie, wodurch auch das Risiko eines Ovarialkarzinoms deutlich gesenkt wird. (41)

1.3.1.4 Komplikationen und Risiken

Während der Kaiserschnitt zwar eine Risikoreduktion für das Kind bedeutet, ist er jedoch mit einer erhöhten mütterlichen Mortalität und Morbidität verbunden.

Die Sectioletalität liegt in Mitteleuropa bei etwa 1:25.000 – das Sterblichkeitsrisiko Vaginalgeburt vs. Sectio liegt damit bei 1:2,3. (37) Beachtet man, dass es sich bei Kaiserschnittgeburten häufiger um Situationen mit hohem Risiko handelt, ist die Letalität heutzutage also sehr gering, aber dennoch höher als bei der vaginalen Geburt.

Nicht zu vernachlässigen ist allerdings das erhöhte Morbiditätsrisiko vor allem nachfolgender Schwangerschaften und Geburten, das mit steigender Anzahl vorangegangener Schnittentbindungen zunimmt.

Die Rate an notwendigen Bluttransfusionen, intraoperativen Verletzungen und Adhäsionen steigt mit jedem stattgehabten Kaiserschnitt an, ebenso wie das Hysterektomierisiko. (42) Nach stattgehabter Sectio verdoppelt sich das Hysterektomierisiko für die nächste Geburt, bei zwei oder mehr Sectiones steigt es sogar auf das 18-fache. (43) Ebenso benötigen Frauen, die per sekundärem Kaiserschnitt entbinden, 4 mal so häufig Bluttransfusionen wie Frauen, die vaginal entbinden. (3)

Außerdem treten bei Folgeschwangerschaften nach Schnittentbindungen vermehrt eine Placenta praevia oder Placenta accreta (Placenta-accrета-Syndrom, PAS) im Bereich der Narbe auf. Nach einer Sectio wird das Risiko einer Placenta praevia mit 10/1000 beschrieben, bei mehr als 3 Sectiones erhöht es sich auf 28/1000. (42) Bei nachfolgenden vaginalen oder operativen Geburten können diese Plazentationsstörungen unter Umständen durch die erschwerte Lösung der Plazenta schwere Blutungen auslösen. (44)

Die symptomatische Uterusruptur ist eine weitere gefürchtete Komplikation in einer Folgeschwangerschaft nach Sectio, das Risiko ist in diesem Fall 42 mal so hoch wie bei Frauen ohne vorangegangenen Kaiserschnitt. (45) Allerdings kommt es dazu vor allem beim Versuch einer vaginalen Geburt. (46)

Eine Sectio erhöht jedoch nicht nur das Komplikationsrisiko der Folgeschwangerschaften, auch postoperativ ist sie mit einer erhöhten Komplikationsrate verbunden.

So ist beispielsweise das Risiko einer venösen Thromboembolie nach Sectio etwa viermal so hoch wie nach vaginal-operativer oder Spontangeburt. (47)

Aber auch Infektionen sind eine häufige Komplikation. Beispielsweise ist die Sectio ein wesentlicher Risikofaktor für die Entwicklung einer postpartalen Endometritis. Diese kann zwar durch prophylaktische Antibiotikagabe um etwa zwei Drittel gesenkt werden, tritt aber dennoch bei rund 10% der Frauen nach sekundärer Sectio auf. (48) Das entspricht einem 10 mal höheren Risiko als nach Vaginalgeburt, bei Schnittentbindungen mit vorangegangenem Wehenversuch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für eine Endometritis sogar um den Faktor 20. Auch Pneumonien treten nach einem Kaiserschnitt deutlich häufiger auf, das Risiko dafür ist nach mehrmaliger sekundärer Sectio um das 9-fache erhöht. (3)

Insbesondere nach sekundärer Sectio können außerdem Wundinfektionen auftreten. Sehr selten kann es als Folge der genannten Infektionen auch zu einer Sepsis kommen, allerdings ist dies durch Antibiotikaprophylaxe heutzutage eine Rarität. (4)

1.3.2 Vaginal-operative Entbindung

Bei Komplikationen in der späten Austreibungsperiode bzw. Pressperiode ist häufig eine vaginal-operative Entbindung notwendig. Grundsätzlich können dazu Zange oder Saugglocke eingesetzt werden, wobei der Einsatz der Zange in den letzten Jahren stark zurückgegangen ist. (49,50)

1.3.2.1 Voraussetzungen und Indikationen

Vor einer vaginal-operativen Entbindung müssen sowohl die Fruchtblase als auch der Muttermund vollständig eröffnet sein, und der fetale Kopf muss voll in das Becken eingetreten sein – die Leitstelle muss sich auf dem Beckenboden oder zumindest 2 cm unterhalb der Interspinalenebene befinden. Die Harnblase der Mutter sollte entleert sein und ein Kopf-Becken-Missverhältnis unbedingt ausgeschlossen worden sein. Außerdem ist auf ausreichende Analgesie der Mutter zu achten. (49)

Indiziert ist die vaginal-operative Entbindung bei Geburtsstillstand oder drohender fetaler Asphyxie in der Austreibungsphase sowie zur Verkürzung der Austreibungsphase aus mütterlichen Gründen, beispielsweise Erschöpfung oder eine bekannte Herzerkrankung.

Bei einigen speziellen Indikationen ist die Forcepsextraktion zu überlegen, zum Beispiel bei mentoanteriorer Gesichtslage, bei mehreren vorausgegangenen Mikroblutuntersuchungen aufgrund der Blutungsgefahr, bei terminaler Bradykardie aufgrund der schnelleren Entbindung sowie vor der 35. SSW aufgrund der größeren Verletzbarkeit des Fetus. Im Allgemeinen nimmt die Verwendung der Zange jedoch ab, in erster Linie aufgrund der höheren Verletzungsgefahr von Zervix, Vagina, Perineum und Sphincter ani. Hinzu kommt, dass die Saugglocke

auch bei unzureichender Analgesie und engen Beckenverhältnissen einsetzbar und leichter zu erlernen ist. Letztendlich richtet sich die Wahl des Instruments nach dessen Verfügbarkeit und der Erfahrung des Geburtshelfers/der Geburtshelferin, aufgrund der zahlreichen Vorteile hat sich an vielen Kliniken in den letzten Jahren aber die Vakuumextraktion durchgesetzt. (50)

1.3.2.2 Durchführung

Die folgende Abbildung zeigt eine Forcepsextraktion. Die Geburtszange wird dafür quer an den kindlichen Kopf gelegt und das Kind wehensynchron aus dem Geburtskanal gezogen.



Abbildung 3: Entbindung mit Forceps (51)

Bei der Vakuumextraktion wird eine Saugglocke auf den führenden Teil des kindlichen Schädels gesetzt. Über ein Saugsystem wird ein Unterdruck von 0,8 kg/cm² angelegt und das Kind wiederum während einer Wehe aus dem Geburtskanal gezogen. (37)

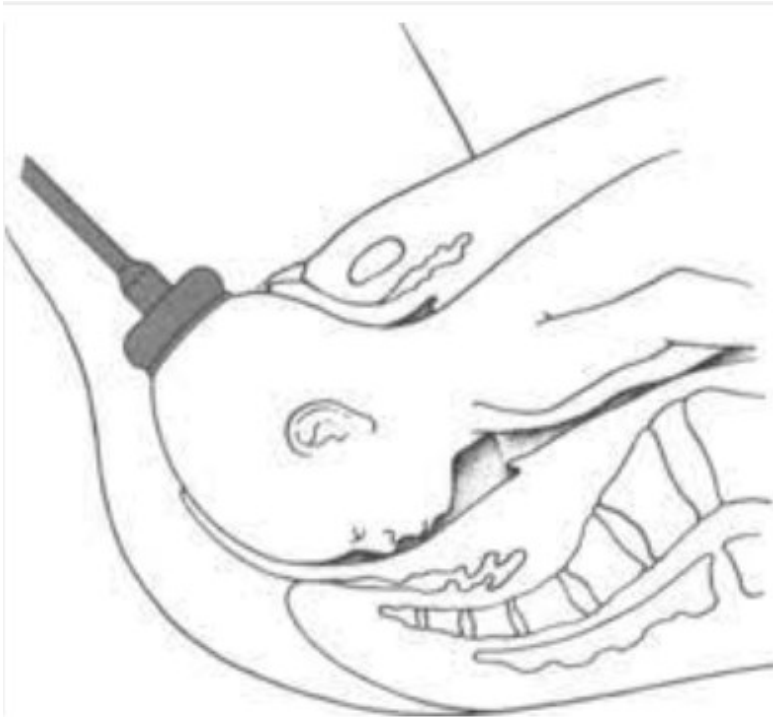


Abbildung 4: Entbindung mit Saugglocke (51)

1.3.2.3 Komplikationen und Risiken

Bei jeder Form der vaginal-operativen Entbindung kann es sowohl zu Verletzungen der Mutter als auch des Kindes kommen. Generell erhöht sich die Verletzungsgefahr mit der Schwierigkeit des Eingriffs. (29)

Kindlichen Verletzungen

Die gefährlichste kindliche Komplikation der Vakuumextraktion ist die zerebrale Blutung. Insbesondere bei exzentrischer Anlage der Glocke und verlängerter Extraktionsdauer kann es zu einem Abreißen der Glocke kommen, was kurzfristige intrakranielle Druckschwankungen von bis zu 50mmHg zur Folge haben und damit zerebrale Blutungen verursachen kann. (52)

Bei 9% der Vakuumextraktionen und 3% der Zangenentbindungen kommt es zur Ausbildung eines Kephalhämatoms, bei der Indikation „drohende Asphyxie“ erhöht sich das Risiko eines Kephalhämatoms sogar auf das 10-fache. Die Ursache ist wahrscheinlich ein zu rascher Aufbau des Vakuums bei vom Geburtshelfer/von der Geburtshelferin wahrgenommener Gefährdung des Fetus. (53,54)

Hautverletzungen sind eine mögliche Komplikation sowohl bei Zangen- als auch bei Vakuumextraktion. Insbesondere bei Zangengeburt kann es zu Hautabschürfungen, Hämatomen sowie zu einer Parese des N. facialis kommen.

Viele der genannten Komplikationen lassen sich durch korrekte Indikation und Technik jedoch zumindest teilweise vermeiden. So kommen Abschürfungen und Hämatome bei Zangengeburt vor allem bei einem Höhenstand über +2 vor, da hier das Anlegen der Zange deutlich erschwert ist. Durch die zentrale Anlage der Saugglocke kann das Risiko eines Abrisses ebenso deutlich minimiert werden. Bei richtiger Technik sollten intrakranielle Blutungen und Schädelfrakturen bei keiner der beiden Techniken vorkommen. (29)

Maternale Verletzungen

Die mütterlichen Verletzungen durch vaginal-operative Entbindung umfassen in erster Linie eine erhöhte Anzahl an Damm-, Scheiden- und Zervixrissen. Obwohl das Risiko stark von der Qualifikation des Operateurs/der Operateurin abhängt, scheint die Saugglocke in dieser Hinsicht der Zange überlegen zu sein. (29)

So kommt es bei vaginal-operativer Entbindung vermehrt zu Scheidenrissen. Signifikante vaginale Verletzungen treten bei 17% der Forceps- und 11% der Vakuumextraktionen auf.

Bei 8% der Zangenentbindungen und 5% der Vakuumextraktionen kommt es zu Dammrissen III. und IV. Grades (mit Beteiligung des Schließmuskels).

Auch der Blutverlust ist nach vaginal-operativer Entbindung signifikant höher. (54)

Die Häufigkeit okkulten Analsphinkterverletzungen, welche nach Spontangeburt etwa 35% beträgt, verdoppelt sich nach Zangenentbindungen nahezu. (55)

Nicht zuletzt sind auch die Schmerzen unter der Geburt insbesondere bei Zangenentbindung deutlich höher. (54)

Derlei akute intrapartale Verletzungen können selbstverständlich auch zu Spätfolgen führen. Descensus uteri und Inkontinenz sind mögliche Komplikationen, die vor allem bei schwierigen Eingriffen und unerfahrenen Geburtshelfern/Geburtshelferinnen vermehrt auftreten können. (50)

Es zeigt sich also, dass jeder Geburtsmodus, ob Spontangeburt, Sectio, Zangenentbindung oder Vakuumextraktion, mit spezifischen Vor- und Nachteilen verknüpft ist.

Eine Sectio ist daher nicht um jeden Preis zu vermeiden, in vielen Situationen ist sie ein lebensrettender Eingriff. Allerdings zeigte sich in einer lateinamerikanischen Studie von 2006 bereits ein positiver Zusammenhang zwischen der dortigen Gesamtsectorate von 33% und schwerer mütterlicher und kindlicher Mortalität und Morbidität, der auch nach Korrektur für zahlreiche Einflussfaktoren wie soziodemographische Unterschiede, Frühgeburtenrate usw. bestehen blieb. (56) Eine zu hohe Sectorate scheint also sehr wohl mit negativen Folgen für Mutter und Kind verknüpft zu sein.

Die Herausforderung an den Geburtshelfer/die Geburtshelferin besteht darin, jede Geburt mit ihren spezifischen Risikofaktoren und der aktuellen Situation gegen die maternalen und fetalen Komplikationsmöglichkeiten der zur Verfügung stehenden Eingriffe abzuwägen und darauf basierend für den Einzelfall die Geburtsmethode zu empfehlen, bei der mit einem optimalen Ergebnis gerechnet werden kann. Bei dieser Entscheidung kann die fetale Blutgasanalyse eine wichtige Rolle spielen. Idealerweise ist es mit dieser Untersuchung möglich, die Ergebnisse des CTG durch die höhere Spezifität zu ergänzen und so einen Beitrag zu leisten, um die optimale Vorgehensweise und damit das beste Ergebnis für Mutter und Kind zu erzielen. (4)

1.4 Outcome-Parameter

Um den Zustand des Kindes nach der Geburt objektiv überprüfen zu können, werden spezielle Untersuchungen angewandt. Die beiden häufigsten, die unmittelbar nach der Geburt durchgeführt werden, sind die Bestimmung des APGAR-Scores und die Entnahme von Blut aus der Nabelvene und Nabelarterie zur Bestimmung des Säure-Basen-Haushalts. Diese beiden Parameter werden auch in dieser Arbeit in Abwesenheit langfristiger Daten zu den Kindern als Referenz verwendet, da sie auch prognostische Aussagekraft besitzen. (57–59)

1.4.1 APGAR-Score

Der 1953 von Virginia Apgar entwickelte APGAR-Score ist nach wie vor ein sinnvolles Hilfsmittel, um den klinischen Zustand des Neugeborenen standardisiert diagnostizieren zu können. Normalerweise wird dieser 1, 5 und 10 Minuten nach der Geburt vom Geburtshelfer/von der Geburtshelferin, der Hebamme oder einem Kinderarzt/einer Kinderärztin erfasst und dokumentiert. (4)

Dabei werden Atmung, Herzfrequenz, Hautfarbe, Muskeltonus und die Reaktion auf orale Stimulation beurteilt und für jeden Parameter 0-2 Punkte vergeben.

	2 Punkte	1 Punkt	0 Punkte
A ppearance (Hautfarbe)	rosig	Akrozyanose	Zyanose oder Blässe
P ulse (Herzaktion)	>100/min	<100/min	fehlend
G rimace (Absaugreflexe)	Grimassieren	geringes Grimassieren	fehlend
A ctivity (Muskeltonus)	Beugetonus	reduzierter Tonus	schlaff
R espiration (Atmung)	regelmäßig, Kind schreit	unregelmäßig, langsam	fehlend

Tabelle 3: APGAR-Schema nach V. Apgar (60)

In der 1. Lebensminute wird ein APGAR-Wert von ≥ 8 als physiologisch angesehen, nach 5 und 10 Minuten sollte ein vitales Neugeborenes einen Wert von ≥ 9 aufweisen. (60)

Die größte Aussagekraft in Bezug auf Mortalität und Morbidität hat der nach 5 Minuten bestimmte APGAR. (61)

Da die Vitalfunktionen vom Gestationsalter abhängig sind, ist die Aussagekraft des APGAR-Scores beim Frühgeborenen eingeschränkt und die Korrelation zum Überleben gering. (57)

1.4.2 Säure-Basen-Status

Ein weiteres Kriterium für die Zustandsbeurteilung des Neugeborenen ist der Säure-Basen-Status im Nabelarterien- und venenblut. Dieser kann indirekt Aufschluss über das Ausmaß des während der Geburt entstandenen Sauerstoffmangels geben und wichtige prognostische Hinweise liefern. Zur Bestimmung werden nach der Abnabelung des Kindes getrennt Proben sowohl aus der Arterie als auch aus der Vene der Nabelschnur entnommen.

Bei Termingeborenen liegt der Zielwert des pH bei mindestens 7,20. Werte zwischen 7,10 und 7,20 werden als milde, zwischen 7,00 und 7,10 als mittelgradige und Werte unter 7,00 als schwere Azidose bezeichnet. (4)

Für die Prognose des Fetus und die Wahrscheinlichkeit von Spätfolgen ist jedoch nicht so sehr der absolute pH-Wert, sondern vor allem der Anteil der metabolischen Komponente der Azidose ausschlaggebend. Insbesondere die metabolische Azidose ist mit schwerer Neugeborenenmorbidity und -mortality assoziiert, weshalb neben dem pH-Wert unbedingt auch der BE beachtet werden soll. (58)

Der Grenzwert des BE aus der Nabelschnurarterie liegt dabei bei 12 mmol/L. Darüberliegende Werte sind mit zunehmenden Störungen der Atmung und des Zentralnervensystems assoziiert. (59)

Während der Geburtsmodus als Hauptzielgröße der Beantwortung der Forschungsfrage dient, ob die MBU einen Einfluss auf die Sektiorate hat, soll anhand der hier genannten Outcome-Parameter die Gegenüberstellung von Laktat und pH erfolgen. Als zweitrangige Fragestellung soll so untersucht werden, welcher der beiden Parameter als Messwert überlegen ist.

2 Material und Methoden

2.1 Studienkollektiv

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurden alle Mikroblutuntersuchungen des Zeitraums zwischen 01.05.2016 und 01.05.2020 ausgewertet. Nach Einholen des Ethikkommissionsvotums der Medizinischen Universität Graz wurde mit der Datensammlung begonnen (EK-NR: 35-333 ex 22/23). In die Studie wurden 1180 Geburten einbezogen, die durch Eingabe von Schlüsselbegriffen aus der an der UFK Graz verwendeten Datenbank PIA ausgelesen und gesammelt wurden.

Eingeschlossen wurden alle Patientinnen der UFK Graz, bei denen primär eine vaginale Geburt angestrebt wurde und während der Geburt eine oder mehrere Mikroblutuntersuchungen dokumentiert wurden. Es wurden keine Ausschlusskriterien festgelegt.

Es wurden die Basisdaten der Kinder wie Geschlecht, Gewicht, Länge, Kopfumfang, Fehlbildungen, Lebend- oder Totgeburt sowie die Anzahl der Kinder ermittelt und ausgewertet, ebenso der APGAR nach einer, fünf und zehn Minuten sowie das Alter der Mütter. In Bezug auf die Geburt selbst wurden Lage, Geburtsmodus und die Schwangerschaftswoche ermittelt. Außerdem wurde ausgelesen, ob ein auffälliges CTG vorlag und ob eine Episiotomie durchgeführt wurde. In Bezug auf die MBU wurden die Anzahl der Mikroblutuntersuchungen, der pH-Wert, der minimale gemessene pH-Wert, der Base Excess sowie Laktat abgefragt und ausgewertet, als Vergleich dazu wurde auch der pH-Wert der Nabelarterie und Nabelvene sowie der Base Excess nach der Geburt ermittelt.

Für die Gegenüberstellung des Geburtsmodus nach fetaler Blutgasanalyse mit den gesamten Entbindungen an der UFK Graz wurden die entsprechenden Daten mithilfe der Statistik-Funktion der Datenbank PIA erhoben. Die Anzahl der Entbindungen sowie die absolute Anzahl der Spontangeburt, vaginal-operativen Geburten, der primären und sekundären Sectiones wurde dafür in anonymisierter Form erhoben und direkt in einem SPSS-Datenblatt gesammelt. Weder die

Diplomandin noch andere Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen hatten Zugriff auf patientenbezogene Daten.

2.2 Statistische Methoden

Die Daten wurden in pseudonymisierter Form in einem Microsoft Excel[®]-Dokument gesammelt und formatiert. Doppelt vorhandene Mikroblutuntersuchungen wurden entfernt. In zwei Fällen betrug der bei der MBU gemessene pH-Wert 0,0, diese wurden als offensichtliche Fehler durch „keine Angabe“ ersetzt. Die statistische Auswertung erfolgte anonymisiert mithilfe der IBM[®] SPSS-Software.

Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe deskriptiver und explorativer Statistik. Für numerische Daten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen sowie Mediane bestimmt. Kategorische Daten wurden als absolute Häufigkeiten (n) und relative Häufigkeiten (%) dargestellt.

Bei der explorativen Statistik wurden die Daten mithilfe des Kolmogorov-Smirnov und des Shapiro-Wilk Tests auf eine Normalverteilung untersucht.

Korrelationsberechnungen wurden mit der Spearman-Rho-Formel durchgeführt. Als signifikant wurden p-Werte unter 0,05 definiert, als stark signifikant p-Werte unter 0,01.

Im Falle fehlender Daten wurden die entsprechenden Geburten für die einzelne Berechnung vernachlässigt, jedoch nicht vollständig aus dem Datensatz entfernt.

2.3 Zielgrößen

Im Rahmen dieser Studie wurden mehrere Zielgrößen bestimmt. Der primäre Endpunkt ist der Geburtsmodus nach durchgeführter Mikroblutuntersuchung. Als Nebenzielparameter wurde das kindliche Outcome in Form des APGAR-Scores sowie der Säure-Basen-Status nach der Geburt bestimmt.

Um die Aussagekraft von pH- und Laktatwert abhängig von Messergebnis und Outcome interpretieren zu können, wurden die Messwerte der Mikroblutuntersuchung pH und Laktat in 3 Gruppen eingeteilt. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- Normale (physiologische) Werte: Laktat <4,2 mmol/L
(Laktat <5,4 mmol/L)
pH \geq 7,25
- Grenzwertige (präazidotische) Werte: Laktat 4,2 - 4,8 mmol/L
(Laktat 5,4 - 6,6 mmol/L)
pH <7,25-7,20
- Pathologische (azidotische) Werte: Laktat \geq 4,8 mmol/L
(Laktat >6,6 mmol/L)
pH <7,20

Die Einteilung der pH-Werte stützt sich dabei auf die Einteilung der deutschen Leitlinie für Gynäkologie und Geburtshilfe nach FIGO (11), die der Laktatwerte erfolgte in Abwesenheit offizieller Grenzwerte basierend auf der Einteilung der FIGO nach einer Arbeit von Visser et al., welche auch an der UFK Graz verwendet wird. (62) Alternativ wurden in einem zweiten Abschnitt die in Klammer stehenden Grenzwerte verwendet, welche sich nach einer neueren von Heinis et al. durchgeführten Studie richten. (63)

3 Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen

Im Beobachtungszeitraum von 01.05.2016 bis 01.05.2020 gab es 14 036 Geburten am LKH Univ. Klinikum Graz. Davon erfüllten 1180 Fälle die Kriterien einer MBU und wurden daher zur statistischen Auswertung herangezogen. Die Häufigkeit einer Geburt mit MBU liegt somit bei 8,4%.

3.1 Demographische Daten zu Mutter und Kind

<i>Basisdaten zum Kind</i>	<i>n=1180</i>
<i>Gewicht</i>	3380 g (\pm 455)
<i>Länge</i>	51 cm (\pm 2)
<i>Kopfumfang</i>	35,0 cm (\pm 1,7)
<i>Geschlecht: männlich</i>	644 (54,6%)
<i>weiblich</i>	536 (45,4%)
<i>Lebendgeburt: ja</i>	1180 (100%)
<i>nein</i>	0 (0%)
<i>Fehlbildungen: ja</i>	11 (0,9%)
<i>nein</i>	1169 (99,1%)

Tabelle 4: Geburtshilfliche Basisdaten der Kinder

Numerische Werte in Median \pm Standardabweichung, Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Von den betroffenen Kindern waren 644 (54,6%) männlich und 536 (45,4%) weiblich. Alle 1180 Kinder kamen lebend zur Welt, 11 (0,9%) wiesen Fehlbildungen auf.

Bezüglich der biometrischen Merkmale lag das mittlere Geburtsgewicht bei 3378 (\pm 455) Gramm, bei einer Spannweite von 1530 bis 4830 Gramm. Die Durchschnittsgröße der Kinder betrug 51 (\pm 2) Zentimeter, der Mittlere Kopfumfang 34,8 (\pm 1,7) Zentimeter.

3.2 Angaben zur Geburt

<i>Basisdaten zur Geburt</i>		<i>n=1180</i>
SSW		39 (± 2)
Auffälliges CTG: ja		244 (20,7%)
<i>nein</i>		936 (79,3%)
Geburtsmodus: Spontangeburt		426 (36,1%)
<i>Vaginal-operative Entbindung</i>		375 (31,8%)
<i>Sekundäre Sectio</i>		378 (32,0%)
<i>Primäre Sectio</i>		1 (0,1%)
Episiotomie*: ja (mediolateral)		257 (32,1%)
<i>nein</i>		544 (67,9%)
Notsectio: ja		48 (4,1%)
<i>nein</i>		1132 (95,9%)

Tabelle 5: Basisdaten zur Geburt

Numerische Werte in Mittelwert \pm Standardabweichung, Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent. SSW: Schwangerschaftswoche.

*Die absolute und relative Häufigkeit der Episiotomie bezieht sich auf die Grundgesamtheit aller vaginalen Geburten mit MBU (n=801).

Bezüglich der Geburt wurde zunächst die Schwangerschaftswoche ermittelt, welche unter den ausgewählten Geburten zwischen 34 und 42 lag, im Mittel kamen die Kinder in der 39. SSW zur Welt.

Bei 244 Kinder lag ein auffälliges CTG vor, das entspricht 20,7%. Bei den übrigen 936 Geburten wurde kein auffälliges CTG dokumentiert.

425 der 1180 Kinder kamen per Spontangeburt zur Welt, was mit 36,1% dem größten Teil der untersuchten Geburten entspricht. Die vaginal-operative Entbindung und die sekundäre Sectio machten jeweils 31,8% und 32,0% aus.

Bei 257 der 801 vaginalen Geburten wurde eine mediolaterale Episiotomie durchgeführt. Bei den übrigen 544 Spontan- oder vaginal-operativen Geburten war keine Episiotomie notwendig.

Eine Notsectio wurde in 48 Fällen dokumentiert, was einem Anteil von 4,1% entspricht.

<i>Messwerte Säure-Basen-Status</i>	<i>n=1180</i>
<i>Nabelvenen-pH-Wert</i>	7,32 (±0,07)
<i>Nabelarterien-pH-Wert</i>	7,23 (±0,08)
<i>Base Excess</i>	-4,6 (±3,7)

Tabelle 6: Postnatale Messwerte zum kindlichen Säure-Basen-Haushalt

Werte in Mittelwert ± Standardabweichung

Die nach der Geburt gemessenen kindlichen pH- und BE-Werte wurden ebenfalls erhoben.

Der aus der Nabelvene gemessene pH-Wert betrug 7,32 im Mittelwert, mit einem Minimum von 6,94 und einem Maximum von 7,70. Der pH-Wert der Nabelarterie lag im Durchschnitt etwas niedriger, mit einem Mittelwert von 7,23 und einer Spannbreite der Werte von 6,91 bis 7,46. Der Mittelwert des Base Excess betrug -4,6, der niedrigste gemessene Wert lag bei -16,5, der höchste bei 6,6.

3.3 Geburtsmodus Gesamtkollektiv vs. nach MBU

Die absoluten und relativen Häufigkeiten von Spontangeburt, vaginal-operativer Entbindung und Sectio wurde bereits in Kapitel 3.2 dargestellt.

Im Zeitraum von 01.05.2016 bis 01.05.2020 fanden am LKH-Universitätsklinikum Graz insgesamt 14 036 Geburten statt. Als Vergleich zu den in die Studie aufgenommenen Patientinnen wird auch die Verteilung der Geburtsmodi an der gesamten UFK Graz betrachtet.

<i>Geburtsmodus</i>	<i>Geburten gesamt (n=14 142*)</i>
<i>Spontangeburt</i>	8 304 (58,7%)
<i>Vaginal-operative Geburt</i>	1 419 (10,0%)
<i>Sekundäre Sectio</i>	2 257 (16,0%)
<i>Primäre Sectio</i>	2 162 (15,3%)

Tabelle 7: Geburtsmodus aller Geburten an der UFK Graz

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

* Die Summe der Entbindungsmodi ist um 106 größer als die Anzahl aller Geburten. Dies ergibt sich wahrscheinlich durch Mehrlingsgeburten, bei denen die Kinder auf unterschiedliche Weise entbunden wurden. Da nicht nachvollziehbar ist, um welche Geburten es sich dabei handelt, wird für die Berechnung der relativen Häufigkeiten die Summe der Entbindungsmodi 14 142 verwendet.

Da es sich bei den Geburten nach fetaler Blutgasanalyse um Entbindungen handelt, bei denen primär eine vaginale Geburt angestrebt wurde, können die primären Sectiones des Gesamtkollektivs für eine anschaulichere Gegenüberstellung vernachlässigt werden.

<i>Geburtsmodus</i>	<i>Geburten gesamt</i> <i>n=11 980</i>	<i>Geburten nach MBU</i> <i>n=1180</i>
<i>Spontangeburt</i>	8 304 (69,3%)	426 (36,1%)
<i>Vaginal-operative Geburt</i>	1 419 (11,8%)	375 (31,8%)
<i>Sekundäre Sectio</i>	2 257 (18,8%)	379 (32,1%)

Tabelle 8: Gegenüberstellung des Geburtsmodus aller Geburten und von Geburten nach MBU unter Vernachlässigung primärer Sectiones

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

In den folgenden Abbildungen wird die relative Häufigkeit von Spontangeburt, vaginal-operativer Entbindung und sekundärer Sectio aller Geburten und der Geburten nach durchgeführter Mikroblutuntersuchung anhand von Kreisdiagrammen nochmals gegenübergestellt.

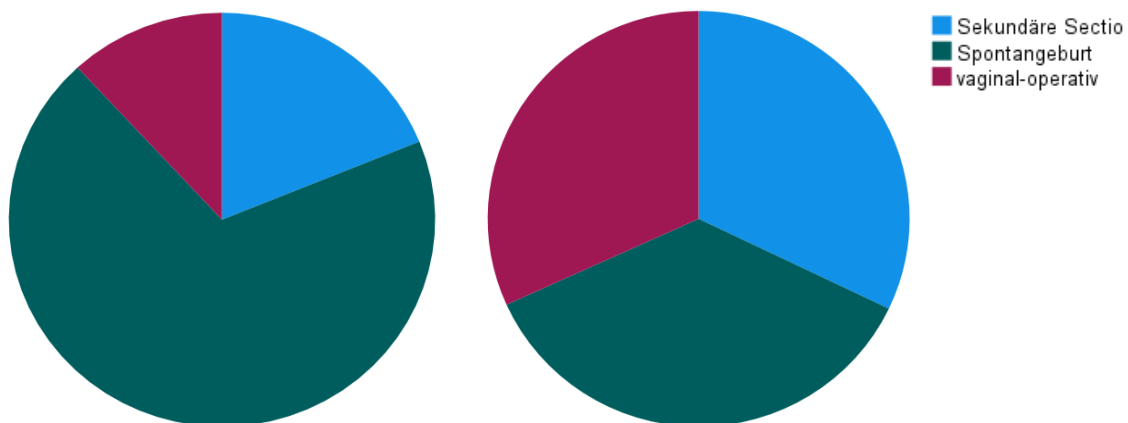


Abbildung 5: Häufigkeit der unterschiedlichen Geburtsmodi

links: Gesamtkollektiv (primäre Sectiones ausgenommen)

rechts: nach fetaler BGA

Um die Frage, wie hoch die Sectiorate ohne MBU gewesen wäre, zu beantworten, müssen einige Annahmen gemacht werden.

Im Extremfall hätten ohne die Möglichkeit der fetalen Blutgasanalyse alle Kinder, bei denen diese durchgeführt wurde, per Kaiserschnitt entbunden werden müssen. Dies hätte den Anteil der sekundären Schnittentbindungen unter den gesamten Geburten von 18,8% auf 25,5% erhöht, das entspricht einem Zuwachs von 6,7 Prozentpunkten.

Je nach Geburtsfortschritt hätte man sich bei unklarer Stoffwechsellage des Kindes in Abwesenheit einer MBU natürlich auch für eine vaginal-operative Entbindung entscheiden können. Geht man wieder vom Extremfall aus, in dem statt jeder Mikroblooduntersuchung ein Eingriff erfolgt wäre, könnte man aus der Verteilung der operativen Entbindungsmöglichkeiten (sowohl vaginal-operative Geburt als auch Sectio nach MBU etwa 32%) interpolieren, dass sich auch die restlichen Spontangeburt im selben Verhältnis auf diese beiden Eingriffe aufgeteilt hätten. In diesem Fall hätte sich der Anteil der vaginal-operativen Entbindungen von 11,8% auf 13,6% erhöht, der der sekundären Schnittentbindungen von 18,8% auf 20,6%.

In beiden Fällen wäre die Rate an operativen Entbindungen durch die fetale Blutgasanalyse von 34,2% auf 30,6% gesunken, es wären also 426 Schnittentbindungen verhindert worden.

Die folgende Tabelle fasst diese Ergebnisse nochmals zusammen.

<i>Geburtsmodus</i>	<i>Tatsächliche Werte (n=11 980)</i>	<i>Annahme 1* n=11 980</i>	<i>Annahme 2** n=11 980</i>
Spontangeburt	8 304 (69,3%)	7 878 (65,8%)	7 878 (65,8%)
<i>Vaginal-op. Geburt</i>	1 419 (11,8%)	1 044 (8,7%)	1 632 (13,6%)
<i>Sekundäre Sectio</i>	2 257 (18,8%)	3 058 (25,5%)	2 470 (20,6%)

Tabelle 9: Interpolierter Einfluss der MBU auf die Sectiorate

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

*Annahme 1: jede Geburt, bei der eine MBU durchgeführt wird, hätte ohne diese zur Schnittentbindung geführt

**Annahme 2: jede Geburt, bei der eine MBU durchgeführt wird, hätte ohne diese zur operativen Entbindung geführt, wobei sich diese im gleichen Verhältnis auf vaginal-operative Entbindung und Sectio aufteilt

Wie realistisch diese Annahmen sind, wird in Kapitel 4 diskutiert.

3.4 Angaben zur Mikroblutuntersuchung

<i>Messwerte der MBU</i>	<i>n=1180</i>
<i>Anzahl MBUs</i>	1,55 ($\pm 0,81$)
<i>Abstand zwischen MBU und Geburt</i>	1h 52min ($\pm 1h 50min$)
<i>pH-Wert</i>	7,35 ($\pm 0,07$)
<i>minimaler gemessener pH-Wert</i>	7,33 ($\pm 0,06$)
<i>Base Excess</i>	-2,01 ($\pm 3,12$)
<i>Laktat</i>	3,53 ($\pm 1,70$)

Tabelle 10: Ergebnisse der Mikroblutuntersuchungen

Numerische Werte in Mittelwert \pm Standardabweichung, Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent. Azidität anhand des pH-Wertes ermittelt.

In der betrachteten Gruppe von Geburten, bei denen mindestens eine Mikroblutuntersuchung durchgeführt wurde, lag der Mittelwert der durchgeführten MBUs bei 1,55, mit einer maximalen Anzahl von 7 Mikroblutuntersuchungen. Der Abstand zwischen der letzten Mikroblutuntersuchung und der Geburt betrug im Durchschnitt 1 Stunde 52 Minuten, der Median lag mit 1 Stunde und 16 Minuten deutlich darunter. Die maximale Zeit zwischen MBU und Entbindung lag bei 12 Stunden 39 Minuten, die minimale bei 5 Minuten. Der pH-Wert betrug im Mittel $7,35 \pm 0,07$, der geringste pH-Wert bei mehreren durchgeführten Messungen lag im Durchschnitt bei $7,33 \pm 0,06$. Das Minimum betrug für beide Parameter 6,98, das Maximum 7,57. Bei 131 Geburten (11,1%) wurde keine Angabe zum pH-Wert gemacht.

Das folgende Histogramm stellt die Verteilung der pH-Werte graphisch dar:

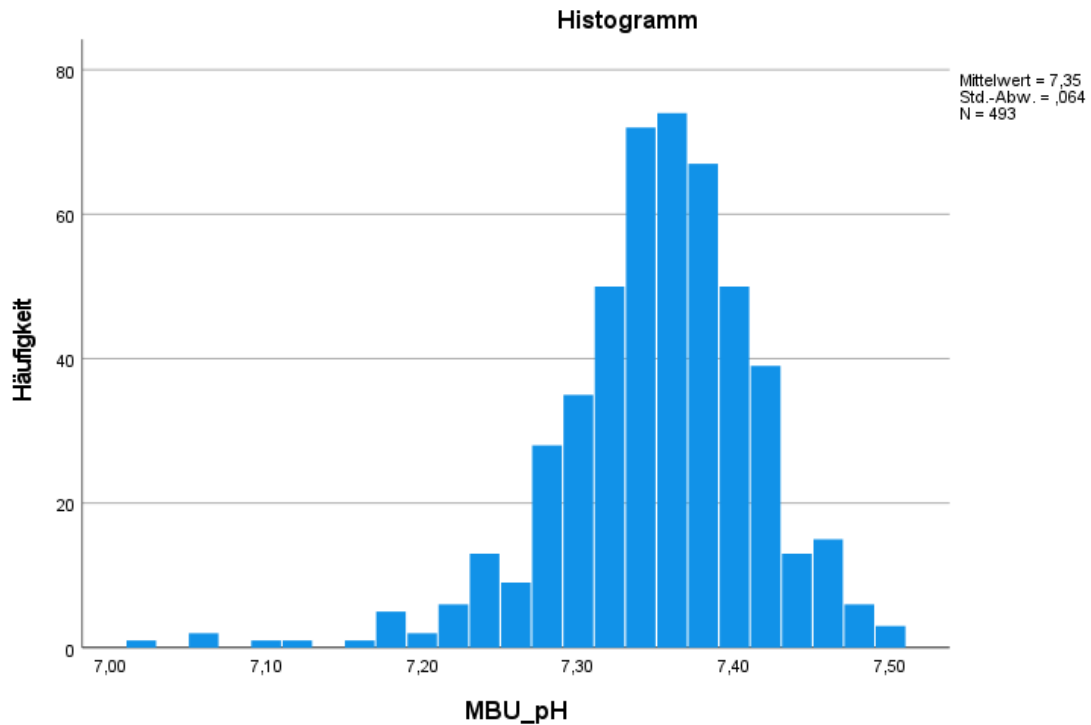


Abbildung 6: Histogramm der intrapartalen pH-Werte

Bei 467 Geburten (39,6%) lagen auch Werte zum Base Excess und bei 542 (45,9%) zu Laktat vor. Der Mittelwert des BE betrug dabei -2,0 mit einem Minimum von -19,2 und einem Maximum von 6,5, der Durchschnitt der Laktatwerte lag bei 3,53 Millimol pro Liter, wobei der niedrigste gemessene Wert 1,0 und der höchste 13,2 Millimol pro Liter betrug.

Analog zu den pH-Werten kann auch die Verteilung der Laktatwerte anhand eines Histogramms veranschaulicht werden:

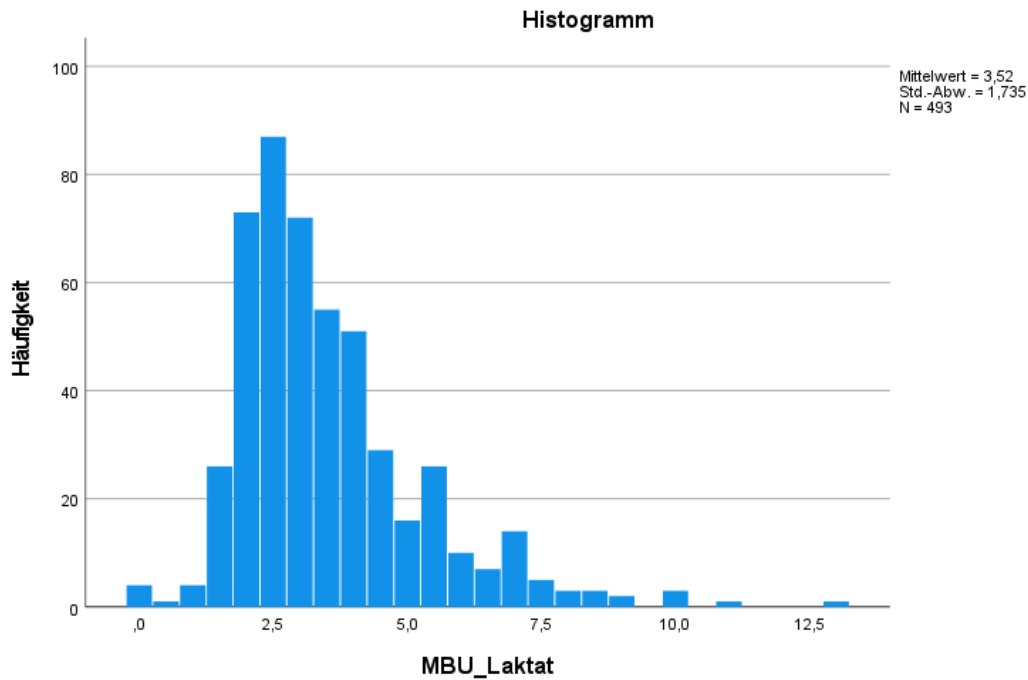


Abbildung 7: Histogramm der intrapartalen Laktatwerte

3.4.1 Tests auf Normalverteilung

Als Grundlage für weiterführende statistische Untersuchungen wird zunächst überprüft, ob es sich bei pH-Wert, Laktat und BE um normalverteilte Werte handelt. Dafür werden der Kolmogorov-Smirnov- und der Shapiro-Wilk-Test verwendet.

	<i>Statistik</i>	<i>df</i>	<i>Signifikanz</i>
<i>Laktat (MBU)</i>	0,120	493	<0,001
<i>pH (MBU)</i>	0,102	493	<0,001

Tabelle 11: Test auf Normalverteilung nach Kolmogorov-Smirnov (Signifikanzkorrektur nach Lilliefors)

	<i>Statistik</i>	<i>df</i>	<i>Signifikanz</i>
<i>Laktat (MBU)</i>	0,895	493	<0,001
<i>pH (MBU)</i>	0,948	493	<0,001

Tabelle 12: Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk

Aufgrund der geringen Signifikanz kann die Nullhypothese, dass es sich bei Laktat und pH um normalverteilte Werte handelt, mit großer Sicherheit verworfen werden.

Graphisch kann dies noch mithilfe von Q-Q-Diagrammen bestätigt werden:

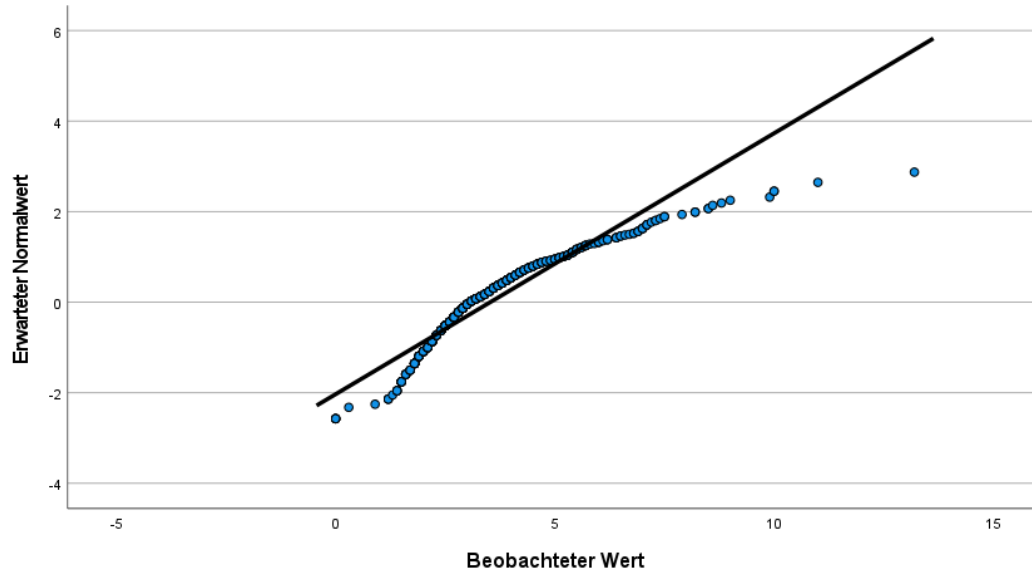


Abbildung 8: Q-Q-Diagramm der Laktat-Werte

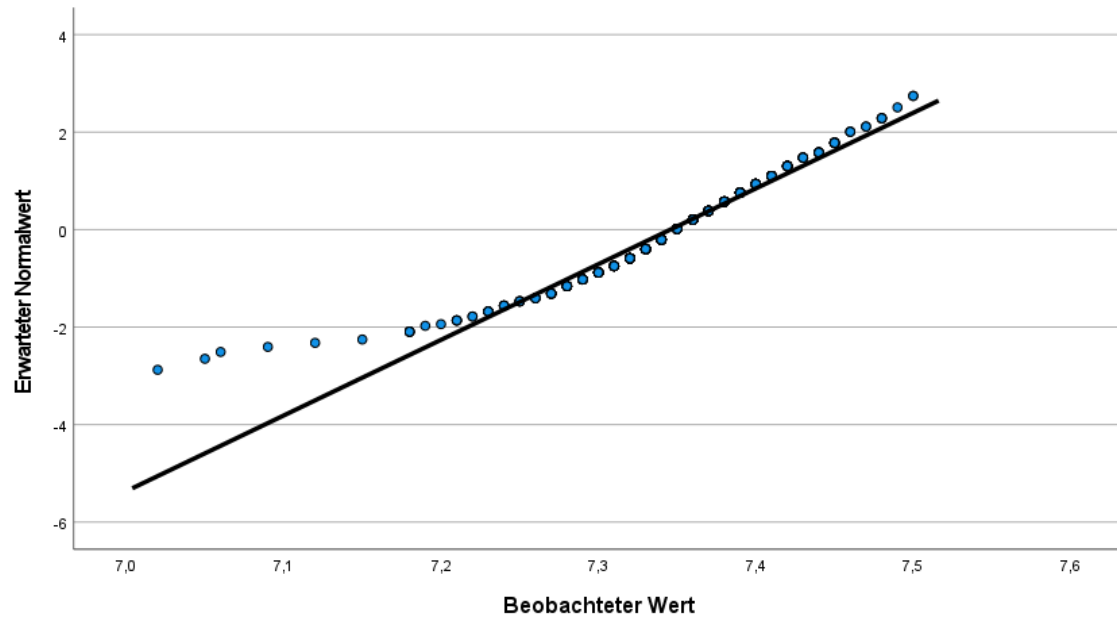


Abbildung 9: Q-Q-Diagramm der pH-Werte

3.4.2 Zusammenhang zwischen Laktat und pH

Zur weiteren Beschreibung der Messwerte pH, BE und Laktat sowie ihres Zusammenhangs miteinander wird die Korrelation dieser Werte untereinander berechnet. Von besonderem Interesse sind hier Laktat und pH, da dies die Werte sind, welche in der Geburtshilfe mithilfe festgelegter Grenzwerte in erster Linie zur Entscheidungsfindung herangezogen werden.

Da es sich um nicht normalverteilte Werte handelt, wird der Spearman-Rho-Koeffizient verwendet.

	<i>Laktat</i>	<i>pH-Wert</i>	<i>BE</i>
<i>Laktat: Korrelationskoeffizient</i>	1,000	-0,329**	-0,548**
<i>Signifikanz</i>		<0,001	<0,001
<i>N</i>	542	493	210
<i>pH-Wert: Korrelationskoeffizient</i>	-0,329**	1,000	0,148**
<i>Signifikanz</i>	<0,001		0,001
<i>N</i>	493	1 080	463
<i>BE: Korrelationskoeffizient</i>	-0,548**	0,148**	1,000
<i>Signifikanz</i>	<0,001	0,001	
<i>N</i>	210	463	467

Tabelle 13: Korrelation zwischen Laktat, pH und BE

**Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant (zweiseitig)

Es zeigt sich also ein negativer Zusammenhang zwischen pH- und Laktat-Wert der fetalen Blutgasanalyse. Der Korrelationskoeffizient beträgt -0,329 und ist statistisch hoch signifikant.

Dieser Zusammenhang stellt sich graphisch annähernd linear dar:

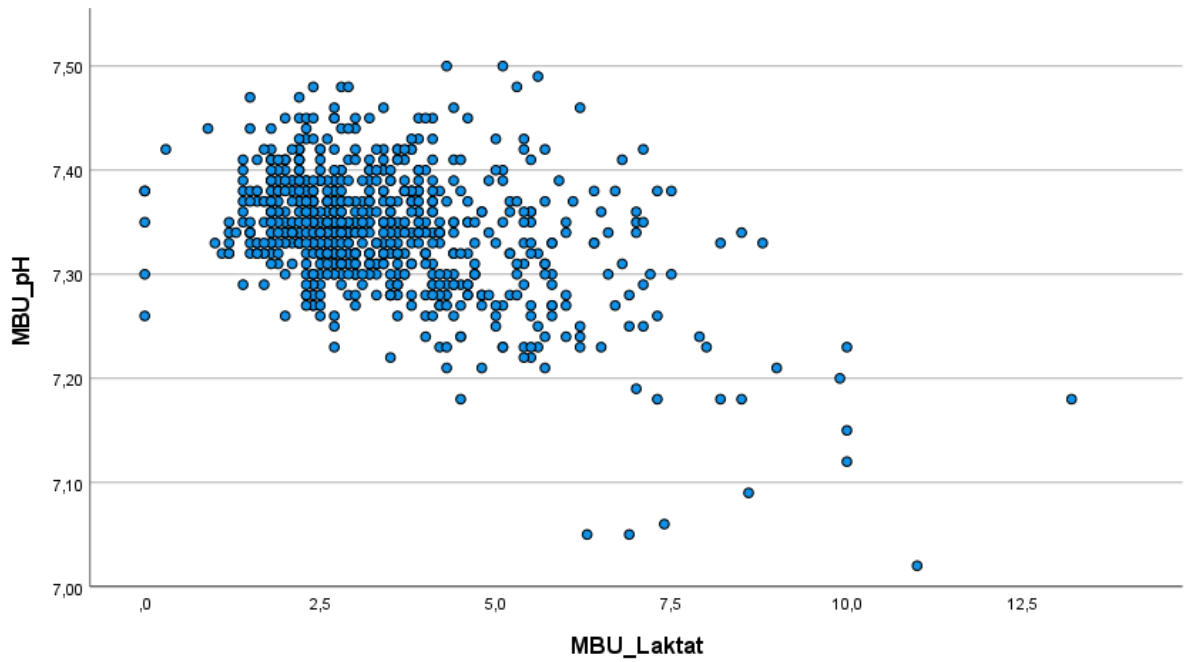


Abbildung 10: Streudiagramm Laktat und pH-Wert der MBU

Am stärksten korrelieren die Laktat-Werte jedoch mit dem Base Excess. Der Korrelationskoeffizient dieser beiden Werte beträgt $-0,548$ und ist ebenfalls hoch signifikant.

Graphisch präsentiert sich dieser Zusammenhang folgendermaßen:

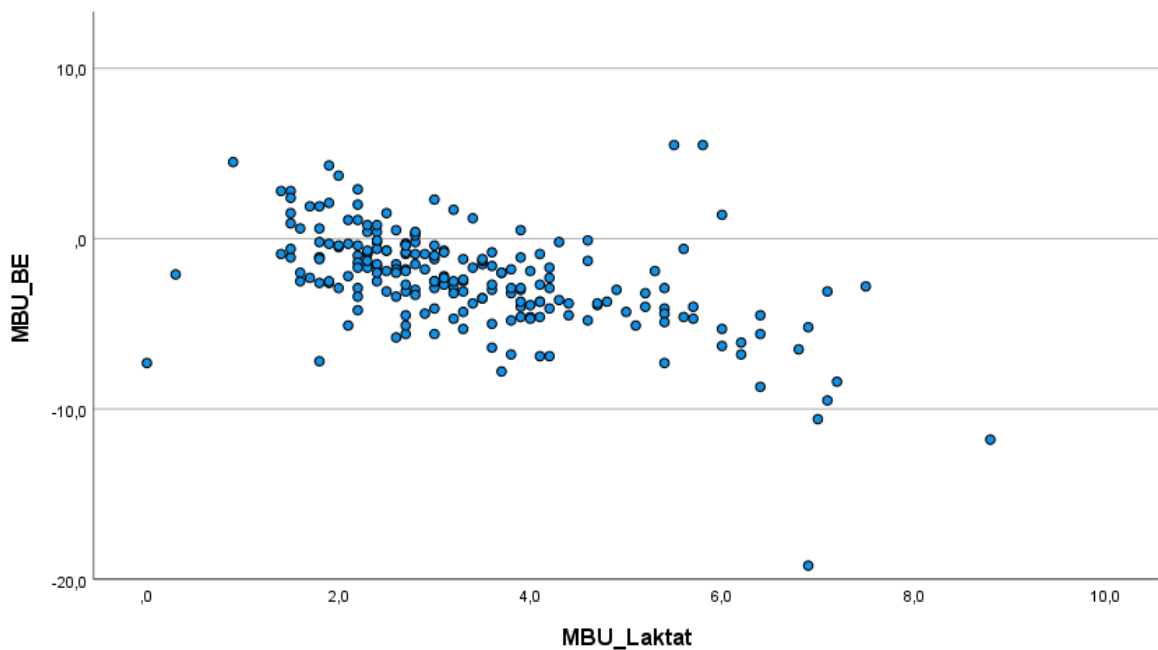


Abbildung 11: Streudiagramm Laktat und BE der MBU

3.5 Gegenüberstellung von Laktat und pH bezüglich Ihres prognostischen Werts

Da die Frage, welchem der beiden Parameter Laktat und pH bei der klinischen Beurteilung der Vorzug gegeben werden soll, bisher noch nicht geklärt werden konnte, soll diesem Thema auch in dieser Arbeit ein Kapitel gewidmet werden. Dazu wird zunächst der Zusammenhang zwischen den beiden Werten dargestellt und danach mithilfe von Korrelation und Kreuztabellen mit den in Kapitel 3.5 besprochenen Outcome-Parametern die Unterschiede in der prognostischen Wertigkeit erarbeitet.

3.5.1 Auswahl geeigneter Outcome-Parameter

Im Rahmen dieser Arbeit wurden für die Beurteilung des kindlichen Outcomes folgende Parameter erhoben: der pH-Wert der Nabelarterie (NA-pH), der pH-Wert der Nabelvene (NV-pH) sowie der APGAR-Score jeweils nach 1, 5 und 10 Minuten.

Die folgende Tabelle, in welcher all diese Werte miteinander korreliert wurden, dient dazu, die Parameter bezüglich ihrer Aussagekraft und Abhängigkeit voneinander besser beurteilen zu können. Da die Werte nicht normalverteilt sind (siehe Kapitel 3.4.1), wird auch hier der Spearman-Rho-Koeffizient verwendet.

	<i>NA-pH</i>	<i>NV-pH</i>
<i>APGAR (1 min): Korrelationskoeffizient</i>	0,183**	0,142**
<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<0,001	<0,001
<i>N</i>	1 143	1 115
<i>APGAR (5 min): Korrelationskoeffizient</i>	0,127**	0,117**
<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<0,001	<0,001
<i>N</i>	1 143	1 115
<i>APGAR (10 min): Korrelationskoeffizient</i>	0,104**	0,073**
<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<0,001	<0,001
<i>N</i>	1 143	1 115

Tabelle 14: Korrelation zwischen Nabelarterien-pH, Nabelvenen-pH und APGAR (5min)

**Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant (zweiseitig)

Vergleicht man die Korrelationskoeffizienten des Nabelvenen- und Nabelarterien-pH mit dem APGAR, so korreliert der pH-Wert der Nabelarterie stärker mit allen APGAR-Scores als der der Nabelvene.

Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass der pH-Wert der Nabelarterie bezüglich der klinischen Präsentation eine größere Aussagekraft hat als der der Nabelvene. Aus diesem Grund wird in den folgenden statistischen Berechnungen und Überlegungen dem NA-pH vor dem NV-pH der Vorzug gegeben.

Vergleicht man die Korrelationskoeffizienten, so zeigt sich, dass der nach einer Minute gemessene APGAR stärker mit dem pH-Wert der Nabelvene und -arterie korreliert als der der später gemessenen Scores. Der nach 10 Minuten bestimmte APGAR-Score weist die geringste Korrelation mit den pH-Werten des Nabelschnurblutes auf. Da sich jedoch in Untersuchungen gezeigt hat, dass der nach 5 Minuten bestimmte APGAR-Score die größte Aussagekraft bezüglich des langfristigen kindlichen Outcomes hat, wird trotz der nur zweitstärksten Korrelation in den folgenden Kapiteln dieser als Outcome-Variable bevorzugt. (61)
Alle Korrelationen sind auf dem 0,01-Niveau signifikant.

3.5.2 Korrelation der Messergebnisse mit Outcome-Parametern

Ziel des Kapitels 3.5 ist es, Laktat und pH bezüglich ihrer prognostischen Wertigkeit zu vergleichen. Die Korrelation der intrapartalen Messergebnisse mit den metrischen Outcome-Parametern, dem NA-pH und dem NV-pH, ist eine Möglichkeit, diese zu beurteilen.

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse dieser Berechnungen dar. Die im Zuge der MBU bestimmten Laktat-, pH- und BE-Werte wurden mit den nach der Geburt gemessenen pH-Werten des Nabelschnurblutes korreliert, wobei wieder der Spearman-Rho-Koeffizient verwendet wurde.

	<i>NA-pH</i>	<i>NV-pH</i>
<i>pH (MBU): Korrelationskoeffizient</i>	0,194**	0,264**
<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<0,001	<0,001
<i>N</i>	1 508	1 464
<i>Laktat (MBU): Korrelationskoeffizient</i>	-0,148**	-0,177**
<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<0,001	<0,001
<i>N</i>	802	750
<i>BE (MBU): Korrelationskoeffizient</i>	0,129**	0,152**
<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<0,001	<0,001
<i>N</i>	771	749

Tabelle 15: Korrelation zwischen postpartalen und MBU-Messwerten

**Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant (zweiseitig)

Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,194 korreliert der pH-Wert der MBU stärker mit dem Nabelarterien-pH als der Laktat-Wert, welcher nur eine Korrelation von -0,148 aufweist. Dasselbe gilt auch für den bezüglich des klinischen Outcomes weniger aussagekräftigen NV-pH-Wert, der generell stärker mit den Messwerten der Mikroblutuntersuchung korreliert.

Den geringsten Korrelationskoeffizienten mit dem NA-pH weist mit 0,129 der Base Excess auf. Alle Korrelationen sind auf dem 0,01-Niveau signifikant.

Die folgenden Abbildungen stellen die Zusammenhänge zwischen dem pH-Wert der Nabelarterie und dem pH- bzw. Laktatwert der Mikroblutuntersuchung nochmals graphisch dar. Es scheint sich um annähernd lineare Zusammenhänge zu handeln, allerdings ist die Korrelation generell relativ schwach.

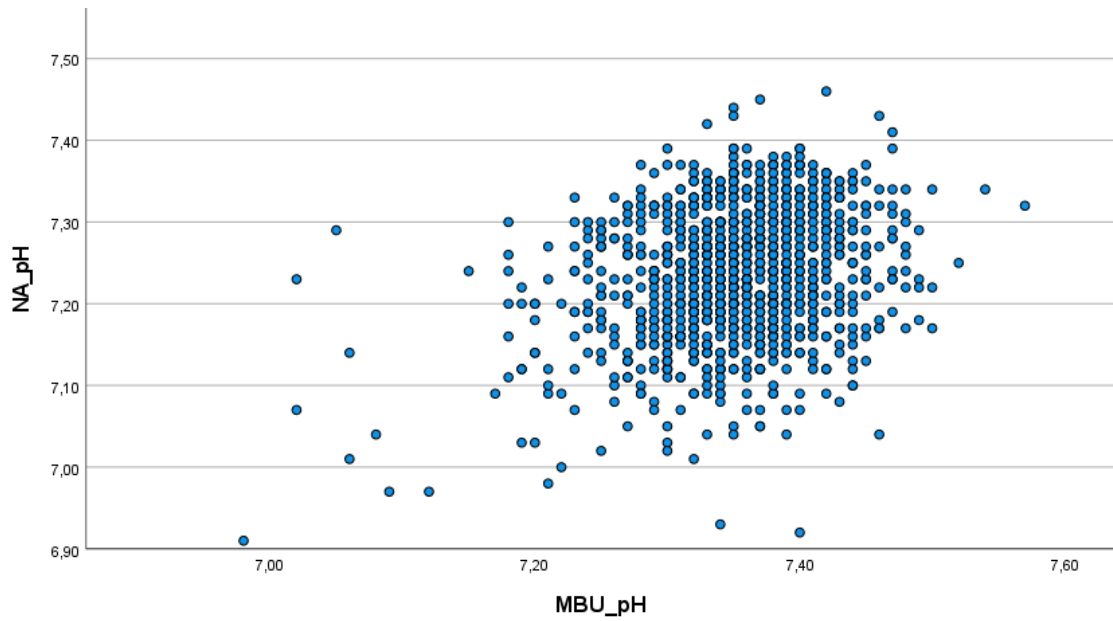


Abbildung 12: Streudiagramm NA-pH und MBU-pH

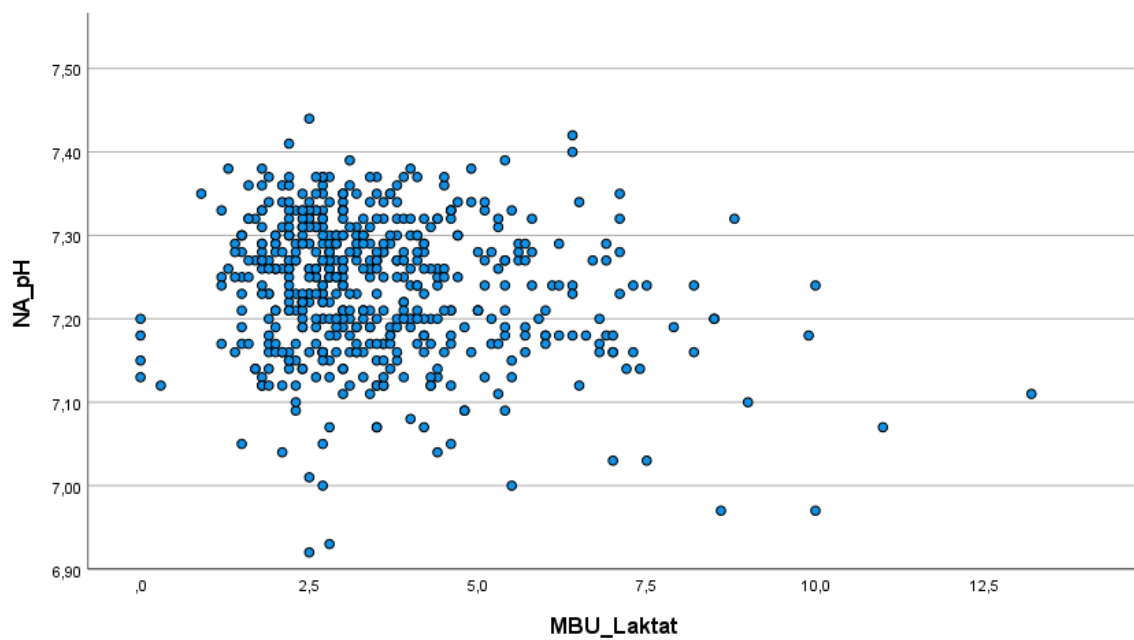


Abbildung 13: Streudiagramm NA-pH und MBU-Laktat

3.5.3 Zusammenhang zwischen APGAR und Laktat/pH-Wert

Um die Aussagekraft der Werte Laktat und pH beschreiben und miteinander vergleichen zu können, sollen die beiden Werte in diesem Kapitel mit dem 5

Minuten nach der Geburt bestimmten APGAR-Score in Zusammenhang gebracht werden.

Die Messergebnisse werden dafür zunächst in die Kategorien normal, grenzwertig und pathologisch eingeteilt.

Jedem pH-Wert wird dabei ein Schweregrad laut Einteilung der DGGG zugeteilt, welche sich vereinfacht auch mit der Einteilung nach Saling in normal, präazidotisch und azidotisch deckt (siehe Tabelle 1). Liegt mehr als ein Messergebnis vor, so wird der letzte gemessene pH-Wert verwendet, da dieser wahrscheinlich den größten Einfluss auf die Entscheidung des Geburtshelfers/der Geburtshelferin hatte.

Bezüglich der Grenzwerte für Laktat besteht international derzeit keine Einigkeit. Hier wird die Einteilung der FIGO-Richtlinien nach Visser et al. 2015 in normal, intermediate und abnormal verwendet, da dies die Grenzwerte sind, nach welchen sich die UFK Graz offiziell richtet. (62)

Im zweiten Teil werden dieselben Berechnungen dann nochmals mit neueren Grenzwerten durchgeführt.

Es ergeben sich folgende Häufigkeiten:

<i>Interpretation</i>	<i>pH-Wert</i> <i>n=1 180</i>	<i>gültige %</i> <i>n=1 080</i>	<i>Laktat-Wert</i> <i>n=1 180</i>	<i>gültige %</i> <i>n=538</i>
<i>keine Angabe</i>	100 (8,5%)		642 (54,4%)	
<i>normal</i>	1 021 (86,5%)	94,5%	393 (33,3%)	73,0%
<i>grenzwertig</i>	36 (3,1%)	3,3%	50 (4,2%)	9,3%
<i>pathologisch</i>	23 (1,9%)	2,1%	95 (8,1%)	17,7%

Tabelle 16: Einteilung der Messergebnisse

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Beide Parameter, insbesondere jedoch das Laktat, weisen eine auffallend hohe Anzahl fehlender Werte auf. So wurde bei mehr als der Hälfte der Geburten kein Laktat-Wert dokumentiert. Um die beiden Werte dennoch vergleichen zu können, werden im restlichen Kapitel nur die gültigen Prozente verwendet.

Unter den Laktat-Werten war der Anteil der pathologischen Ergebnisse mit 6,5% deutlich höher als bei den pH-Werten, wo dieser nur bei 2,1% lag. Auch grenzwertige Laktat-Ergebnisse waren mit 7,4% doppelt so häufig wie präazidotische pH-Werte. Entsprechend war der Anteil an normalen pH-Werten mit 94,5% höher als der der normwertigen Laktat-Ergebnisse (86,1%).

Es zeigt sich also, dass die Laktatmessung zu mehr auffälligen Werten führt als die des pH, dies sagt jedoch nichts über den prädiktiven Wert der beiden aus. Um diesen zu bestimmen, wurden die genannten Laktat- und pH-Werte mithilfe von Kreuztabellen mit dem nach fünf Minuten bestimmten APGAR in Zusammenhang gebracht.

Aufgrund fehlender Messwerte konnten für diese Auswertung jedoch nicht alle Geburten miteinbezogen werden. Für die Kreuztabelle zwischen APGAR und pH-Wert der fetalen Blutgasanalyse konnten 1 079 von 1 180 (91,4%) der Geburten eingeschlossen werden, für die Kreuztabelle zwischen APGAR und Laktat bei 642 fehlenden Laktatwerten nur 538 Geburten (45,6%).

Die Ergebnisse werden in den folgenden Tabellen zur besseren Übersicht im direkten Vergleich zwischen pH- und Laktat-Wert dargestellt.

Kreuztabellen mit den Grenzwerten nach Visser et al.

In den ersten 3 Tabellen wird dargestellt, wie häufig ein normales, grenzwertiges oder pathologisches Ergebnis bei der Mikroblutuntersuchung abhängig vom APGAR auftrat.

<i>pH/Laktat</i>	<i>Laktat bei hohem APGAR (9-10) (n=499)</i>	<i>pH bei hohem APGAR (9-10) (n=995)</i>
<i>normal</i>	373 (74,7%)	951 (95,6%)
<i>grenzwertig</i>	43 (8,6%)	32 (3,2%)
<i>azidotisch</i>	83 (16,6%)	12 (1,2%)

Tabelle 17: pH- und Laktat-Werte bei hohem APGAR (5 min)

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Bei einem APGAR von 9-10 nach 5 Minuten zeigt der pH mit 95,6% deutlich mehr normwertige Ergebnisse auf als Laktat mit 74,7%. Grenzwertige und azidotische Ergebnisse waren bei der pH-Messung mit 3,2% bzw. 1,2% deutlich geringer als beim Laktat mit 8,6% bzw. 16,6%. Bei gutem 5 Minuten-Outcome liefert die Messung des pH also neben mehr richtig negativen auch weniger falsch positive Ergebnisse als die des Laktats.

<i>pH/Laktat</i>	<i>Laktat bei erniedrigtem APGAR (5-8) (n=42)</i>	<i>pH bei erniedrigtem APGAR (5-8) (n=82)</i>
<i>normal</i>	23 (54,8%)	67 (81,7%)
<i>grenzwertig</i>	7 (16,7%)	4 (4,9%)
<i>azidotisch</i>	12 (28,6%)	11 (13,4%)

Tabelle 18: pH- und Laktat-Werte bei mittlerem APGAR (5 min)

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Bei erniedrigtem 5 Minuten-APGAR lieferte die Laktatmessung in 54,8%, die pH-Messung in 81,7% physiologische Ergebnisse. Das Laktat lag in 16,7% der Fälle im grenzwertigen Bereich, bei 28,6% war es laut FIGO abnormal hoch. Beim pH-Wert lagen diese Werte nur bei 4,9% bzw. 13,4%.

Bei einem APGAR von 5-8 scheint also die pH-Messung zu mehr falsch negativen und weniger richtig positiven Ergebnissen zu führen.

<i>pH/Laktat</i>	<i>Laktat bei niedrigem APGAR (0-4) (n=1)</i>	<i>pH bei niedrigem APGAR (0-4) (n=2)</i>
<i>normal</i>	1 (100,0%)	2 (100,0%)
<i>grenzwertig</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<i>azidotisch</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Tabelle 19: pH- und Laktat-Werte bei niedrigem APGAR (5min)

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Aufgrund des äußerst seltenen Auftretens eines APGAR von 0-4 (1 bzw. 2 Fälle) ist diese Darstellung nicht aussagekräftig. Alle Messwerte lagen bei diesen sehr niedrigen APGAR-Werten im Normbereich.

Die nächsten beiden Tabellen stellen die Häufigkeit eines normalen, erniedrigten oder sehr niedrigen APGAR-Wertes abhängig vom Messergebnis der Mikroblutuntersuchung dar.

<i>APGAR (5 min)</i>	<i>Normales Laktat</i> (n=397)	<i>Normaler pH</i> (n=1 020)
9-10	373 (94,0%)	951 (93,2%)
5-8	23 (5,8%)	67 (6,6%)
0-4	1 (0,3%)	2 (0,2%)

Tabelle 20: APGAR (5 min) bei normalem pH/Laktat nach FIGO

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Bei normwertigen Laktat-Ergebnissen scheint das Outcome relativ ähnlich zu sein wie bei normalen pH-Werten. Die sehr geringen Unterschiede sind statistisch nicht relevant.

<i>APGAR</i>	<i>grenzw. Laktat</i> (n=50)	<i>grenzw. pH</i> (n=36)	<i>azid. Laktat</i> (n=95)	<i>azid. pH</i> (n=23)
9-10	43 (86,0%)	32 (88,9%)	83 (87,4%)	12 (52,2%)
5-8	7 (14,0%)	4 (11,1%)	12 (12,6%)	11 (47,8%)
0-4	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Tabelle 21: APGAR (5 min) bei grenzwertigem und azidotischem pH/Laktat

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent.

Bei grenzwertigem und azidotischem Laktat-Wert scheint das Outcome tendenziell besser zu sein als bei grenzwertigem und azidotischem pH-Wert. Der pH-Wert scheint also weniger falsche positive Ergebnisse und mehr richtige positive Ergebnisse aufzuweisen als Laktat.

Allerdings ist zu beachten, dass die geringe Fallzahl grenzwertiger und pathologischer Werte einen negativen Einfluss auf die Aussagekraft hat.

Kreuztabellen mit Grenzwerten nach Heinis et al.

Wie bereits beschrieben sind die Grenzwerte für die Einteilung der Laktatwerte in normal, grenzwertig und pathologisch derzeit noch nicht einheitlich festgelegt. So haben Heinis et al. in einer 2021 veröffentlichten Studie versucht, neuere Grenzwerte für die Interpretation der Laktatwerte zu finden.

Diese unterscheiden sich wie folgt von denen der FIGO nach Visser et al.:

• Normal:	Visser et al.:	<4,2 mmol/L
	Heinis et al.:	<5,4 mmol/L
• Grenzwertig (intermediate):	Visser et al.:	4,2-4,8 mmol/L
	Heinis et al.:	5,4-6,6 mmol/L
• Abnormal:	Visser et al.:	>4,8 mmol/L
	Heinis et al.:	>6,6 mmol/L

Iorizzo et al. konnten in Ihrer Arbeit analog dazu zeigen, dass Laktat-Werte unter 5,2 mmol/L mit großer Sicherheit eine fetale Azidose ausschließen. (64)

Da Sensitivität und Spezifität einer Untersuchung stark von den festgelegten Grenzwerten abhängen, ist es von klinischem Interesse, diese optimal zu definieren. Im folgenden Teil werden deshalb die obigen Berechnungen nochmals mit den von dieser Gruppe postulierten Grenzwerten durchgeführt, um deren Vorhersagewert mit dem der an der UFK verwendeten Einteilung zu vergleichen.

Zunächst werden die relativen und absoluten Häufigkeiten von normalen, grenzwertigen und pathologischen Ergebnissen abhängig von den unterschiedlichen Referenzwerten miteinander verglichen.

<i>Interpretation</i>	<i>Laktat-Wert (FIGO) n=1 180</i>	<i>gültige % n=542</i>	<i>Laktat-Wert (Heinis et al.) n=1 180</i>	<i>gültige % n=538</i>
<i>keine Angabe</i>	642 (54,4%)		642 (54,4%)	
<i>normal</i>	393 (33,3%)	73,0%	463 (39,2%)	86,1%
<i>grenzwertig</i>	50 (4,2%)	9,3%	40 (3,4%)	7,4%
<i>pathologisch</i>	95 (8,1%)	17,7%	35 (3,0%)	6,5%

Tabelle 22: Einteilung der Messergebnisse

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Dabei zeigt sich, wie aufgrund der höheren Cutoff-Werte zu erwarten, dass die Einteilung nach Heinis et al. mehr normale Ergebnisse liefert, während die Einteilung der FIGO zu mehr grenzwertigen und pathologischen Ergebnissen führt.

Um herauszufinden, welche der beiden Einteilungen eine genaueren Vorhersage des Outcomes zulässt, werden die Werte nochmals in gleicher Weise wie oben mithilfe von Kreuztabellen in Zusammenhang mit dem nach fünf Minuten bestimmten APGAR gebracht.

<i>pH/Laktat</i>	<i>Laktat bei normalem APGAR (9-10) (n=495)</i>	<i>pH bei normalem APGAR (9-10) (n=995)</i>
<i>normal</i>	431 (87,1%)	951 (95,6%)
<i>grenzwertig</i>	40 (8,1%)	32 (3,2%)
<i>azidotisch</i>	24 (4,8%)	12 (1,2%)

Tabelle 23: pH- und Laktat-Werte bei hohem APGAR (5min)

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Während bei einem APGAR von 9-10 95,6% der pH-Werte im Normbereich liegen, sind es bei den Laktatwerten nach Heinis et al. nur 87,1%. Dementsprechend kommen bei dieser Einteilung grenzwertige und azidotische Ergebnisse deutlich häufiger vor.

Bei gutem 5 Minuten-Outcome weist also auch bei Verwendung der neuen Einteilung der Laktatwerte der pH-Wert mehr richtig negative und weniger falsch positive Ergebnisse auf als Laktat.

<i>pH/Laktat</i>	<i>Laktat bei erniedrigtem APGAR (5-8) (n=42)</i>	<i>pH bei erniedrigtem APGAR (5-8) (n=82)</i>
<i>normal</i>	31 (73,8%)	67 (81,7%)
<i>grenzwertig</i>	0 (0,0%)	4 (4,9%)
<i>azidotisch</i>	11 (26,2%)	11 (13,4%)

Tabelle 24: pH- und Laktat-Werte bei niedrigem APGAR (5 min)

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Bei Kindern mit einem erniedrigten APGAR von 5-8 ergibt die Messung des pH mehr normale und grenzwertige, dafür deutlich seltener azidotische Ergebnisse. Bei niedrigem APGAR weist somit bei beiden Grenzwerten Laktat weniger falsch negative und mehr richtig positive Ergebnisse auf.

Aufgrund ihres extrem seltenen Auftretens (siehe oben) und der damit verbundenen äußerst geringen Aussagekraft wird auf die Darstellung der Ergebnisse bei einem APGAR von 0-4 hier verzichtet.

<i>APGAR (5min)</i>	<i>Normales Laktat (n=463)</i>	<i>Normaler pH (n=1 020)</i>
<i>9-10</i>	431 (93,1%)	951 (93,2%)
<i>5-8</i>	31 (6,7%)	67 (6,6%)
<i>1-4</i>	1 (0,2%)	2 (0,2%)

Tabelle 25: APGAR (5 min) bei normalem pH/Laktat

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent

Bei normwertigen Laktat-Ergebnissen scheint wie in der obigen Gegenüberstellung die klinische Präsentation nach 5 Minuten relativ ähnlich zu sein wie bei normalen pH-Werten, die Unterschiede sind minimal.

<i>APGAR</i>	<i>grenzw. Laktat</i> (n=40)	<i>grenzw.pH</i> (n=36)	<i>azid. Laktat</i> (n=35)	<i>azid. pH</i> (n=23)
9-10	40 (100,0%)	32 (88,9%)	24 (68,6%)	12 (52,2%)
8-5	0 (0,0%)	4 (11,1 %)	11 (31,4%)	11 (47,8%)
0-4	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Tabelle 26: APGAR (5 min) bei grenzwertigem und azidotischem pH/Laktat

Häufigkeiten in ganzen Zahlen und Prozent.

Bei grenzwertigem und azidotischem Laktat-Wert scheint das Outcome tendenziell besser zu sein als bei grenzwertigem und azidotischem pH-Wert. Der pH-Wert scheint also insgesamt weniger falsch positive Ergebnisse und mehr richtige positive Ergebnisse aufzuweisen als Laktat, auch dies deckt sich mit den Ergebnissen der FIGO-Einteilung.

Allerdings ist zu beachten, dass die geringe Fallzahl grenzwertiger und pathologischer Werte einen negativen Einfluss auf die Aussagekraft hat.

Zusammenfassung

Es zeigen sich also bei Betrachtung der Grenzwerte nach Heinis et al. die gleichen Tendenzen wie nach Visser et al., nämlich dass insgesamt die Einteilung nach dem pH-Wert laut DGGG mit größerer Wahrscheinlichkeit mit dem APGAR-Score nach 5 Minuten übereinstimmt. Die einzige Ausnahme tritt bei ausschließlicher Betrachtung der Kinder mit schlechter klinischer Präsentation (APGAR \leq 8) auf, wo die Einteilung nach den Laktatwerten häufiger zutreffende Vorhersagen erlaubt. Dies ist auch der einzige Fall, in dem die Einteilung nach Visser et al. der nach Heinis et al. überlegen zu sein scheint.

Übertragen auf Sensitivität und Spezifität ergeben sich damit folgende Werte:

Die Sensitivität der pH-Messung ist mit 17,9% am geringsten, die der Einteilung nach Heinis et al. beträgt 25,6%, und die der Einteilung nach Visser et al. 44,2%.

Dafür besitzt die Einteilung nach dem pH-Wert mit 95,6% die höchste Spezifität, die nach Heinis mit 87,1% die zweithöchste, und die nach Visser ist mit 74,7% am geringsten.

Als Zusammenfassung all dieser Kreuztabellen und zur direkten visuellen Gegenüberstellung des pH und der beiden Laktat-Einteilungen dienen die folgenden drei Histogramme:

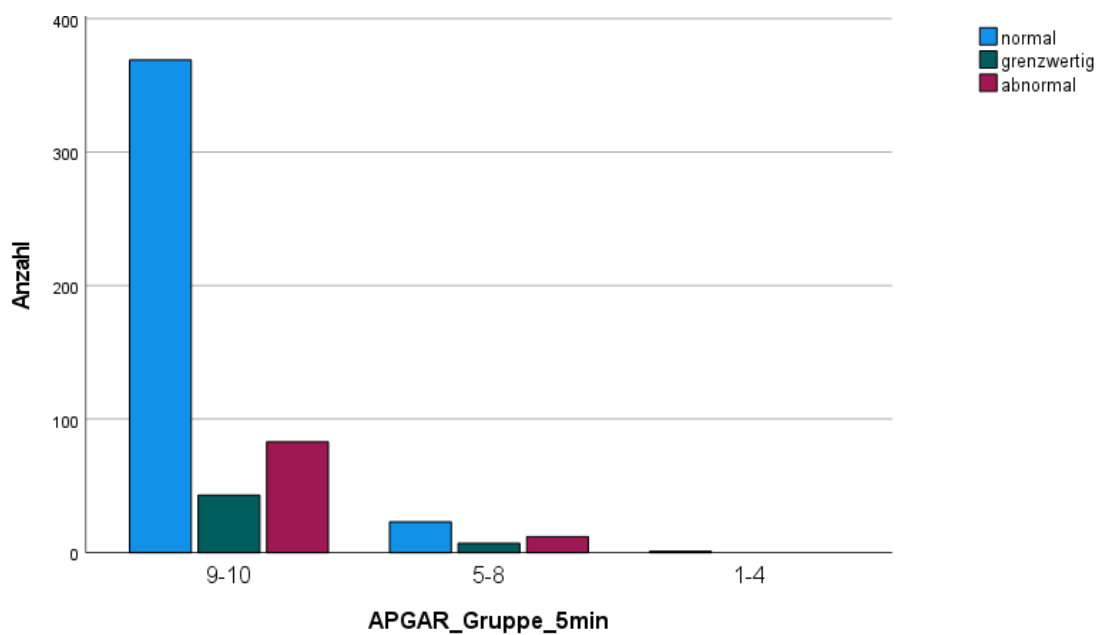


Abbildung 14: Histogramm des APGAR (5 min), gruppiert nach Laktatwerten der MBU (nach Visser et al.)

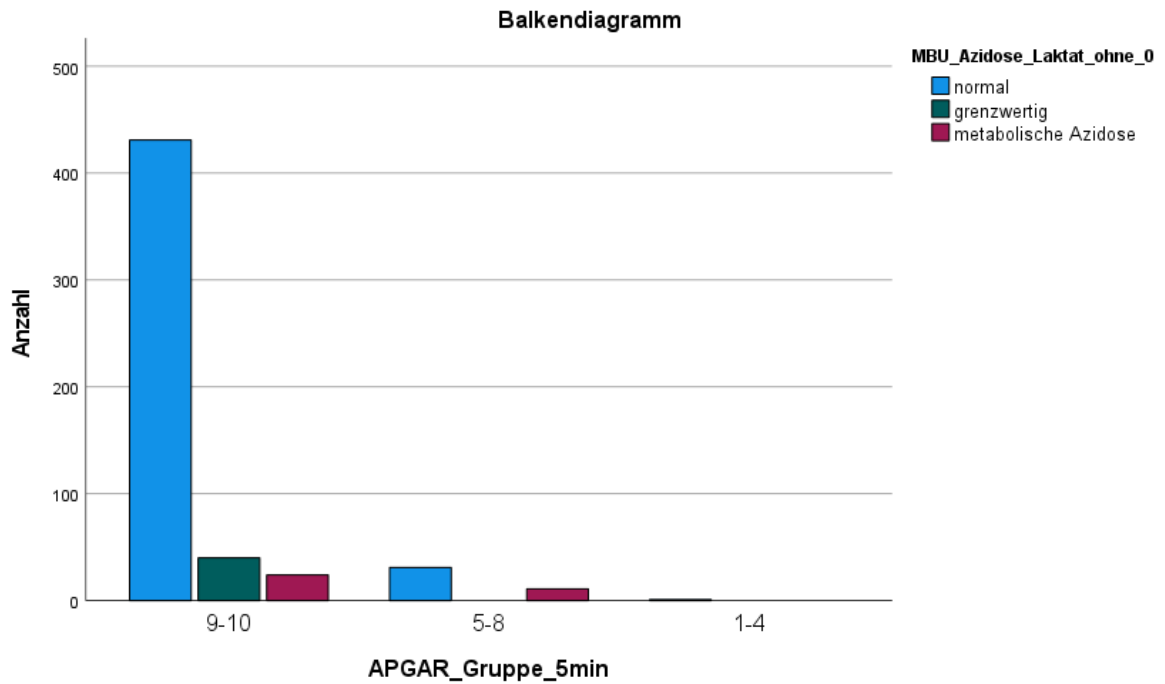


Abbildung 15: Histogramm des APGAR (5 min), gruppiert nach Laktatwerten der MBU (nach Heinis et al.)

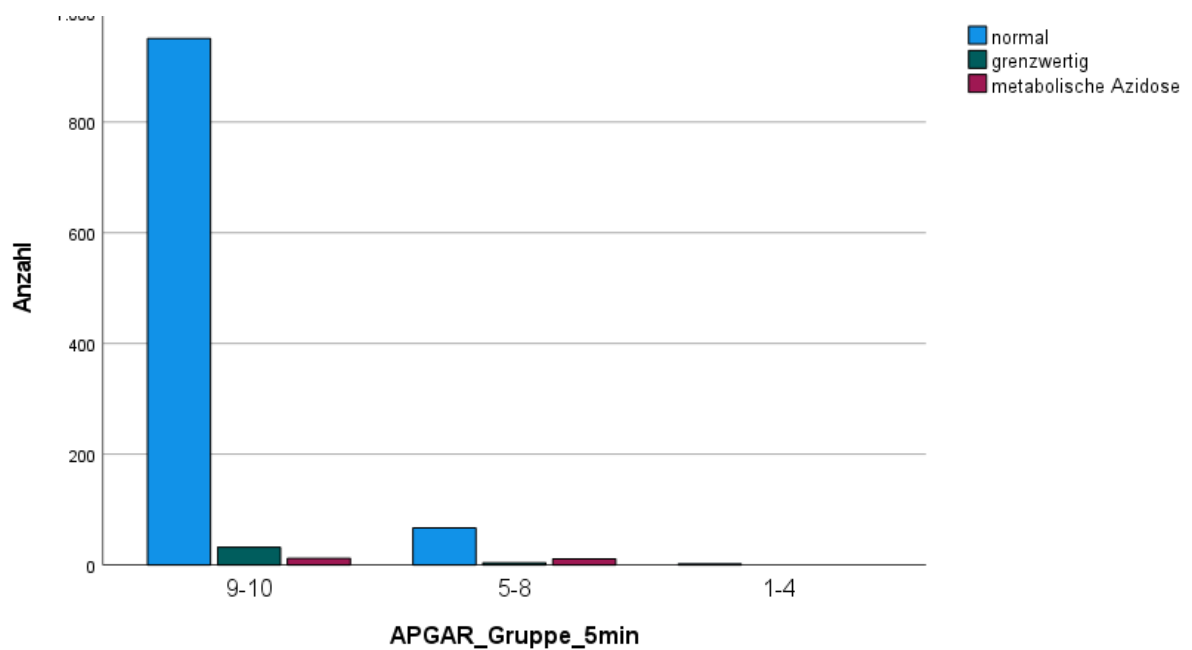


Abbildung 16: Histogramm des APGAR (5 min), gruppiert nach pH-Werten der MBU

Diese Histogramme unterstreichen graphisch nochmals, dass bei hohem APGAR die Einteilung nach dem pH-Wert am meisten unauffällige Ergebnisse liefert, er also die meisten richtig negativen Ergebnisse hat. Die meisten falsch positiven

Ergebnisse verzeichnet die Einteilung nach dem Laktatwert laut der FIGO-Klassifikation.

Dafür ergibt die Einteilung laut dem pH-Wert auch bei erniedrigten APGAR-Werten fast nur unauffällige Ergebnisse, sie führt damit zu den meisten falsch negativen Ergebnissen. Diesbezüglich schneidet die Einteilung nach dem Laktatwert laut FIGO am besten ab, sie ist am häufigsten richtig positiv.

Die Einteilung nach den Laktatwerten laut Heinis et al. liegt sowohl bezüglich Sensitivität als auch Spezifität zwischen den beiden anderen.

4 Diskussion

Die fetale Blutgasanalyse oder Mikroblutuntersuchung soll eine objektive subpartale Zustandsuntersuchung von Feten mit auffälligem CTG oder anderen Zeichen fetaler Gefährdung ermöglichen. Idealerweise kann sie als additive Untersuchung zum sehr sensitiven, aber wenig spezifischen Kardiotokogramm den Anteil von den mit deutlich mehr Komplikationen vergesellschafteten vaginal-operativen und Schnittentbindungen senken. Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass diese Hypothese korrekt ist.

Von 14 036 Frauen, welche während des Beobachtungszeitraumes von 01.05.2016 bis 01.05.2020 an der Unviersitätsklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe Graz entbunden haben, wurde bei 1 080 während der Geburt eine fetale Blutgasanalyse durchgeführt und sie konnten somit in die Studie eingeschlossen werden. Die Häufigkeit einer fetalen Blutgasanalyse liegt demnach bei 8,4% und damit deutlich über dem österreichischen Durchschnitt, der in den Jahren 2016 bis 2020 bei 2,3% bis 3,0% lag. Aus dem Bericht geht jedoch auch hervor, dass sich die Mikroblutuntersuchungen auf Perinatalzentren bzw. auf Kliniken/Abteilungen ab 500 Geburten pro Jahr konzentrieren, weshalb die höhere Rate an der UFK nicht außergewöhnlich ist. (65–69)

Gleiches gilt für die auffallend hohe Raten an Episiotomien, welche mit 32,1% mehr als doppelt so hoch ist wie im gesamtösterreichischen Vergleich mit 12,9% bis 14,7% von 2016 bis 2020. Auch hier beschreibt das IET einen um 1-2 Prozentpunkte höheren Anteil in Perinatalzentren. (65–69) Die außerordentlich hohe Rate an Episiotomien bei den Geburten dieser Arbeit begründet sich wahrscheinlich auf dem Verdacht des fetalen Distress, der bei Geburten mit FBA zu erwarten ist.

4.1 Qualität der Daten

Es handelt sich durchwegs um Daten, die an der UFK routinemäßig bei jeder Geburt erhoben werden. Diese wurden durch Eingabe von Schlüsselbegriffen aus der Datenbank PIA ausgelesen.

Bei vielen Geburten waren die Datensätze leider unvollständig, insbesondere zum Laktatwert wurde bei vielen Geburten keine Angabe gemacht. Um die Fallzahl nicht zu sehr zu verringern, wurden auch unvollständige Datensätze zur Auswertung herangezogen, sofern alle für die jeweilige Berechnung relevanten Daten vorhanden waren.

Bei zwei Geburten war der pH-Wert mit 0,0 angegeben, diese Werte wurden als offensichtliche Fehler durch „keine Angabe“ ersetzt.

Wenn für eine Berechnung nur eine MBU pro Geburt verwendet wurde, wurde die zuletzt durchgeführte verwendet, unter der Annahme, dass diese den größten Einfluss auf den Geburtsmodus hatte.

Bezüglich der Outcome-Parameter lagen der pH-Wert der Nabelvene und -arterie sowie der APGAR nach 1, 5 und 10 Minuten vor. Das maternale Outcome konnte aufgrund fehlender Daten nicht bestimmt werden, ebenso fehlen Angaben zum mittel- und langfristigen kindlichen Outcome. Die vorliegenden Werte können zwar sicherlich Aufschluss über den postpartalen Zustand des Kindes geben, so korreliert der APGAR als Score der klinischen Präsentation in hohem Maße mit der kindlichen Mortalität und Morbidität. (61) Es kann aber natürlich nicht ausgeschlossen werden, dass die kindliche Präsentation mit zeitlichem Abstand vom Eindruck der hier betrachteten Werten abweicht.

4.2 Geburtsmodus

Der Geburtsmodus nach fetaler Butgasanalyse, welcher in die drei Gruppen Spontangeburt, vaginal-operative Geburt und sekundäre Sectio eingeteilt wurde, war die primäre Zielgröße dieser Studie.

Im Beobachtungszeitraum wurden an der UFK Graz 14 142 Kinder entbunden. Davon kamen 15,3% per primärer Sectio, 16,0% per sekundärer Sectio und 10,0% vaginal-operativ zur Welt. Mit 58,7% war der Anteil an Spontangeburt mit Abstand am größten.

Insgesamt lag die Rate an vaginal-operativen Entbindungen sowie Sectiones an der UFK im Beobachtungszeitraum damit leicht über dem österreichischen Durchschnitt. In den Jahren 2016 bis 2020 lag der Anteil an Entbindungen per

Forceps und Saugglocke österreichweit bei 7,1% bis 7,7%, der Anteil an sekundären Kaiserschnitten bei 14,1% bis 15,0%. Auch hier geht aus dem Bericht des IET jedoch hervor, dass Perinatalzentren und Kliniken mit einer sehr hohen Anzahl jährlicher Geburten mehr Interventionen durchführen, was sich in erster Linie durch einen höheren Anteil an komplizierten und risikoreichen Geburten erklären lässt.

Primäre Sectiones wurden österreichweit 2016-2020 mit einer Häufigkeit von 14,8-15,4% durchgeführt, womit die UFK Graz mit 15,3% im Schnitt liegt. (65–69)

4.2.1 Einfluss der MBU auf den Geburtsmodus

Von 1 180 Gebärenden, bei denen eine fetale Blutgasanalyse durchgeführt wurde, konnte bei 426 Patientinnen (36,1%) eine Spontangeburt erreicht werden. Der Anteil der Sectio nach erfolgter FBA lag bei 32,1%, der der vaginal-operativen Geburt bei 31,8%.

Man könnte nun davon ausgehen, dass ohne die Möglichkeit der fetalen Blutgasanalyse bei allen 1 080 Frauen eine operative Entbindung durchgeführt worden wäre. Schließlich dient die Mikroblutuntersuchung in erster Linie der Überprüfung suspekter bzw. pathologischer CTG-Muster, welche ohne MBU Anlass zur sofortigen Geburtsbeendigung sein können. (8,11)

Hätten ohne Mikroblutuntersuchung alle 1 080 Geburten in einer Sectio enden müssen, so hätte die Durchführung der FBA an der UFK Graz im Beobachtungszeitraum 801 Sectiones verhindert und die Sectiorate unter Vernachlässigung primärer Schnittentbindungen von 25,5% auf 18,8% gesenkt. Abhängig vom Geburtsfortschritt kann man jedoch davon ausgehen, dass sich der Geburtshelfer statt der Sectio für eine vaginal-operative Entbindung entschieden hätte. Da unter den Geburten mit MBU der Anteil von sekundären Sectiones und vaginal-operativen Geburten fast gleich groß ist, gingen wir für diese Annahme davon aus, dass er sich bei den gleichen Geburten auch ohne die Möglichkeit einer FBA im gleichen Anteil auf diese beiden Interventionen verteilt hätte. In diesem Fall wäre der Anteil sekundärer Sectiones durch die Mikroblutuntersuchung von 20,6% auf 18,8% gefallen, der der vaginal-operativen Entbindungen von 13,6% auf 11,8%. In beiden Fällen wäre die Rate an operativen Entbindungen ohne MBU um 3,5 Prozentpunkte höher gewesen.

Reif, Haas, Schöll und Lang publizierten 2011 eine Studie an der UFK Graz zum gleichen Thema, in der sie sogar eine noch größere Reduktion der operativen Entbindungen zeigen konnten. Diese betrug in der Population aller im Untersuchungszeitraum entbundenen Patientinnen 5,3 Prozentpunkte, im Gegensatz zu einer Reduktion um 3,5 Prozentpunkte in dieser Arbeit. Generell konnten bei ihnen 40,5% der Patientinnen nach MBU per Spontangeburt entbinden, in der vorliegenden Studie waren es lediglich 36,1%. (70)

4.2.2 Aussagekraft der Extrapolation

Die oben getroffenen Annahmen setzen allerdings voraus, dass ohne zur Verfügung stehende Mikroblutuntersuchung jede MBU-Indikation Anlass zur sofortigen operativen Geburtsbeendigung gewesen wäre, was in der Praxis kaum der Fall sein wird. Die deutlich geringere Invasivität der fetalen Blutgasanalyse verglichen mit einem Kaiserschnitt (36) hat sicherlich Auswirkungen darauf, wie freizügig der Geburtshelfer/die Geburtshelferin die Entscheidung dazu trifft. In einer unklaren Situation, die je nach Ermessen des Geburtshelfers/der Geburtshelferin sowohl eine sofortige Geburtsbeendigung als auch Abwarten unter engmaschiger Kontrolle rechtfertigen würde, fällt die Entscheidung für eine weitere Untersuchung in Form einer fetalen Blutgasanalyse wahrscheinlich leichter als für die mit einer weitaus höheren Morbidität verknüpfte Sectio oder auch Forceps- oder Vakuumentbindung.

Das hängt sicher auch damit zusammen, dass bis heute keine einheitlichen Richtlinien bezüglich der Indikation zur Durchführung einer MBU existieren. Zu der Vielzahl an unterschiedlichen Kriterien kommt außerdem eine große intra- und interpersonelle Variabilität in der Befundung hinzu, was das Abschätzen des Einflusses der Mikroblutuntersuchung auf die Sectiorate zusätzlich erschwert. (71,72)

Reif et al., die in ihrer Arbeit dasselbe Problem diskutieren, gehen in Folge einiger statistischer Überlegungen davon aus, dass „nur 80 bzw. 50% aller CTGs, die zu einer MBU führten, ohne diese auch eine rasche operative Geburtsbeendigung nach sich gezogen hätten“. (70) Unter dieser Annahme hätte die Mikroblutuntersuchung den Anteil an sekundären operativen Entbindungen immer

noch von 33,5% bzw. 32,5% auf 30,6% gesenkt. Im Beobachtungszeitraum von 4 Jahren entspräche dies 341 bzw. 213 Geburten.

Wie hoch die Sectiorate ohne FBA genau gewesen wäre, wird sich aufgrund des Aufbaus dieser Studie ohne reale Kontrollgruppe in der vorliegenden Arbeit kaum beantworten lassen. Einen interessanten Vergleich ermöglicht dazu eine 2017 von Vanessa Düsselberg zur selben Fragestellung veröffentlichte Arbeit. Darin werden die Geburtsverläufe sowie das geburtshilfliche Outcome von 2006, vor der breitflächigen Einführung der MBU, mit dem von 2009, als diese Untersuchung bereits häufig eingesetzt wurde, verglichen. Sie konnte in ihrer monozentrischen Arbeit mit 1 128 Geburten eine Senkung der Sectiorate von 29% auf 26%, jedoch auch einen Anstieg der vaginal-operativen Entbindungen von 5% auf 12% zeigen. Dieser Einfluss auf die Schnittentbindung ist sogar größer als der in dieser Arbeit angenommene, welcher unter Vernachlässigung der primären Sectios bestenfalls einen Rückgang von 20,6% auf 18,8% ergab. Allerdings stieg in ihrer Arbeit durch den höheren Anteil vaginal-operativer Entbindungen die Rate an operativen Eingriffen insgesamt nach Einführung der Mikrolutuntersuchung sogar von 34% auf 38% an, was jedoch nicht auf einen kausalen Zusammenhang hindeuten muss.

Im Falle einer MBU konnte eine operative Schnittentbindung in Düsselbergs Studie zu über 60% umgangen werden, was sich mit den Ergebnissen dieser Arbeit deckt, in welcher dies bei 67,9% der Fall war. (73)

4.3 Gegenüberstellung pH und Laktat

Hinsichtlich der Interpretation der Ergebnisse der FBA gilt seit der Erstbeschreibung durch Saling in erster Linie der fetale pH-Wert als Orientierungsparameter. (9,22,31) Als interessante Alternative dazu wird derzeit zunehmend die Messung des Laktats diskutiert. Diese hat den Vorteil, dass eine um ein Vielfaches geringere Blutmenge für die Auswertung benötigt wird, wodurch die Anzahl frustrierender Untersuchungen deutlich reduziert und dadurch die Untersuchung rascher und nebenwirkungsärmer durchgeführt werden kann. (74) Die bisherige Datenlage zur Aussagekraft des Laktats ist vielversprechend, allerdings gibt es immer noch teilweise widersprüchliche Studien, welcher der beiden Parameter überlegen ist. Auch hat die Laktatbestimmung noch nicht

Einzug in die nationalen Leitlinien gefunden, weshalb derzeit keine einheitlichen Grenzwerte für Laktat vorliegen. (5,11,33)

Als sekundäre Zielgröße wurden daher im Rahmen dieser Studie die pH-, BE- und Laktatwerte der MBU erhoben, außerdem die pH-Werte der Nabelschnur sowie der APGAR. Die Aussagekraft von pH und Laktat wurde anhand von Korrelationen und Kreuztabellen verglichen und bezüglich der Interpretation der Laktat-Ergebnisse zwei verschiedene Cutoff-Werte gegenübergestellt.

4.3.1 Korrelation – Interpretation sowie Stärken und Schwächen der Methode

Korrelation der MBU-Messwerte

Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen den Messwerten pH, Laktat und BE der MBU betrachtet. Es zeigt sich eine deutliche negative Korrelation zwischen pH und Laktat, der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt $-0,329$ und ist hoch signifikant. Ein Blick auf das Streudiagramm zeigt jedoch, dass sich die Stärke der Korrelation in erster Linie durch weniger Ausreißer ergibt, die sehr hohen Laktatwerten über $7,5$ mmol/L aufweisen. Betrachtet man lediglich die Werte unter 6 mmol/L, was dem Großteil der Daten entspricht, so wird die Korrelation sehr viel schwächer.

Generell ist zu hinterfragen, wie zielführend eine Korrelation der MBU-Messwerte pH, Laktat und base excess überhaupt ist, da die Höhe des Laktats direkten Einfluss auf den pH und vor allem auf den BE hat und es sich daher um keine unabhängigen Variablen handelt.

Nichtsdestotrotz zeigen die Zusammenhänge, bei welchen Parametern eine Messung beider Werte möglicherweise überflüssig ist. So zeigen Laktat und BE eine sehr starke Korrelation, was den Schluss zulässt, dass hier auf die Messung eines der beiden Werte eher verzichtet werden kann, als dies bei Laktat und pH der Fall ist.

Korrelation mit Outcome-Parametern

Im nächsten Schritt erfolgten Korrelationsberechnungen mit den Outcome-Parameter NV-pH und NA-pH, wobei das Hauptaugenmerk auf den pH-Wert des

Nabelarterienbluts gelegt wurde, da dieses stärker mit dem klinischen Outcome korreliert (siehe Kapitel 3.5.1).

Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,194 war der Zusammenhang zwischen pH-Wert der MBU und NA-pH größer als der von Laktat und NA-pH mit -0,148. Der des base excess war mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,129 am niedrigsten.

Allerdings könnte auch hier die Stärke des Zusammenhangs von wenigen, sehr azidotischen Werten beeinflusst worden sein, welche eine stärkere Korrelation vortäuschen. Der Großteil der übrigen Werte scheint einer größeren Streuung zu unterliegen. Demgegenüber steht eine sehr hohe statistische Signifikanz aller Werte von $<0,001$, was trotz der Ausreißer auf eine hohe Aussagekraft der Korrelationskoeffizienten hinweist.

Ein weiterer Punkt, den es zu beachten gilt, ist die unterschiedliche Wertigkeit von pH und Laktat. Dass der intrapartale pH-Wert stärker mit dem postpartalen pH-Wert korreliert als Laktat, ist zu erwarten, da der Laktatwert in erster Linie die metabolische Komponente der Azidität angibt, während der pH schlichtweg eine Angabe der Protonenkonzentration ist. (26) Da der metabolische Anteil aber für den kindlichen Stoffwechsel als kritischer anzusehen ist als der respiratorische (29), ist der NA-pH hier möglicherweise als Outcome-Parameter nur eingeschränkt geeignet und Laktat trotz der geringeren Korrelation mit dem NA-pH aussagekräftiger.

4.3.2 Kreuztabellen – Interpretation sowie Stärken und Schwächen der Methode

Um die Messwerte nicht nur in ihrer Korrelation zum NA-pH, sondern auch zum APGAR und damit zum klinischen Outcome beurteilen zu können, wurden die betreffenden Werte in Gruppen zusammengefasst. Die pH-Werte wurden laut aktueller DGGG-Leitlinie in 3 Gruppen eingeteilt, die Laktatwerte zunächst laut FIGO nach Visser et al. und zusätzlich laut einer neueren Einteilung von 2021 nach Heinis et al. Diese ordinal skalierten Variablen wurden dann mithilfe von Kreuztabellen in Zusammenhang gebracht.

Deren Ergebnisse lauten wie folgt:

Bei normwertigen Messwerten ist das Outcome unabhängig von der verwendeten Einteilung relativ ähnlich, die Unterschiede sind minimal.

Bei azidotischen Messergebnissen ergab der pH das schlechteste Outcome und damit die wenigsten falsch positiven und die meisten richtig positiven Ergebnisse. Am zweitbesten schnitt die Einteilung nach Heinis et al. ab, und die meisten falsch positiven und wenigsten richtig positiven Ergebnisse erhielten wir durch die Einteilung nach Visser et al.

Bei hohen APGAR-Werten von 9-10 scheint ebenfalls die Einteilung nach dem pH-Wert den besten Vorhersagewert zu besitzen, sie führte zu den meisten richtig negativen und den wenigsten falsch positiven Ergebnissen. Die wenigsten richtig negativen und die meisten falsch positiven Ergebnisse kamen durch die Einteilung nach Visser et al. zustande, die Einteilung nach Heinis et al. lag dazwischen.

Bei niedrigen APGAR-Werten von 5-8 dagegen ergab die Einteilung nach Visser et al. die meisten richtig positiven und die wenigsten falsch negativen Ergebnisse. Die Einteilung laut dem pH-Wert schnitt hier am schlechtesten ab, die nach Heinis et al. am zweitbesten.

Eine Berechnung der Sensitivität und Spezifität der verschiedenen Einteilungen ergibt, dass jene nach dem pH-Wert mit 17,9% die geringste Sensitivität, mit 95,6% dafür die beste Spezifität aufweist. Die Einteilung nach Visser et al. hat im Gegenzug dazu mit 44,2% die höchste Sensitivität, mit 74,7% dafür die geringste Spezifität. Die Grenzwerte nach Heinis et al. führen zu einer Sensitivität von 25,6% und einer Spezifität von 87,1%.

Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieses Kapitels implizieren, dass eine vorwiegende Betrachtung des pH-Wertes im Vergleich zum Laktat zu weniger Interventionen führen würde, da deutlich weniger Kinder als grenzwertig oder azidotisch eingestuft werden. Wie aus den Kreuztabellen hervorgeht, betrifft dies aber sowohl Kinder mit gutem als auch solche mit schlechtem Outcome. Es würde also die iatrogene Morbidität

durch vermehrte operative Entbindungen gesenkt werden, jedoch auch mehr Kinder übersehen werden, die sich in einer kritischen Stoffwechsellage befinden. Das entgegengesetzte Problem ergibt sich durch die Verwendung der Grenzwerte der FIGO. Diese hätte zur Folge, dass mehr Kinder mit schlechter klinischer Präsentation schon intrapartal auffällig wären, führt aufgrund der geringen Spezifität jedoch auch zu einer hohen Zahl nicht notwendiger Eingriffe. Die Einteilung nach Heinis et al. liegt in allen Berechnungen im Mittelfeld.

Limitationen der Methode

Es ist schwierig, aufgrund der Ergebnisse dieses Kapitels eine Aussage über den Vorhersagewert von Laktat im Vergleich zum pH-Wert zu machen, da das Ergebnis vom verwendeten Grenzwert abhängt. Die Ergebnisse gelten daher für die verwendeten Referenzwerte nach Visser et al. und Heinis et al., jedoch nicht für Laktat im Allgemeinen.

Auch die Einteilung des APGAR in die Gruppen 9-10, 5-8 und 0-4 könnte das Ergebnis beeinflussen. Diese erfolgte in erster Linie zur besseren Übersicht und um die Größe der Gruppen zu erhöhen, da die geringen Fallzahlen insbesondere bei niedrigen APGAR-Werten zu einer geringeren Signifikanz und eingeschränkter Interpretierbarkeit der Ergebnisse führte.

Daraus ergibt sich allerdings das Problem der richtigen Gruppenabgrenzung. Während die für diese Studie gewählten Cutoff-Werte mit der offiziellen Lehrmeinung übereinstimmen, dass ein APGAR unter 9 nach 5 Minuten als pathologisch anzusehen ist, werden Werte von 5 und 8 dennoch in der gleichen Gruppe zusammengefasst, obwohl sie sehr unterschiedliche klinische Bilder beschreiben. Dieser Sorge steht allerdings gegenüber, dass Kreuztabellen mit einzelner Betrachtung der APGAR-Werte, welche nicht in diese Arbeit aufgenommen wurden, zu sehr ähnlichen Ergebnissen führte.

Der wahrscheinlich größte systematische Fehler dieser Beobachtung liegt jedoch in der fehlenden Verblindung der Geburtshelfer/Geburtshelferinnen bezüglich der Messergebnisse der Mikroblutuntersuchungen. Dies führt dazu, dass die APGAR-Werte nicht unabhängig von den Messwerten der fetalen Blutgasanalyse sind, da ein azidotisches Messergebnis selbstverständlich zu einer rascheren

Geburtsbeendigung führt als ein physiologisches. Dadurch kommt es bei normwertigen Messergebnissen durch Zurückhaltung bezüglich Interventionen zu geringeren APGAR-Werten, während bei pathologischen Ergebnissen durch raschere Interventionen der APGAR höher liegt, als er es ohne fetale Blutgasanalyse täte. Es ergibt sich folglich eine höhere Rate sowohl falsch negativer als auch falsch positiver Ergebnisse.

Dies könnte auch erklären, warum bei sehr niedrigen APGAR-Werten von 0-4 alle intrapartal gemessenen Werte im Normbereich lagen – durch zu langes Zuwarten als Folge physiologischer Messergebnisse.

Da es sich um eine retrospektive Studie handelt, ist eine Verblindung der Untersucher/Untersucherinnen natürlich nicht möglich. Der systematische Fehler muss daher in der Interpretation beachtet werden.

4.4 Schlussfolgerung und Ausblick für weiterführende Arbeiten

Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Mikroblutuntersuchungen die Rate an operativen Entbindungen sinkt. Nicht ganz eindeutig ist das Ausmaß dieses Einflusses, was sich durch Limitationen des Studiendesigns, in erster Linie Retrospektivität und Fehlen einer Kontrollgruppe, ergibt.

Die Reduktion der Sectiorate lag somit bei dieser Studie bei maximal 6,7 Prozentpunkten (von 25,5% auf 18,8%), die der operativen Entbindungen insgesamt bei maximal 3,5 Prozentpunkten. Eine realistischere Interpretation der Ergebnisse führt zu einer Senkung der operativen Entbindungen von 33,5% bis 32,5% auf 30,6%, also um 1,9 bis 2,9 Prozentpunkte.

In Zusammenschau mit der Literaturanalyse bestätigt sich somit eindeutig der Stellenwert der fetalen Blutgasanalyse in der modernen Geburtshilfe. Sie stellt neben der Kardiotokographie den Goldstandard zur subpartalen Überwachung dar und leistet einen wichtigen Beitrag bei der Wahl des richtigen Geburtsmodus und damit der Reduktion sowohl der mütterlichen als auch der kindlichen Morbidität und Mortalität.

Bezüglich der Gegenüberstellung von pH und Laktat scheint bei dieser Arbeit der pH-Wert bei der Interpretation der fetalen Blutgasanalyse überlegen zu sein. Trotz

geringerer Sensitivität korreliert er am stärksten mit den postpartalen Parametern und weist bei fast allen Gegenüberstellungen die meisten richtigen Ergebnisse auf.

Aufgrund möglicher systematischer Fehler ist die Aussagekraft dieser Ergebnisse jedoch eingeschränkt, weshalb weitere Studien notwendig sein werden, um diese Frage endgültig zu klären. Als besonders wichtig hat sich in diesem Zusammenhang bei der vorliegenden Arbeit die Festlegung einheitlicher Grenzwerte für Laktat herausgestellt, sowohl für die geburtshilfliche Praxis als auch die Vergleichbarkeit weiterführender wissenschaftlicher Arbeiten.

Unabhängig davon, welcher der beiden Parameter sich letztendlich durchsetzt, unterstreicht die vorliegende Arbeit den Stellenwert der Mikroblutuntersuchung im modernen Geburtsmanagement und zeigt, dass die Sectiorate durch Einsatz dieser Untersuchung im klinischen Alltag sinkt.

Literaturverzeichnis

1. Demographische Merkmale von Geborenen - STATISTIK AUSTRIA - Die Informationsmanager [Internet]. 2021 [zitiert 16. September 2022]. Verfügbar unter: <https://statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/geburten/demographische-merkmale-von-geborenen>
2. Prammer-Waldhör M, Klimont J. Jahrbuch der Gesundheitsstatistik 2020. STATISTIK AUSTRIA Bundesanstalt Statistik Österreich. 2022;131.
3. Burrows LJ, Meyn LA, Weber AM. Maternal morbidity associated with vaginal versus cesarean delivery. *Obstet Gynecol.* Mai 2004;103(5 Pt 1):907–12.
4. Schneider H, Husslein P, Schneider KTM. Die Geburtshilfe. 5. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer Verlag GmbH Berlin Heidelberg; 2016.
5. East CE, Leader LR, Sheehan P, Henshall NE, Colditz PB, Lau R. Intrapartum fetal scalp lactate sampling for fetal assessment in the presence of a non-reassuring fetal heart rate trace. *Cochrane Pregnancy and Childbirth Group, Herausgeber. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet].* 1. Mai 2015 [zitiert 8. Februar 2023]; Verfügbar unter: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD006174.pub3>
6. Baltzer J, Herausgeber. *Praxis der Gynäkologie und Geburtshilfe: das komplette Praxiswissen in einem Band; 321 Tabellen. Kartonierte Sonderausg.* Stuttgart New York, NY: Thieme; 2006. 748 S.
7. Künzel W. Anfänge der Kardiotokographie. *Gynäkologe.* Mai 2009;42(5):328–35.
8. Weyerstahl T, Stauber M. *Gynäkologie und Geburtshilfe.* 4. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2013.
9. Gätje R, Herausgeber. *Kurzlehrbuch Gynäkologie und Geburtshilfe.* 2., aktualis. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2015. 533 S.

10. PhantomSteve/talk, contribs\ . A typical CTG output for a woman not in labour..mw-parser-output .plainlist ul{line-height:inherit;list-style:none none;margin:0}.mw-parser-output .plainlist ul li{margin-bottom:0} [Internet]. 2010 [zitiert 18. April 2023]. Verfügbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CTG_Output.jpg
11. Prof. Dr. Abou-Dakn M, Prof. Dr. Schäfers R. S3-Leitlinie Die vaginale Geburt am Termin, Version 1.0 [Internet]. 2020 [zitiert 3. Februar 2023]. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/015-083l_S3_Vaginale-Geburt-am-Termin_2021-03.pdf
12. Hildebrandt S 1961. Geburtshilfliche Notfälle vermeiden - erkennen - behandeln. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Hippokrates Verlag; 2018.
13. Macones GA, Hankins GDV, Spong CY, Hauth J, Moore T. The 2008 National Institute of Child Health and Human Development workshop report on electronic fetal monitoring: update on definitions, interpretation, and research guidelines. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*. 2008;37(5):510–5.
14. Steer PJ, Eigbe F, Lissauer TJ, Beard RW. Interrelationships among abnormal cardiotocograms in labor, meconium staining of the amniotic fluid, arterial cord blood pH, and Apgar scores. *Obstet Gynecol*. November 1989;74(5):715–21.
15. Dumler EA, Gnirs J, Kolben M, Schneider KT. [Applicability and relevance of fetal scalp blood analysis. Critical observation of 83 cases in 1992]. *Gynakol Geburtshilfliche Rundsch*. 1993;33 Suppl 1:155–6.
16. Alfirevic Z, Devane D, Gyte GML. Continuous cardiotocography (CTG) as a form of electronic fetal monitoring (EFM) for fetal assessment during labour. *Cochrane Database Syst Rev*. 31. Mai 2013;(5):CD006066.
17. Justin Westhoff, MWM-Vermittlung [Internet]. [zitiert 30. Januar 2023]. Verfügbar unter: <https://www.mwm-vermittlung.de/salingbiogr.html>

18. Saling E, Damaschke K. Neue Mikro-Schnell-Methode zur Messung des Blutsauerstoffes auf elektrochemischem Wege. *Klinische Wochenschrift*. 1. März 1961;39(6):305–6.
19. Erich Saling. In: Wikipedia [Internet]. 2022 [zitiert 30. Januar 2023]. Verfügbar unter:
https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Erich_Saling&oldid=224640673
20. Strauss A, Heer IM. *Geburtshilfe Basics: mit 112 Tabellen*. Heidelberg: Springer Medizin; 2006. 454 S.
21. [netzwerk_praenataldiagnostik_bauchentscheidungen.pdf](#) [Internet]. [zitiert 13. Februar 2023]. Verfügbar unter: https://www.netzwerk-praenataldiagnostik.de/fileadmin/user_upload/netzwerk_praenataldiagnostik_bauchentscheidungen.pdf
22. Uhl B. *Gynäkologie und Geburtshilfe compact alles für Station, Praxis und Facharztprüfung*. 6. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2018.
23. Dudenhausen JW, Pschyrembel W, Obladen M, Grab D. *Praktische Geburtshilfe: mit geburtshilflichen Operationen*. 22., erweiterte und korrigierte Auflage. Berlin ; Boston: De Gruyter; 2019. 639 S.
24. Behrends JC 1963. *Physiologie*. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Thieme; 2017. (Duale Reihe).
25. Brenner B, Burckhardt G, Draguhn A, Ehmke H, Eysel U, Fandrey J, u. a. *Physiologie*. 9., vollständig überarbeitete Auflage. Pape HC, Kurtz A, Silbernagl S, Klinker R, Gay R, Rothenburger A, Herausgeber. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2019. 1028 S.
26. Brandes R, Lang F, Schmidt RF, Herausgeber. *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. 32. Auflage. Berlin: Springer; 2020. 1057 S. (Lehrbuch).
27. Horn F, Blaeschke F, Trugenberg K, Gröll M, Polzer C, Lechner K, u. a. *Biochemie des Menschen: das Lehrbuch für das Medizinstudium*. 8.,

- überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2021. 790 S.
28. Alzheimer C. Physiologie das Lehrbuch. Elsevier; 2019.
 29. Abou-Dakn M, Bahlmann F, Bald R, Berger R, Buchholz T. Facharzt Geburtsmedizin. 3. Auflage. Kainer F, Herausgeber. München: Elsevier; 2016. 1001 S.
 30. Low JA, Panagiotopoulos C, Derrick EJ. Newborn complications after intrapartum asphyxia with metabolic acidosis in the term fetus. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. 1. April 1994;170(4):1081–7.
 31. Strauss A, Heer IM. Geburtshilfe Basics: mit 112 Tabellen. Heidelberg: Springer Medizin; 2006. 454 S.
 32. Westgren M, Kruger K, Ek S, Grunevald C, Kublickas M, Naka K, u. a. Lactate compared with pH analysis at fetal scalp blood sampling: a prospective randomised study. *BJOG:An international journal of O&G*. Januar 1998;105(1):29–33.
 33. Prouhèze A, Girault A, Barrois M, Lepercq J, Goffinet F, Le Ray C. Fetal scalp blood sampling: Do pH and lactates provide the same information? *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction*. April 2021;50(4):101964.
 34. Kruger K, Hallberg B, Blennow M, Kublickas M, Westgren M. Predictive value of fetal scalp blood lactate concentration and pH as markers of neurologic disability. *Am J Obstet Gynecol*. November 1999;181(5 Pt 1):1072–8.
 35. Liljeström L, Wikström AK, Hanson U, Akerud H, Jonsson M. Evaluation of the discrepancy between pH and lactate in combined fetal scalp blood sampling. *Acta Obstet Gynecol Scand*. Oktober 2011;90(10):1088–93.
 36. Workman MR, Philpott-Howard J. Risk of fetal infection from invasive procedures. *J Hosp Infect*. März 1997;35(3):169–74.

37. Goerke K. Kurzlehrbuch Gynäkologie und Geburtshilfe. Urban & Fischer,; 2014.
38. Holmgren G, Sjöholm L, Stark M. The Misgav Ladach method for cesarean section: method description. *Acta Obstet Gynecol Scand*. August 1999;78(7):615–21.
39. Medizinische und sozialmedizinische Merkmale von Geborenen - STATISTIK AUSTRIA - Die Informationsmanager [Internet]. 2022 [zitiert 16. September 2022]. Verfügbar unter: <https://statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/geburten/medizinische-und-sozialmedizinische-merkmale-von-geborenen>
40. Jeannette K. Nahezu jedes dritte Neugeborene kam 2021 per Kaiserschnitt zur Welt.
41. Castellano T, Zerden M, Marsh L, Boggess K. Risks and Benefits of Salpingectomy at the Time of Sterilization. *Obstet Gynecol Surv*. November 2017;72(11):663–8.
42. Marshall NE, Fu R, Guise JM. Impact of multiple cesarean deliveries on maternal morbidity: a systematic review. *Am J Obstet Gynecol*. September 2011;205(3):262.e1-8.
43. Knight M, Kurinczuk JJ, Spark P, Brocklehurst P, United Kingdom Obstetric Surveillance System Steering Committee. Cesarean delivery and peripartum hysterectomy. *Obstet Gynecol*. Januar 2008;111(1):97–105.
44. Getahun D, Oyelese Y, Salihu HM, Ananth CV. Previous cesarean delivery and risks of placenta previa and placental abruption. *Obstet Gynecol*. April 2006;107(4):771–8.
45. Rageth JC, Juzi C, Grossenbacher H. Delivery after previous cesarean: a risk evaluation. Swiss Working Group of Obstetric and Gynecologic Institutions. *Obstet Gynecol*. März 1999;93(3):332–7.

46. Harer WB. Vaginal birth after cesarean delivery: current status. *JAMA*. 22. Mai 2002;287(20):2627–30.
47. Simpson EL, Lawrenson RA, Nightingale AL, Farmer RDT. Venous thromboembolism in pregnancy and the puerperium: incidence and additional risk factors from a London perinatal database. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. Januar 2001;108(1):56–60.
48. Smaill FM, Grivell RM. Antibiotic prophylaxis versus no prophylaxis for preventing infection after cesarean section. *Cochrane Database Syst Rev*. 28. Oktober 2014;2014(10):CD007482.
49. Lasch L 1986. *Basiswissen Gynäkologie und Geburtshilfe*. Springer; 2017. (Springer-Lehrbuch).
50. Kiechle M, Beinder E, Herausgeber. *Gynäkologie und Geburtshilfe: mit 325 Abbildungen und über 237 Tabellen. 2., überarbeitete Auflage*. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2011. 577 S.
51. Knörr K, Knörr-Gärtner H, Beller FK, Lauritzen C. Prinzipien der operativen Geburtshilfe. In: Knörr K, Knörr-Gärtner H, Beller FK, Lauritzen C, Herausgeber. *Geburtshilfe und Gynäkologie: Physiologie und Pathologie der Reproduktion* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 1989 [zitiert 14. April 2023]. S. 491–6. (Springer-Lehrbuch). Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-642-95583-9_34
52. Castillo M, Fordham LA. MR of neurologically symptomatic newborns after vacuum extraction delivery. *AJNR Am J Neuroradiol*. April 1995;16(4 Suppl):816–8.
53. O'Mahony F, Hofmeyr GJ, Menon V. Choice of instruments for assisted vaginal delivery. *Cochrane Database Syst Rev*. 10. November 2010;(11):CD005455.
54. Johanson RB, Rice C, Doyle M, Arthur J, Anyanwu L, Ibrahim J, u. a. A randomised prospective study comparing the new vacuum extractor policy with forceps delivery. *Br J Obstet Gynaecol*. Juni 1993;100(6):524–30.

55. Sultan AH, Kamm MA, Hudson CN, Thomas JM, Bartram CI. Anal-sphincter disruption during vaginal delivery. *N Engl J Med*. 23. Dezember 1993;329(26):1905–11.
56. Villar J, Valladares E, Wojdyla D, Zavaleta N, Carroli G, Velazco A, u. a. Caesarean delivery rates and pregnancy outcomes: the 2005 WHO global survey on maternal and perinatal health in Latin America. *Lancet*. 3. Juni 2006;367(9525):1819–29.
57. Catlin EA, Carpenter MW, Brann BS, Mayfield SR, Shaul PW, Goldstein M, u. a. The Apgar score revisited: influence of gestational age. *J Pediatr*. November 1986;109(5):865–8.
58. Andres RL, Saade G, Gilstrap LC, Wilkins I, Witlin A, Zlatnik F, u. a. Association between umbilical blood gas parameters and neonatal morbidity and death in neonates with pathologic fetal acidemia. *Am J Obstet Gynecol*. Oktober 1999;181(4):867–71.
59. Low JA, Lindsay BG, Derrick EJ. Threshold of metabolic acidosis associated with newborn complications. *Am J Obstet Gynecol*. Dezember 1997;177(6):1391–4.
60. Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Curr Res Anesth Analg*. 1953;32(4):260–7.
61. Drage JS, Kennedy C, Schwarz BK. THE APGAR SCORE AS AN INDEX OF NEONATAL MORTALITY. A REPORT FROM THE COLLABORATIVE STUDY OF CEREBRAL PALSY. *Obstet Gynecol*. August 1964;24:222–30.
62. Visser GH, Ayres-de-Campos D, FIGO Intrapartum Fetal Monitoring Expert Consensus Panel. FIGO consensus guidelines on intrapartum fetal monitoring: Adjunctive technologies. *Int J Gynaecol Obstet*. Oktober 2015;131(1):25–9.
63. Heinis AMF, Spaanderman ME, Gunnewiek JMTK, Lotgering FK. Scalp blood lactate for intra-partum assessment of fetal metabolic acidosis. *Acta Obstet Gynecol Scand*. Oktober 2011;90(10):1107–14.

64. Iorio L, Carlsson Y, Johansson C, Berggren R, Herbst A, Wang M, u. a. Proposed cutoff for fetal scalp blood lactate in intrapartum fetal surveillance based on neonatal outcomes: a large prospective observational study. *BJOG*. März 2022;129(4):636–46.
65. Oberaigner W, Leitner H. Geburtenregister Österreich. Bericht über die Geburtshilfe in Österreich 2016 [Internet]. Innsbruck: Institut für klinische Epidemiologie, Teil des Landesinstituts für integrierte Versorgung Tirol; 2017 Nov [zitiert 30. Mai 2023]. Verfügbar unter: <https://www.iet.at/page.cfm?vpath=index>
66. Delmarko I, Leitner H, Harrasser L. Geburtenregister Österreich. Bericht über die Geburtshilfe in Österreich 2017 [Internet]. Innsbruck: Institut für klinische Epidemiologie, Teil des Landesinstituts für integrierte Versorgung Tirol; 2018 Nov [zitiert 30. Mai 2023]. Verfügbar unter: <https://www.iet.at/page.cfm?vpath=index>
67. Delmarko I, Harrasser L, Leitner H. Geburtenregister Österreich. Bericht über die Geburtshilfe in Österreich 2018 [Internet]. Innsbruck: Institut für klinische Epidemiologie, Teil des Landesinstituts für integrierte Versorgung Tirol; 2019 Dez [zitiert 30. Mai 2023]. Verfügbar unter: <https://www.iet.at/page.cfm?vpath=index>
68. Delmarko I, Leitner H, Neururer S, Harrasser L. Geburtenregister Österreich. Bericht über die Geburtshilfe in Österreich 2019 [Internet]. Innsbruck: Institut für klinische Epidemiologie, Teil des Landesinstituts für integrierte Versorgung Tirol; 2020 Dez [zitiert 30. Mai 2023]. Verfügbar unter: <https://www.iet.at/page.cfm?vpath=index>
69. Delmarko I, Leitner H, Neururer S, Harrasser L. Geburtenregister Österreich. Bericht über die Geburtshilfe in Österreich 2020, 2. korrigierte Auflage [Internet]. Innsbruck: Institut für klinische Epidemiologie, Teil des Landesinstituts für integrierte Versorgung Tirol; 2022 Sep [zitiert 30. Mai 2023]. Verfügbar unter: <https://www.iet.at/page.cfm?vpath=index>

70. Reif P, Haas J, Schöll W, Lang U. [Foetal scalp blood sampling: impact on the incidence of Caesarean section and assisted vaginal deliveries for non-reassuring foetal heart rate and its use according to gestational age]. *Z Geburtshilfe Neonatol.* Oktober 2011;215(5):194–8.
71. Palomäki O, Luukkaala T, Luoto R, Tuimala R. Intrapartum cardiotocography -- the dilemma of interpretational variation. *J Perinat Med.* 2006;34(4):298–302.
72. Bernardes J, Costa-Pereira A, Ayres-de-Campos D, van Geijn HP, Pereira-Leite L. Evaluation of interobserver agreement of cardiotocograms. *Int J Gynaecol Obstet.* April 1997;57(1):33–7.
73. Düsselberg V. Einfluss der fetalen Mikrolutuntersuchung auf den Geburtsverlauf und das kindliche und maternale Outcome [Internet]. [zitiert 30. Januar 2023]. Verfügbar unter: <https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DocumentServlet?id=42496>
74. Ramanah R, Martin A, Clement MC, Maillet R, Riethmuller D. Fetal scalp lactate microsampling for non-reassuring fetal status during labor: a prospective observational study. *Fetal Diagn Ther.* 2010;27(1):14–9.