

Frauenklinik rechts der Isar
der Technischen Universität München
Abteilung für Perinatalmedizin

**Validität der computergestützten Überwachung der fetalen Herzfrequenz –
ein Vergleich mit dem fetalen Säure-Basen-Status**

Andrea Thieme

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin (Dr. med.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.- Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.- Prof. Dr. K.- Th. M. Schneider
2. Univ.- Prof. Dr. J. Hess, Ph. D.

Die Dissertation wurde am 05.06.2007 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 26.09.2007 angenommen.

Meinen Eltern
In Liebe und Dankbarkeit
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	3
1. Einleitung	4
2. Material und Methoden	8
2.1 Patientinnen-Kollektiv	8
2.2. Patientinnen-Charakteristik	9
2.3. Bearbeitung und Analyse der CTG-Extrakte	10
2.4. Die fetale Herzfrequenz – Physiologischer Hintergrund	11
2.5. Die Kardiotokographie	13
2.5.1. Einführung	13
2.5.2. Durchführung der Kardiotokographie	13
2.5.3. Komponenten des Kardiotokogramms	14
2.5.3.1 Baseline	15
2.5.3.2 Akzeleration	16
2.5.3.3 Dezeleration	17
2.5.3.4 Variabilität	17
2.5.3.5 Kurzzeitvariation nach Dawes und Redman	18
2.5.4 Klassifikation von Kardiotokogrammen	19
2.5.4.1 FIGO-Richtlinien	19
2.5.4.2 Erweiterungen der FIGO-Klassifikation – Empfehlungen der DGGG	20
2.5.4.3 Erweiterungen der FIGO-Klassifikation nach Daumer und Golias	21
2.6 Die Fetalblutanalyse – Ergänzung zur Kardiotokographie	22
2.6.1 Durchführung der Fetalblutanalyse	22
2.6.2 Kontraindikation	23
2.7 Statistische Verfahren	23
2.7.1 Trendanalyse	24
2.7.2 Sensitivität und Spezifität	24
2.7.3 Positiv und negativ prädiktiver Wert	24
2.7.4 ROC-Kurven (=Receiver operating characteristic)	25
2.7.5 Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman-Pearson	26
2.7.6 Exakter Test von Fisher	26
3. Ergebnisse	27
3.1 Klinikum Rechts der Isar im Vergleich zur bayerischen Gesamtstatistik der BAQ	27
3.1.1 Fetalblutanalyse	27
3.1.2 Subpartuale CTG-Kontrolle	27
3.1.3 Sectio caesarea	27
3.2 Repräsentativität des Patientinnen-Kollektivs	28
3.3 FBA-pH Verteilung im Kollektiv	28
3.4 Validität des computergestützten FHF-Monitoring in Bezug zum FBA-pH	29
3.4.1 FIGO Score - Verteilung der FBA-pH-Werte	29
3.4.1.1 Extremfälle	31
3.4.2 FIGO Score - Statistische Zahlen	32
3.4.2.1 Trendanalysen	32
3.4.2.2 Sensitivität und Spezifität	32
3.4.3 Sensitivitätsanalyse	33
3.4.3.1 Vergleiche der ROC-Kurven	34
3.4.3.2 Boxplots	37
3.4.3.3 Trendanalysen	38
3.4.4 Korrelation zwischen FIGO Einzelkomponenten und FBA-pH	38
3.4.4.1 Verteilung der FBA-pH-Werte	38
3.4.5 FIGO Einzelkomponenten	41
3.4.5.1 Trendanalysen	41
3.4.5.2 Sensitivität und Spezifität	41
3.4.5.3 ROC-Kurven	43
3.4.6 Kurzzeitvariation	47
3.4.6.1 Spearman Korrelationskoeffizient	48
3.6 Veränderungen des FIGO Scores	49
3.6.1 FIGO Score vor postpartualem Azidose	50
3.7 FIGO Score – Entbindungsmodus und Outcome-Parameter	51
3.8 Der pH-Wert der Fetalblutanalyse	52

3.8.1 Entbindungsmodus	52
3.8.2 „Wiederholungs-FBA“	53
3.8.3 Korrelation zwischen Sectio-Frequenz und Häufigkeit durchgeführter Fetalblutanalysen ..	53
3.8.4 Alter der Mutter im Zusammenhang zu pathologischen FBA-pH-Werten	54
3.9 „Outcome“ des Neugeborenen	55
3.9.1 FBA-pH und Apgar 5'-Wert	55
3.9.2 FBA-pH und Nabelschnurarterien-pH	56
3.10 Indikation für die Durchführung einer FBA	58
3.10.1 Indikation mittels FIGO Gesamt-Score	59
3.10.2 Indikation mittels FIGO Einzelkomponenten	60
4. Diskussion	62
4.1 Stellenwert der Fetalblutanalyse, CTG-Kontrolle und Sectio caesarea	62
4.2 Repräsentativität des Patientinnen-Kollektivs	63
4.3 Validität des computergestützten FHF-Monitoring in Bezug zum FBA-pH	64
4.3.1 FIGO Gesamt-Score	64
4.3.2 Korrelation zwischen FIGO Gesamt-Score und FBA-pH	66
4.3.3 Sensitivitätsanalyse	68
4.3.4 Korrelation zwischen FIGO Einzelkomponenten und FBA-pH	70
4.3.4.1 Sensitivität und Spezifität	70
4.3.4.2 Trendanalysen und ROC-Kurven	71
4.3.4.3 Vergleiche zwischen FIGO Gesamt-Score und Einzelkomponenten	72
4.3.4.4 Untergruppen des Kollektivs	73
4.3.5 Kurzzeitvariation	73
4.4 Veränderung des FIGO Scores im Geburtsverlauf	74
4.4.1 FIGO Score vor postpartueller Azidose	74
4.5 FIGO Score – Entbindungsmodus und fetales Outcome	75
4.6 FIGO Score und Fetalblutanalyse – Senkung der OP-Frequenz	76
4.7 Der pH-Wert der Fetalblutanalyse	76
4.7.1 Klinisches Vorgehen bei bestimmten FBA-pH-Werten	76
4.7.2 Entbindungsmodus bestimmter FBA-pH-Werte	78
4.7.3 Korrelation zwischen Sectio-Frequenz und der Häufigkeit von Fetalblutanalysen	78
4.7.4 Alter der Mutter im Zusammenhang zu pathologischen FBA-pH-Werten	79
4.8 „Outcome“ des Neugeborenen	79
4.8.1 Nabelschnurarterien-pH und Apgar-Wert	79
4.8.2 Fetales Outcome im Kollektiv	80
4.8.3 Korrelation zwischen FBA-pH und NS-pH	80
4.8.3.1 Normazider FBA-pH bei azidotischem NS-pH	81
4.8.3.2 Azidotischer FBA-pH bei normazidem NS-pH	81
4.9 Indikation zur Durchführung einer FBA	82
4.9.1 Indikation mittels FIGO Gesamt-Score	83
4.9.2 Indikation mittels FIGO Einzelkomponenten	84
4.9.3 Fazit	84
5. Zusammenfassung	86
6. Referenzen	88
7. Anhang	98
8. Lebenslauf	120
9. Danksagung	121
10. Erklärung	122

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ACOG	American College of Obstetricians and Gynaecologists
Apgar 5`-Wert	Apgar Wert nach 5 Minuten postpartual
AUC	Area under the curve
BE	Base Excess
Bpm	Beats per Minute
CTG	Cardiotokographie
DGGG	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe
DMW	Delayed Moving Window
EKG	Elektrokardiographie
FBA	Fetalblutanalyse
FBA-pH	gemessener pH-Wert bei der FBA
FHF	Fetale Herzfrequenz
FIGO	Fédération Internationale de Gynécologie et d`Obstétrique
Kap.	Kapitel
Ms	Millisekunden
MW	Mittelwert
NNT	Number needet to treat
NNH	Number needet to harm
NS-pH	gemessener pH-Wert des Nabelschnurblutes
RCOG	Royal College of Obstetricians and Gynaecologists
Rdl	Rechts der Isar
ROC	Receiver operating characteristic
SSW	Schwangerschaftswoche
Tab.	Tabelle

1. Einleitung

Die Möglichkeit, das fetale Leben durch Auskultation der fetalen Herzfrequenz (FHF) zu diagnostizieren, fand in Europa bereits im frühen 19. Jahrhundert ihren Ursprung. Erste Berichte lieferte Major im Jahre 1818. Die einfache „Ohr-Methode“ des Auskultierens wurde jedoch rasch durch das Stethoskop ersetzt. Pinards Holzstethoskop erschien 1876 und das medizinische Interesse wuchs, nachdem man feststellte, anhand Veränderungen der Herzfrequenz Aussagen über den fetalen Zustand machen zu können.

Auf die erstmals 1957 beschriebene Ableitung des fetalen EKGs über die maternale Bauchdecke von Hon und Hess folgten vier Jahre später die darauf basierenden Schlag-zu-Schlag-Kurven von Hon und Wolgemuth. Die Anfänge dieser Methode waren geprägt von zahlreichen Störeinflüssen, wie z.B. die elektrische Isolierung des Fetus durch Vernix Caseosa oder der Überlagerung durch die maternale Herzfrequenz. Ein großer Fortschritt kam 1964 mit der Einführung des Doppler Effekts, der die FHF anhand von Herzklappen- und Herzwandbewegungen misst. Hammacher entwickelte daraufhin 1968, in Zusammenarbeit mit der Firma Hewlett-Packard, eine Form der Aufzeichnung, die auch heute noch in Gebrauch ist: Die Darstellung der kindlichen Herzfrequenz und der maternalen Uterusaktivität auf einem gemeinsamen Papierstreifen. Hammacher, Hon, Cadeyro-Barcia, Kubli und andere beschäftigten sich nun intensiv mit der Weiterentwicklung der Kardiotokographie.

Um die Beurteilung von Kardiotokogrammen (CTGs) zu erleichtern, und sowohl statistische als auch wissenschaftliche Auswertungen zu systematisieren, wurden eine Reihe unterschiedlicher Scores ausgearbeitet. Allen gemeinsam ist die ähnliche Vorgehensweise: Normalen oder pathologischen Merkmalen werden Punkte zugeordnet, die zu einem Gesamtergebnis addiert werden. Ab einer bestimmten Punktezahl ist mit einer fetalen Gefährdung zu rechnen. Während Kubli (1971) zur antenatalen CTG-Bewertung die Bandbreite und späte Dezelerationen untersuchte, bezogen Fischer et al. (1976) noch weitere CTG-Parameter wie die Basalfrequenz, Anzahl der Nulldurchgänge und Akzelerationen in ihre Bewertung mit ein. Hammacher et al. (1974) erstellten einen CTG-Score zur Beurteilung von sowohl ante- als auch intrapartualen CTGs. 1987 wurden die einheitlichen FIGO-Richtlinien (Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique) zur Terminologie und Interpretation des ante- und intrapartualen CTGs veröffentlicht. Sie enthielten kein additives Punkteschema, sondern eine deskriptive Einteilung in normale, suspekte und pathologische CTG-Muster. Ziel aller CTG-Scores ist die frühzeitige Erkennung von FHF-Parametern, die mit einer mangelhaften Sauerstoffversorgung des Feten und damit verbundener fetalen cerebralen Schädigung, oder gar Fruchttod, einhergehen. Etwa 10-15% aller neuromotorischen Schäden und spastischen Zerebralparesen werden auf eine schwere intrapartuale Hypoxie zurückgeführt (Nelson et Ellenberg 1986), deren Dauer dabei eine wichtige Rolle spielt (Nelson et al. 1977, Brann 1986).

Neben der Möglichkeit der fetalen Zustandsdiagnostik erhoffte man sich noch weitere Vorteile der sich schnell verbreitenden Kardiotokographie: kontinuierliche Aufzeichnungen, einfache Handhabung, geringerer Personalbedarf und eine lückenlose Dokumentation aus forensischen Gründen.

Doch auch die Nachteile traten zu Tage. Obwohl Scores einheitlich angewendet werden sollten, ist die Intra- und Inter-Observer-Variabilität der CTG-Interpretation hoch. Des Weiteren zeigt sich, bei guter Sensitivität des CTGs als Screeningverfahren für die fetale Gefährdung, nur eine geringe Spezifität. Dies wird deutlich, betrachtet man die hohe Rate falsch-positiver Befunde von 40-99,8% (Schneider 1993,

Gnirs et Schneider 1996, Nelson et al. 1996). Die Folge ist ein Anstieg unnötiger Geburtseinleitungen und operativen Entbindungen.

Dank dynamischer Entwicklung der Computertechnik kamen schon bald Auswertungsprogramme auf den Markt, welche die CTG-Interpretation erleichtern und somit die hohe Falsch-Positiv-Rate senken sollen. Innerhalb kurzer Zeit lagen Erfahrungen über die Systeme NATALI (Niess) und Sonicaid (Dawes) in Form von Studien vor, in denen gezeigt wurde, dass die rechnergestützte CTG-Beurteilung eine nahezu gleiche Sicherheit bietet wie die visuelle Bewertung erfahrener Ärzte (Dawes et al. 1985, Krause et al. 1988, Hiett et al. 1993). Studien zur Inter- und Intra-Observer-Variabilität zeigen, dass durch die Einführung der computergestützten CTG-Klassifizierung tatsächlich eine insgesamt zuverlässigere Einordnung der CTG Muster möglich ist (Keith et al. 1995) und die Falsch-Positiv-Rate dadurch gesenkt wird (Devoe et al. 2000).

Ein weiterer Vorteil ist die erleichterte Archivierung (digitale Speicherung) der CTG-Kurven und die Kombinationsmöglichkeit mit anderen elektronisch registrierbaren Daten wie z.B. dem Ultraschall. Durch die quantitative Auswertung können visuell nicht sichtbare Parameter wie die Kurzzeitvariabilität in die Bewertung mit einfließen und weitere wissenschaftliche Untersuchungen ermöglichen.

Systeme, die das abgeleitete Signal auf dem Monitor darstellen - so genannte FHF-Monitoring-Systeme - werden weltweit vermarktet. Zu nennen sind hier das System 8000 und das System Oxford Sonicaid von der gleichnamigen Firma. Sie basieren auf dem Algorithmus von Dawes. Das SisPorto System bewertet nach Bernardes Algorithmus. Hewlett-Packard Italien vertrieb die Analysesoftware 2CTG mit dem Algorithmus von Arduini. Aus Japan kommt von der Toitu Company das „Toitu data analysing system“ mit dem von Maeda entwickeltem Algorithmus.

Auf der Grundlage jahrelanger Erfahrungen entwickelte Roemer (2002) ein CTG-Score, der auf einer quantitativen „online“ CTG-Auswertung basiert. Neu an dieser Methode ist die zeitgleiche („online“) Analyse des laufenden Kardiotachogramms und parallel dazu die graphische Darstellung des Score-Werts, sowie des berechneten aktuellen fetalen pH-Werts.

Das von der Firma Trium Analysis Online GmbH im Jahr 2000 entwickelte Programm „Trium CTG Online“ ist das derzeit einzige CE-zertifizierte Online CTG-Klassifizierungsverfahren auf Basis der FIGO-Richtlinien. Es basiert auf dem „Delayed Moving Window“-Algorithmus (DMW®-Algorithmus) zur Erkennung von Drifts, Sprüngen und Ausreißern. Die Herzfrequenz wird „online“ als „normal“, „suspekt“ oder „pathologisch“ bewertet und eine potentielle Gefahr durch ein Alarmsystem signalisiert.

Die synchrone „online“ Bewertung spielt im Klinikalltag eine wichtige Rolle. Pathologische Muster werden sofort signalisiert und notwendige Konsequenzen können rasch eingeleitet werden. Des Weiteren wird eine zentrale CTG-Überwachung ermöglicht. Das bedeutet, alle derzeit im Kreissaal oder auf Station laufenden CTGs sind auf dem Zentralrechner in den Hebammen- und/oder Arztzimmern abrufbar. Dadurch können potentiell gefährliche FHF-Veränderungen frühzeitig erkannt werden, auch wenn die Patientinnen bei etwaigem personellem Mangel nicht die ganze Zeit direkt beaufsichtigt werden können.

Die verschiedenen Methoden zur Online-Auswertung wie z.B. Dawes/Redman, DMW-FIGO (Dawes et al. 1992, Schindler 2002) werden aufgrund ihrer Reliabilität derzeit beide von der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. empfohlen. In deren Leitlinie ist des Weiteren verankert, dass - unabhängig von der Einführung elektronischer Analyse-Systeme - grundlegende

Kenntnisse der Physiologie und Pathophysiologie des fetalen Kreislaufsystems für die Bewertung des CTGs erforderlich sind.

Hier ist ebenfalls die Fetalblutanalyse (FBA) als wichtiges Hilfsmittel der CTG-Interpretation zu nennen. Sie wurde 1962 von Saling in die Geburtshilfe eingeführt und ermöglicht eine objektive Bewertung des fetalen Zustandes. Dabei orientiert sich die biochemische Säure-Basen-Diagnostik vorwiegend an den pH-Werten, da diese weniger Schwankungen unterliegen als die Blutgase O₂ und CO₂. Fallen die pH-Werte normal aus, kommt es selbst nach lang anhaltenden hypoxieverdächtigen CTG-Mustern weder zu einem Anstieg der perinatalen Frühmortalität (Goeschen et al. 1984), noch der Spätmortalität (Brand et Saling 1984).

Daher ist die FBA eine wichtige Methode, mit der falsch-positive CTGs korrigiert (Dai et Fox 1991) und folglich unnötige operative Entbindungen vermieden werden können. Dadurch kann die Zahl unnötiger operativer Eingriffe fast um die Hälfte verringert werden (Grant 1993). Auch das Vorkommen neonataler Krämpfe hat seit Einsatz der fetalen Blutanalyse signifikant abgenommen (Haverkamp et al. 1979, Vintzileos et al. 1995).

Das Ziel der Geburtsüberwachung, mit einem Minimum an operativen Eingriffen ein Optimum an Sicherheit für Mutter und Kind zu erreichen (Saling 1985), scheint in gewissem Maße eingetreten zu sein. Jedoch hat auch dieses Verfahren seine Schwachstellen. Die Fetalblutanalyse ist aufwendig, invasiv (Hammacher 1984), und die Inzision am vorausgehenden Teil des Feten kann eine Belastung für Mutter und Kind darstellen. Da die einmalige Messung nur eine Momentaufnahme darstellt, jedoch keine Aussage über den Trend der fetalen Gefährdung zulässt, können wiederholte Durchführungen nötig werden. Nicht möglich ist die Durchführung einer FBA beim 2. Zwilling bzw. führenden Mehrling, bei geschlossener Zervix und bei extremer Frühgeburtlichkeit aufgrund dem hier erhöhten Verletzungsrisikos. Bei noch verschlossener Fruchtblase muss eine Amniotomie erfolgen, welche das Risiko einer Infektion in sich trägt. Dennoch sind solche und andere Komplikationen, wie schwerwiegende Verletzungen, Blutung oder Hämatombildung, bei der FBA sehr selten.

Die Kombination aus CTG und FBA ist heutzutage ein allgemein akzeptierter Bestandteil der Geburtsüberwachung und bietet Vorteile für Mutter und Kind (Goeschen 1996, Goeschen et Butterwegge 1996). Studien bezeichnen diese Kombination schon seit langem als die bestmögliche intrapartuale Betreuung (Kubli et al. 1969, Beard et al. 1971, Renou et Wood 1974). Bereits in mehreren Arbeiten wurde nach auffälligen FHF-Mustern gesucht, die mit dem pH-Wert der FBA korrelieren. Vor allem große Dezelerationsflächen und späte Dezelerationen scheinen mit einem niedrigen FBA-pH-Wert in Verbindung zu stehen (Tejani et al. 1975, Beguin et al. 1975, Lowensohn et al. 1975, Felser 1977, Schlotter et al. 1977, Schlotter et al. 1979, Young et al. 1980). Der Hammacher-Score in Verbindung mit der FBA dient laut Studien zwar als sinnvolles Hilfsmittel in der subpartualen Diagnostik, hat aber dennoch eine eingeschränkte Aussagekraft für die tendenzielle Entwicklung des fetalen Befindens im Einzelfall (Goeschen et al. 1984).

Durch viele Studien wird das Bestehen auffälliger CTG-Muster, die gehäuft mit Azidosen einhergehen, bestätigt. Dennoch reicht das CTG im Einzelfall nicht aus, eine fetale Gefährdung von einem normalen physiologischen Verhaltensmuster des Feten zu unterscheiden. Vor allem bei weniger erfahrenen Geburtshelfern ist die Unsicherheit groß, wann eine FBA oder gar eine operative Entbindung angebracht sind. Der Geburtshelfer erhofft sich die Möglichkeit, einer nicht-invasiven computergestützten CTG-

Analyse vertrauen zu können, um die hohe Rate dieser Eingriffe zu senken - ohne dabei Mutter und Kind möglichen Gefahren auszusetzen.

Nachdem die Reliabilität der computergestützten FHF-Überwachung mittlerweile in der Geburtshilfe als akzeptiert gilt, fokussiert diese Arbeit auf die Untersuchung der Validität. Konkret wird hier der Zusammenhang zwischen FHF-Mustern und unmittelbar darauf erhobenem Säure-Basen-Status des Feten untersucht. Subpartuale CTGs werden hierfür retrospektiv mit dem Klassifizierungsverfahren „Trium CTG Online“ analysiert und die daraus resultierende Bewertung mittels FIGO Score mit den zeitlich korrespondierenden pH-Werten der Fetalblutanalyse verglichen.

Ziel ist die Quantifizierung des Zusammenhangs, um folglich die Notwendigkeit einer FBA besser abwägen zu können und gegebenenfalls die Indikationsstellung im Rahmen der Leitlinien weiter zu präzisieren. Des Weiteren wird auf Handlungskonsequenzen, Entbindungsmodus und fetales Outcome bezüglich FBA-pH und FIGO Score eingegangen, sowie auf die Rolle der Kardiotokographie und der Fetalblutanalyse in der heutigen Geburtshilfe.

2. Material und Methoden

2.1 Patientinnen-Kollektiv

Als Grundlage dieser Arbeit dient die Gesamtheit aller 3.380 Geburten der Jahrgänge 2000-2002 an der Frauenklinik Rechts der Isar der Technischen Universität München, deren Daten zu Zwecken der Qualitätssicherung in einer Perinatalstatistik zusammengefasst sind.

Einschlusskriterien sind die Durchführung einer FBA mit dokumentierten pH-Werten, eine elektronisch gespeicherte CTG-Ableitung mit einer Dauer von mindestens 50 Minuten rund um den Zeitpunkt der FBA und ein Gestationsalter von $\geq 34+0$ SSW.

Ausschlusskriterien sind Totgeburt, Mehrlingsschwangerschaft, fehlende Akte bzw. Dokumentation, Gerinnung des Blutes bei Durchführung der FBA oder ein CTG-Fenster von unzureichender Länge.

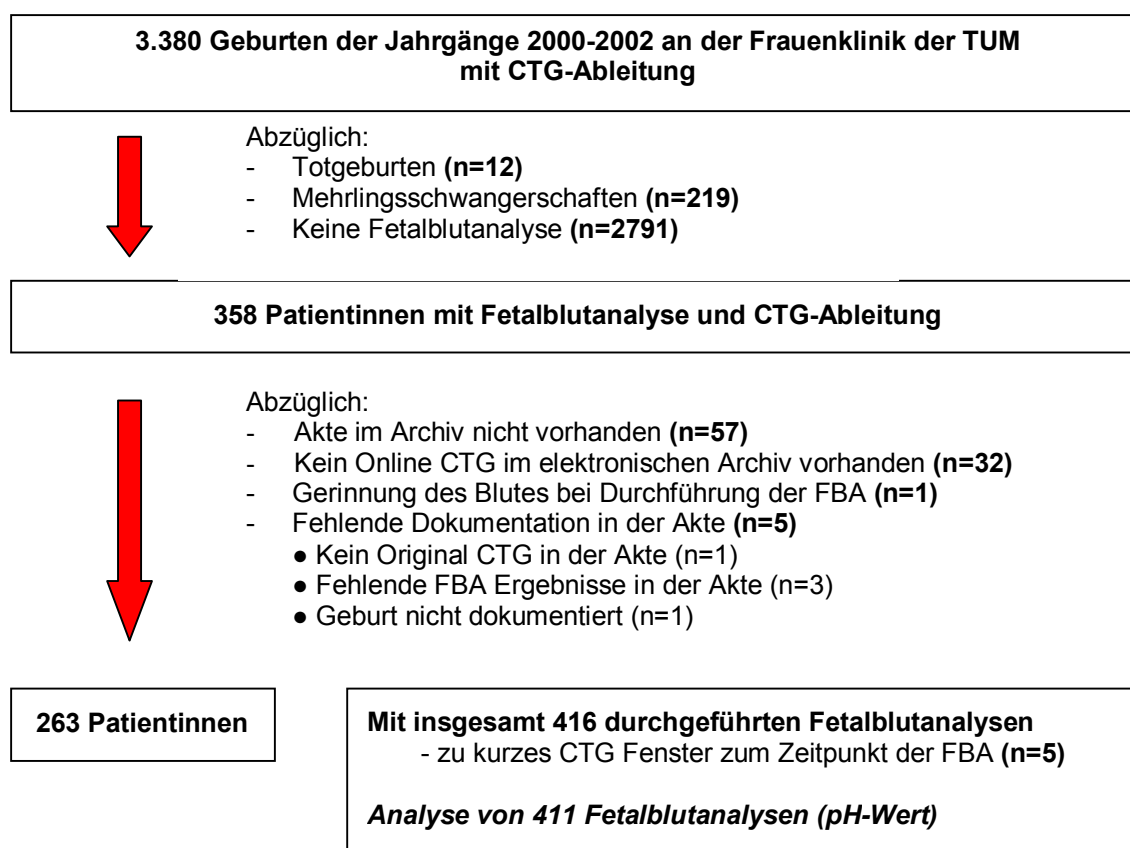
Die Daten bezüglich Patientinnen und deren Geburtsverlauf aus der elektronisch gespeicherten Perinatalstatistik werden mit den Originalen aus der Patientenakte des Krankenhausarchivs verglichen. Von insgesamt 358 Frauen, deren Geburt mittels CTG überwacht wurde und die im Verlauf die Indikation für mindestens eine fetale Skalplutanalyse (FBA) aufweisen, entfallen 57 aufgrund fehlender Akte zum Zeitpunkt der Validierung, 5 aufgrund fehlender FBA- und/oder CTG-Dokumentation, und 32 Frauen entfallen dem Kollektiv aufgrund fehlender elektronischer CTG-Archivierung. Die pH-Werte einer Patientin können aufgrund wiederholt auftretender Blutgerinnung bei Durchführung der FBA nicht verwendet werden.

Die originalen CTG-Aufzeichnungen aus der Patientenakte werden visuell mit den Ausdrucken des elektronischen CTG-Archivs verglichen, um sicherzugehen, das richtige CTG-Teilstück zum Zeitpunkt der FBA identifiziert zu haben. Somit werden zeitliche Verschiebungen aufgrund differierender Uhr- und Datumseinstellungen der zwei Archivsysteme ausgeglichen.

Das zu untersuchende Kollektiv besteht letztendlich aus insgesamt 263 Patientinnen mit registrierter elektronischer CTG-Ableitung, vollständigen Perinataldaten und einer Gesamtzahl von 416 durchgeführten FBAs.

5 dieser Ereignisse können jedoch nicht in die CTG-Analyse mit eingeschlossen werden, da das benötigte CTG-Fenster rund um die FBA aufgrund von Signalverlust oder Abbruch der CTG-Aufzeichnung von zu kurzer Dauer ist. Insgesamt kann eine Gesamtzahl von 411 FBA-pH-Werten der Analyse unterzogen werden (Abb.2.1).

Abb. 2.1. Selektionsprozess des Patientinnen-Kollektivs



2.2. Patientinnen-Charakteristik

Alle 263 Patientinnen sind zwischen 16 und 44 Jahre alt. Für 124 Patientinnen ist es die erste Schwangerschaft, 96 waren bereits einmal zuvor schwanger, und bei 43 Frauen handelt es sich um die 3.-9. Schwangerschaft. Das durchschnittliche Gestationsalter aller Teilnehmerinnen beträgt ET-1, d.h. es kam bereits einen Tag vor dem errechneten Termin zur Geburt des Kindes. Bezüglich des Geburtsmodus kommen 127 Kinder als Spontangeburt und 48 vaginal-operativ zur Welt, darunter 6 Forzeps- und 42 Vakuumentextraktionen. Per Sekundäre Sektio werden 83 und per Notsektio 5 aller Schwangerschaften beendet. 134 der 263 Patientinnen erhalten im Verlaufe der Geburt bis zu 3 Mal eine Tokolyse intravenös als Bolus oder als Infusion. Pro Patientin werden durchschnittlich 1,57 FBAs durchgeführt. Im Einzelnen heißt das, bei 155 Schwangeren kommt es zu einer einzigen FBA, bei 73 zu zwei, bei 27 zu drei, bei 6 zu vier und bei 2 Patientinnen zu insgesamt fünf FBAs. Zusammen ergibt sich die Gesamtzahl von 416 FBAs. Bezüglich der FBA-pH-Werte stellt man fest, dass bei 89,66% die Werte $\geq 7,25$ ausfallen. Bei nur 43 Analysen liegt der pH-Wert $< 7,25$. Der Mittelwert aller Messungen liegt bei einem pH von 7,33. Das fetale Outcome wird durch die Parameter Apgar 5'-Wert und Nabelschnur-pH beurteilt. Für die 263 Neugeborenen ergibt sich ein Mittelwert des Apgar 5'-Wertes von 8,93 und für den NS-pH-Wert von 7,27. Das durchschnittliche Geburtsgewicht der 137 männlichen und 126 weiblichen Neugeborenen liegt bei 3374 Gramm (Tab.2.1).

		Merkmal	Anzahl	
Mutter	Alter der Mutter	< 20 J.	8 (3,04%)	
		20-29 J.	100 (38,02%)	
		30-39 J.	147 (55,89%)	
		≥ 40 J.	8 (3,04%)	
		MW ± STD	30,4 ± 5,49	
Vorausgegangene Schwangerschaften	0	124 (47,15%)		
	1	96 (36,5%)		
	≥2	43 (16,35%)		
Entbindung	Gestationsalter	MW ± STD	ET-1± 11,21	
	Spontangeburt		127 (48,29%)	
	Forzepsextraktion		6 (2,28%)	
	Vakuumentextraktion		42 (15,97%)	
	Sekundäre Sektio		83 (31,56%)	
	Notsektio		5 (1,90%)	
	Tokolyse		134 (50,95%)	
	Anzahl Patientinnen mit	1 Fetalblutanalyse		155 (58,94%)
		2 Fetalblutanalysen		73 (27,76%)
		3 Fetalblutanalysen		27 (10,27%)
4 Fetalblutanalysen			6 (2,28%)	
5 Fetalblutanalysen			2 (0,76%)	
Anzahl Fetalblutanalysen gesamt		416		
pH	≥ 7,25		373 (89,66%)	
	< 7,25		43 (9,33%)	
	MW ± STD		7,33 ± 0,07	
Fetales Outcome	Männlich		137 (52,09%)	
	Weiblich		126 (47,91%)	
	Gewicht (g)	MW ± STD	3374,16 ± 476,33	
	Apgar 5'-Wert	< 7		6 (2,29%)
		MW ± STD		8,93 ± 1,12
Nabelschnur pH	< 7,25		84 (31,94%)	
	MW ± STD		7,27 ± 0,07	

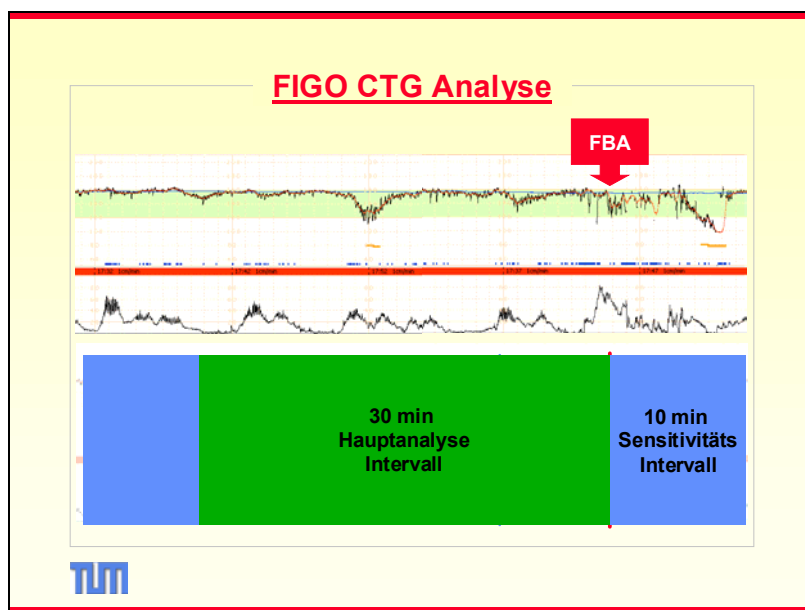
Tab.2.1. Patientinnen-Charakteristik

2.3. Bearbeitung und Analyse der CTG-Extrakte

Zur Analyse wird für jede einzelne FBA der entsprechende Abschnitt des elektronisch gespeicherten CTGs extrahiert. In einigen Fällen ist der genaue Zeitpunkt aufgrund des komplexen Vorgehens bei der Fetalblutanalyse, der ungenauen Markierung in den Original-CTG-Streifen, oder aufgrund der zeitlichen Differenz zwischen Aktendokumentation und CTG-Markierung schwer zu identifizieren. Daher wird ein Fenster, das so genannte Sensitivitäts-Intervall, von 10 Minuten vor und nach dem dokumentierten Ereignis untersucht. Zuzüglich der vorangehenden 30 Minuten, dem Hauptanalyse-Intervall, ergibt sich ein Ausschnitt von insgesamt 50 Minuten (Abb.2.2). Bei diesem Vorgang entfallen 5 FBA-Ereignisse dem Kollektiv, da hier ein CTG-Extrakt mit ausreichender Länge - aufgrund von Signalverlust oder Abbruch der CTG-Ableitung kurz nach der FBA - nicht extrahiert werden kann. Erneut werden alle CTG-Extrakte visuell mit den Originalen verglichen, um die korrekte Markierung des FBA-Zeitpunktes innerhalb dieser

50 Minuten zu überprüfen. Anschließend werden sie mit dem Programm „Trium CTG Online“ analysiert und die Korrelation zwischen FIGO FHF-Muster und dem pH-Wert der Fetalblutanalyse untersucht.

Abb.2.2 CTG-Extrakt



2.4. Die fetale Herzfrequenz – Physiologischer Hintergrund

Das fetale Herz-Kreislauf-System hat primär die Aufgabe, alle Organe ausreichend mit Sauerstoff zu versorgen. Unter Störeinflüssen wird die Versorgung einzelner Organe mithilfe komplexer Steuermechanismen sinnvoll abgestimmt. Ausdruck solcher Regelungsvorgänge ist das registrierte fetale Herzfrequenzmuster. Durch die Veränderung der Herzfrequenz und des Schlagvolumens kann das Herzminutenvolumen konstant gehalten werden. Folgende Störgrößen fließen in die Diagnostik anhand der Kardiotokographie mit ein: durch Pressorezeptoren vermittelte Druckstörungen, durch Chemorezeptoren vermittelte O₂-Versorgungsstörungen oder eine Kombination aus beiden.

Unter Wehentätigkeit treten vermehrt Druckstörungen auf, welche ihren Ursprung in der umbilikoplazentaren Perfusionsstörung durch die Nabelkompression haben. Wie sich die fetale Herzfrequenz aufgrund der wehenbegleitenden Kompression verhält, wird nun näher erläutert und in Abbildung 2.3 graphisch dargestellt.

Initial kommt es zur Akzeleration, da die Nabelschnurvene bei noch offenen Nabelschnurarterien komprimiert wird. Es resultiert eine verminderte diastolische Herzfüllung und dadurch eine verminderte Stimulation der Pressorezeptoren, was wiederum ein Überwiegen des Sympathikotonus nach sich zieht. Es kommt zur kompensatorischen Steigerung der Herzfrequenz, um das Herzminutenvolumen trotz geringerem Schlagvolumen konstant zu halten.

In der Wehenakme kommt es zu einer frühen Dezeleration, auch Dip I genannt. Die Vene und beide Arterien werden parallel komprimiert und auch im arteriellen Gefäßsystem gibt es einen Rückstau. Folglich kommt es im Aortenbogen zur Druckerhöhung und die Pressorezeptoren werden stimuliert. Es resultiert eine vagotone Reaktion, bei der die fetale Herzfrequenz abfällt. Bei reduziertem Druck auf die Nabelschnur sind die Arterien am Wehenende wieder frei. Hingegen ist die Vene aufgrund ihres

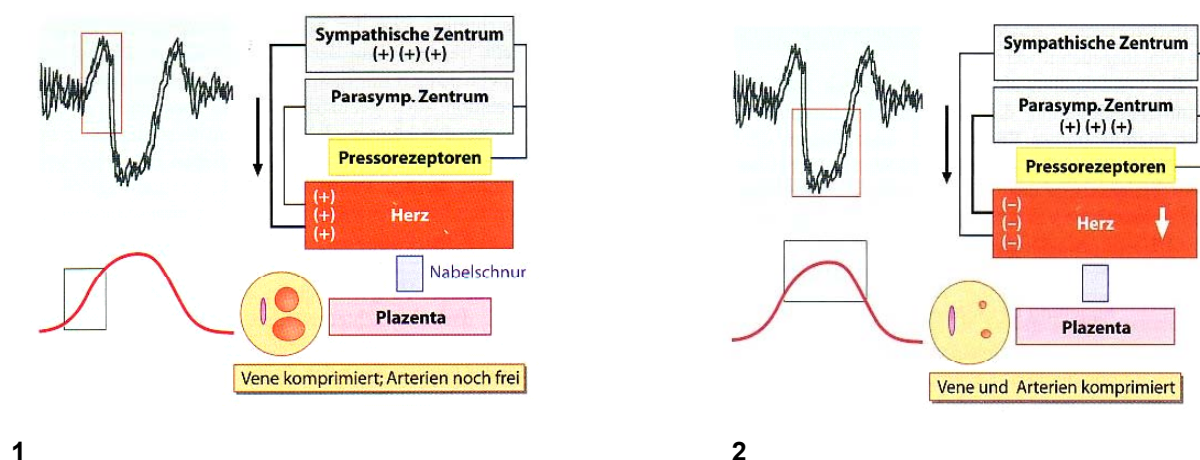
vergleichsweise geringeren Innendrucks weiterhin komprimiert. Über eine reduzierte Aktivität der Pressorezeptoren kommt es bei verminderter diastolischer Füllung erneut zu einem erhöhten Sympathikotonus. Daraus resultiert wiederum postkompensatorisch eine Akzeleration der fetalen Herzfrequenz.

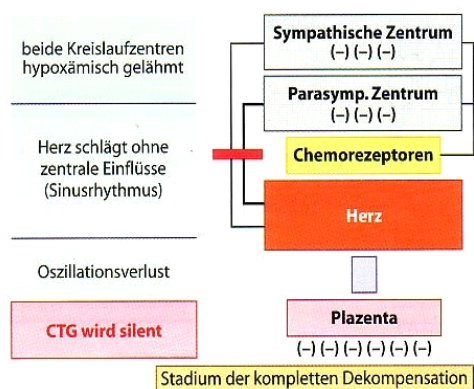
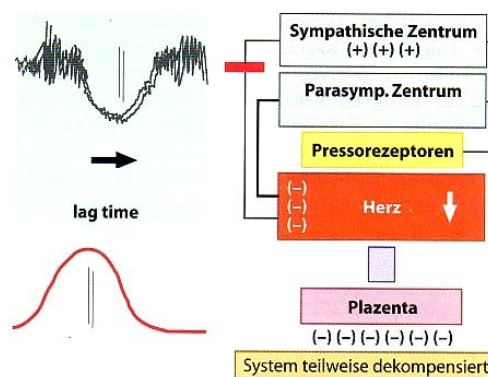
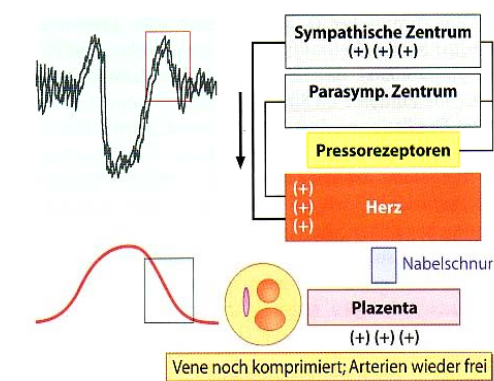
Analog zur Regelung bei Druckstörungen verläuft die O₂-Versorgungsstörung. Chemorezeptoren, die durch die O₂-Sättigung im Blut gesteuert werden, dienen hier als Messfühler. Kommt es zu einem Sauerstoffmangel, werden die Chemorezeptoren im Kreislaufzentrum getriggert und es resultiert eine Akzeleration der fetalen Herzfrequenz. Ist der Sauerstoffmangel im Gewebe jedoch bereits soweit fortgeschritten, dass der beschleunigte Antransport nicht mehr ausreicht, gibt es eine depressive Reaktion. Hier überwiegt nun der Parasympathikus. Es kommt zur Dezeleration der fetalen Herzfrequenz, welche ihren Tiefpunkt (lag time) mit Verspätung gegenüber der Wehenakme erreicht. Das Anfangsniveau der Baseline wird auch nach Wehenende nicht ganz erreicht. Dieses CTG-Muster wird Spätdeceleration, oder auch DIP II, genannt. Die durch Chemorezeptoren ausgelösten biochemischen Prozesse verlaufen langsam und somit zeigt sich die Dezeleration als zeitversetztes Spiegelbild der Wehe. Die Pufferfunktion des intervillösen Raumes wird durch die lag time repräsentiert und beträgt ungefähr 30 bis 60 Sekunden.

Zum Aktivitätsverlust beider Kreislaufzentren, also sowohl des Sympathikus als auch des Parasympathikus, führt ein chronischer Sauerstoffmangel. Hierbei schlägt das Herz ohne zentralmodulierende Einflüsse im Sinusrhythmus. Im CTG kommt es zum Oszillationsverlust und es wird silent. Dies entspricht dem komplett dekompensierten Stadium.

Kommt es, zum Beispiel aufgrund einer umbilikoplazentaren Perfusionsstörung, zur fetalen Asphyxie, resultiert hieraus eine Zentralisation, um wichtige Organe wie das Herz, das Gehirn und die Nebennieren vor O₂-Mangel zu schützen. Es zeigt sich ein saltatorisches CTG-Muster, welches die Umverteilungsarbeit widerspiegelt.

Abb.2.3 Initiale Akzeleration (1), Wehenakme (2), Wehenende (3), lag time (4), chronischer O₂-Mangel (5) (Schneider 2000)





2.5. Die Kardiotokographie

2.5.1. Einführung

Unter der Kardiotokographie (CTG) versteht man die gleichzeitige Registrierung der fetalen Herzfrequenz (Kardiotachographie) und der mütterlichen Wehentätigkeit (Tokographie).

Cremer veröffentlichte im Jahr 1906 erste experimentelle Untersuchungen über die Grundlagen der FHF-Aufzeichnung. Er berichtete über die direkt vom Ösophagus aus abgeleiteten Aktionsströme des Herzens und über das fetale Elektrokardiogramm. Hon (1958) und Hammacher (1967) entwickelten ein Gerät, welches sowohl die fetale Herzaktion als auch die Uteruskontraktion kontinuierlich registriert. Rasch verbreitete sich diese Neuentwicklung in der Geburtshilfe. Heutzutage hat sich das CTG zur subpartualen Überwachung des Feten als Routineverfahren etabliert. In Deutschland wird es an Geburtskliniken als Standard angesehen (Saling 1996, Dudenhausen et Pschyrembel 2001, Künzel 2002).

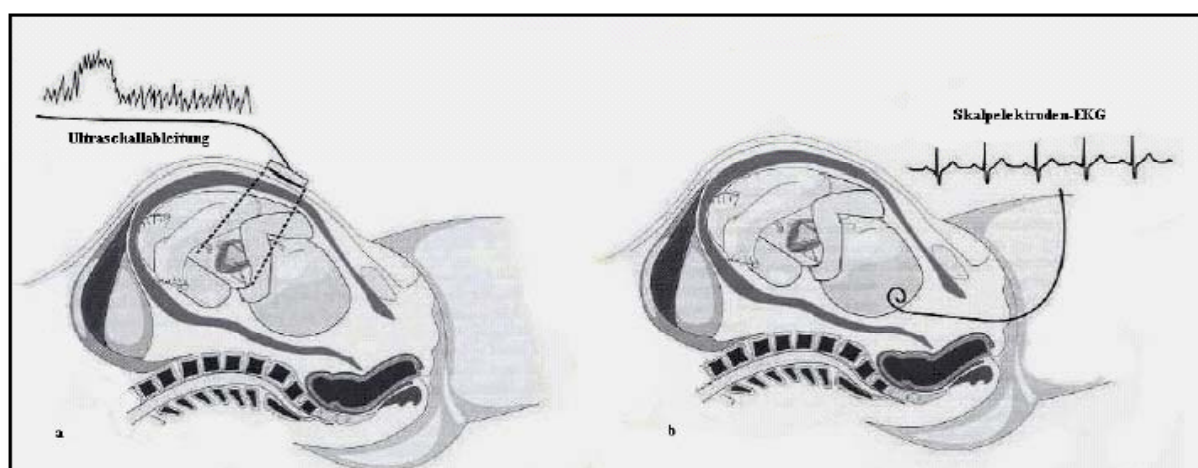
2.5.2. Durchführung der Kardiotokographie

Uterine Kontraktionen können entweder durch eine externe oder interne Ableitung bestimmt werden. Die externe Ableitung erfolgt durch das über dem graviden Uterus mit einem Gurt befestigte Tokometer. Die

interne, auch direkte Ableitung genannt, weist die Kontraktionen anhand von Druckschwankungen über einen Katheter nach, welcher bei gesprungener Fruchtblase in den Uterus eingeführt wird.

Die apparative Ableitung der fetalen Herztöne kann durch unterschiedliche Methoden anhand verschiedener Rohsignale erfolgen (Jensen et Martius 1998). Zu nennen sind hier die Phonokardiographie, die Elektrokardiographie - durch direkte oder indirekte Ableitung des fetalen EKGs - und die Ultrasonographie durch Ableitung der Herzbewegung mittels Doppler-Effekt. Durch Triggerung wird das Rohsignal im Kardiotokographen in elektrische Impulse umgewandelt. Die Frequenz wird durch die momentane Hochrechnung der Minutenfrequenz aus dem zeitlichen Abstand aufeinander folgender Rohsignale gemessen. Bei der externen Ableitung wird die Herzfrequenz des Feten mittels Doppler-Effekt über die maternale Bauchwand abgeleitet. Voraussetzung für die interne Ableitung ist, wie oben bereits erwähnt, eine gesprungene Fruchtblase. Der Muttermund sollte 1 bis 2 cm dilatiert sein (Künzel 2002). Die Herzfrequenz des Feten wird durch eine singuläre Schraubelektrode am Kopf abgeleitet.

Abb.2.4 Externes (a) und internes (b) Kardiogramm (Gnirs et al. 2000)



2.5.3. Komponenten des Kardiotokogramms

Zur Einschätzung des Gesundheitszustandes des Feten wird das Kardiotokogramm auf bestimmte Muster hin untersucht und daraufhin beurteilt, ob weiterer Handlungsbedarf besteht. Während die Registrierung der fetalen Herzfrequenz kaum Schwierigkeiten bereitet, verlangt die Interpretation des CTGs ein hohes Maß an Fachkunde. Dies drückt sich auch durch eine deutliche Intra- und Inter-Observer Variabilität von 20 - 60% aus (Schneider 2000).

Um diese Situation zu erleichtern, erstellte die Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (DGGG) im Jahre 2004 Richtlinien zur Anwendung des CTGs während der Schwangerschaft und Geburt. Diese berücksichtigen alle bisherigen Empfehlungen, wie die Richtlinien der Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique (FIGO), des Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (RCOG), des National Institute of Child Health and Human Development und des American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG).

Die Firma Trium richtet sich bei ihrer computergestützten CTG-Analyse ebenfalls nach diesen Richtlinien. Alle Komponenten, die von der Software „Trium CTG Online“ bewertet werden, sind in

folgenden Kapiteln mit der jeweiligen FIGO Definition und den Ergänzungen durch die DGGG und Trium beschrieben.

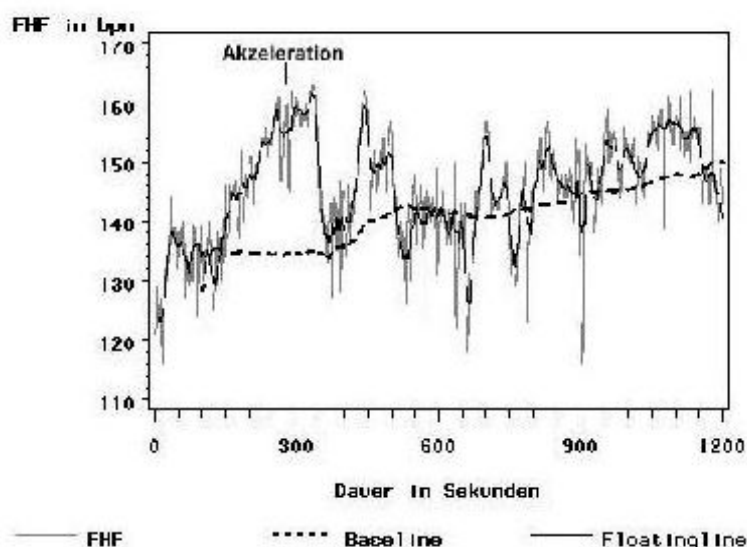
2.5.3.1 Baseline

In den FIGO-Richtlinien (FIGO 1987) wird die Baseline wie folgt definiert: „Baseline fetal heart rate is the mean level of the fetal heart rate when this is stable, accelerations and decelerations being absent. It is determined over a time period of 5 or 10 minutes and expressed in beats/minute (bpm).“

Diese Definition wird von der DGGG übernommen - mit der zusätzlichen Information, dass die mittlere FHF bei fetaler Unreife eher im oberen Streubereich liegt.

Jedoch birgt diese Beschreibung der Baseline Schwierigkeiten in sich. Wie später noch deutlich wird, handelt es sich bei Akzelerationen und Dezelerationen um Abweichungen von der Baseline. Das bedeutet, dass die Baseline nicht ohne Kenntnis der Akzelerationen und Dezelerationen bestimmt werden kann, und dass zur Identifikation dieser beiden die Baseline bekannt sein muss. Zur Lösung dieses Problems verwendet die Firma Trium den von Daumer (1998) entwickelten und patentierten „Delayed Moving Window“-Algorithmus (DMW-Algorithmus). Dieser Algorithmus erkennt Ausreißer in Biosignalen und ersetzt sowohl diese als auch eventuell fehlende Werte. Sein Vorteil gegenüber anderen Verfahren zur Ausreißer-Erkennung besteht darin, dass er in der Lage ist, Verlagerungen und Sprünge im Signal zu entdecken, ihnen zu folgen und somit diese Werte nicht als vermeintliche Ausreißer zu ersetzen. Schindler (2002) zufolge betrachtet Daumer Akzelerationen und Dezelerationen als Ausreißer eines fiktiven Signals, welches sich aus diesen beiden Komponenten und aus Oszillationen um die Baseline zusammensetzt. Als Folge davon kann mit Hilfe des DMW-Algorithmus das zugrunde liegende, fiktive Signal „rekonstruiert“ werden. Da das hier angewendete Verfahren zur Online-Bewertung von CTGs verwendet wird, erfolgt die Berechnung der aktuellen Baseline als arithmetisches Mittel über die rekonstruierten Werte eines 80 Sekunden breiten Fensters, das bereits 25 Sekunden zurückliegt. Berechnet wird eine variable Baseline, wohingegen FIGO eine über fünf bzw. zehn Minuten konstante Baseline definiert. Die variable Variante besitzt den Vorteil, dass das Ergebnis nicht von der Lage des gewählten Zeitintervalls abhängt.

Abb.2.5 CTG-Extrakt Baseline

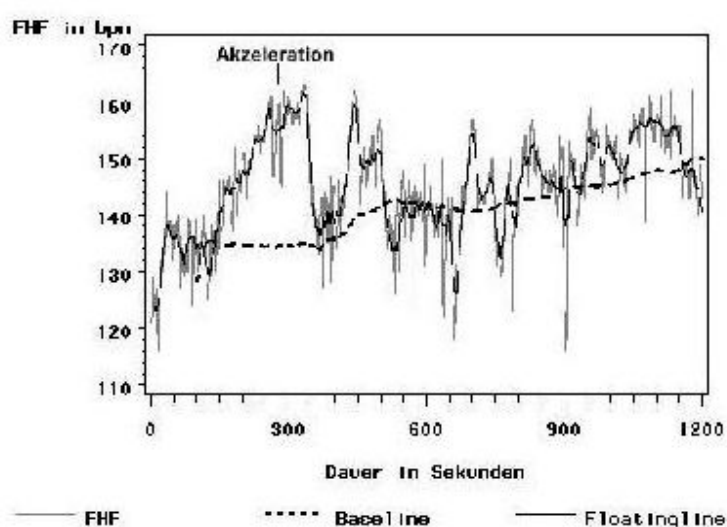


2.5.3.2 Akzeleration

Laut FIGO (FIGO 1987) liegt eine Akzeleration dann vor, wenn sich die Herzfrequenz vorübergehend (mindestens jedoch 15 Sekunden) um mindestens 15 bpm beschleunigt, und – zusätzlich laut DGGG – sich die Bandbreite um mehr als die Hälfte vergrößert. Da sich diese Definition nicht auf einzelne Herzschläge, sondern auf den übergeordneten Verlauf der Kurve bezieht, dieser aber bei der Kardiotokographie nicht erfasst wird, muss eine entsprechende Komponente für die computergestützte Analyse berechnet werden. Dies geschieht in Form der so genannten Floatingline. Zuerst befreit der bereits genannte DMW-Algorithmus das Originalsignal von Ausreißern und fehlenden Werten. Anschließend wird der momentane Wert der Floatingline als arithmetisches Mittel über die bereinigten Werte desjenigen Zeitfensters berechnet, das 7,5 Sekunden danach endete. Bei der jetzigen Anwendung des DMW-Algorithmus ist der Bereich, den ein Wert verlassen muss, um als Ausreißer identifiziert zu werden, wesentlich weiter als es für die Berechnung der Baseline der Fall ist. Somit werden auch kurzfristige Veränderungen der Herzfrequenz in der Floatingline erfasst. Der zeitliche Abstand der verwendeten Werte von maximal 7,5 Sekunden zum betreffenden Zeitpunkt wurde in Absprache mit medizinischen Beratern gewählt (Harner 2004). Nachdem nun eine Größe (Floatingline) vorhanden ist, die den übergeordneten Verlauf der Kurve beschreibt, wird eine Akzeleration für diejenigen Zeiträume festgestellt, in denen die Floatingline für mindestens 12,5 Sekunden mindestens 10 bpm über der Baseline liegt (Daumer 1998).

Da es sich bei der Floatingline um einen Mittelwert über das oben genannte Zeitfenster handelt, erreicht diese bei einem Anstieg der zugrunde liegenden Werte das entsprechende Niveau erst mit einiger Verzögerung und verlässt es auch wiederum zu einem früheren Zeitpunkt. Aus diesem Grund wurde die geforderte Mindestdauer um 2,5 Sekunden verkürzt. Bei der intrapartualen CTG-Bewertung wird die Akzeleration von „Trium CTG Online“ jedoch nicht mit einbezogen.

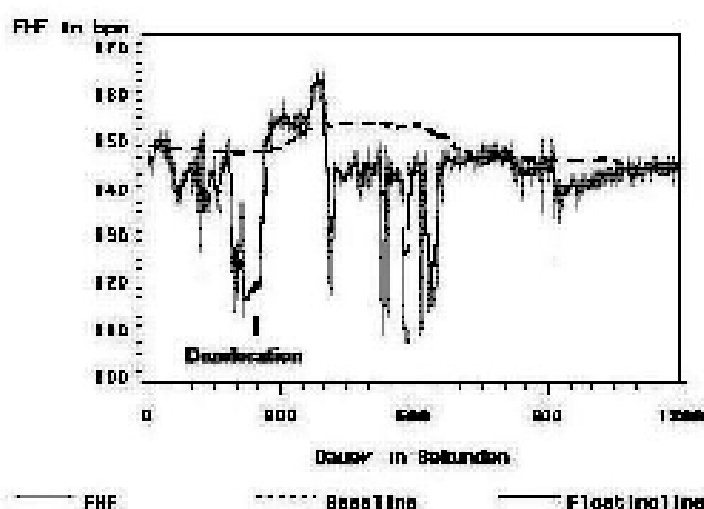
Abb.2.6 CTG-Extrakt Akzeleration



2.5.3.3 Dezeleration

Die FIGO Definition einer Dezeleration (FIGO 1987) ist der einer Akzeleration sehr ähnlich. Es wird nun eine Verlangsamung der Herzfrequenz um 15 bpm postuliert, die nur 10 Sekunden anhalten muss. Die DGGG verlangt jedoch, wie bei der Akzeleration, auch hier eine Dauer von mindestens 15 Sekunden. Und zusätzlich zu der Verlangsamung definiert sich die Dezeleration als eine Verkleinerung der Bandbreite um mehr als die Hälfte – hier ebenso mit einer Minstdauer von 15 Sekunden. Auch die computergestützte Identifikation von Dezelerationen erfolgt analog zu der im vorherigen Abschnitt vorgestellten Methode zur Erkennung von Akzelerationen. Ein Teilstück des CTGs wird als Dezeleration gekennzeichnet, wenn sich die Floatingline für mindestens 7,5 Sekunden mit mindestens 25 bpm unterhalb der Baseline befindet. Hierbei fällt auf, dass wiederum ein anderer Mindestabstand zwischen Baseline und Floatingline verwendet wird, und dass erneut die geforderte Minstdauer um 2,5 Sekunden reduziert wurde. Zusätzlich zur prinzipiellen Identifikation einer Dezeleration nimmt die computergestützte Analyse eine Einteilung der selbigen in drei Kategorien vor: Als „DIP 0“ werden Dezelerationen gekennzeichnet, die weniger als 27,5 Sekunden andauern. Liegt die Dauer einer Dezeleration über diesem Wert, jedoch unter 57,5 Sekunden, so wird sie als „mittlere Dezeleration“ bezeichnet. Alle Dezelerationen mit einer Dauer von mindestens 57,5 Sekunden werden unter dem Begriff „schwere Dezeleration“ zusammengefasst (Harner 2004).

Abb.2.7 CTG-Extrakt Dezeleration



2.5.3.4 Variabilität

Im Umgang mit der fetalen Herzfrequenz werden zwei Arten von Variabilität unterschieden: Die erste kommt dadurch zustande, dass die Intervalle zwischen zwei aufeinander folgenden Herzschlägen nicht gleich lang sind, sondern gewissen Schwankungen unterliegen. Da diese so genannte „Kurzzeitvariabilität“, oder besser „beat-to-beat-Variabilität“, mit bloßem Auge kaum zu beurteilen ist, wird sie nur bei computergestützten Verfahren zur CTG-Analyse eingesetzt. Folglich ist im Allgemeinen mit dem Begriff „Variabilität“ die „Langzeitvariabilität“ gemeint. Hierbei handelt es sich um Schwingungen

der Herzfrequenz um die basale Herzschlagrate. Ihre Beurteilung betreffend, findet sich in den FIGO-Richtlinien Folgendes: „Although the frequency may be important, it is difficult to assess correctly. Therefore variability is usually only quantified by description of the amplitude of the oscillations around the baseline heart rate.“

Die DGGG bezeichnet die Variabilität auch als Bandbreite und definiert sie folgendermaßen: „Bandbreite ist die Bpm-Differenz zwischen höchster und tiefster Fluktuation in der auffälligsten Minute innerhalb des 30-minütigen Registrierstreifens. Fluktuationen der fetalen Grundfrequenz treten 3-5mal pro Minute auf.“ Das bei Trium verwendete Verfahren trägt dem dadurch Rechnung, dass es die aktuelle Variabilität als Differenz zwischen dem größten und kleinsten Wert des Originalsignals der vergangenen Minute berechnet. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass nur solche Werte verwendet werden, die bei der Berechnung der Floatingline nicht als Ausreißer erkannt wurden. Da Akzelerationen und Dezelerationen nicht in die Berechnung mit einfließen sollen, und die Amplitude während einer Verlagerung des Signals überschätzt werden würde, geschieht die Berechnung nur für solche Intervalle, in denen der Abstand zwischen Floatingline und Baseline 4 bpm nicht überschreitet. Nach Schindler (2002) wurde dieser Wert von 4 bpm wiederum aufgrund vorausgegangener Tests festgelegt. Dadurch, dass die Baseline sehr viel langsamer auf Signalveränderungen reagiert als die Floatingline, trägt dieser Maximalabstand nicht nur dafür Sorge, dass keine Akzelerationen und Dezelerationen in den jeweiligen Intervallen vorkommen, sondern auch dafür, dass gerade keine Verschiebung des Signals stattfindet. Zusätzlich wird an die verwendeten Abschnitte die Bedingung gestellt, dass der DMW-Algorithmus zur Bereinigung von Ausreißern und Signalausfällen weniger als 20% ihrer Werte ersetzen muss. Andernfalls wäre die berechnete Variabilität nicht aussagekräftig. Erfüllt ein Intervall nicht die nötigen Voraussetzungen, so wird an entsprechender Stelle der letzte Wert der Variabilität fortgeschrieben.

2.5.3.5 Kurzzeitvariation nach Dawes und Redman

In den FIGO-Richtlinien (FIGO 1987) wird die Kurzzeitvariation (auf Englisch: short term variability/variation, STV) aufgrund ihrer schlechten Beurteilbarkeit mit bloßem Auge nicht zur CTG-Analyse herangezogen. Dennoch findet sich hier folgende Definition: „Under physiological conditions the fetal beat-to-beat intervals are constantly subject to small changes. This is called short term variability.“ In den DGGG-Richtlinien findet sich keine nähere Erläuterung zur Kurzzeitvariation. Dawes und Redman von der Universität Oxford entwickelten ein System zur Analyse von CTG-Aufnahmen, welches von der Firma Oxford Instruments (UK) Ltd kommerziell vertrieben wird und dessen aktuelle Version den Namen „Sonicaid System 8002“ trägt. Dieses computergestützte Verfahren enthält unter anderem eine Berechnungsmöglichkeit für die Kurzzeitvariation der fetalen Herzfrequenz, welche in den unterschiedlich langen Abständen zwischen zwei aufeinander folgenden Herzschlägen begründet liegt. Dieses Verfahren wurde von Trium nachprogrammiert und in der CTG-Analyse des Kollektivs angewandt.

2.5.4 Klassifikation von Kardiotokogrammen

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Richtlinien und Systeme zur Interpretation von CTGs. Dies ist nicht verwunderlich, da allein bei der Auswahl, welche Komponente mit welcher Gewichtung in den jeweiligen Score mit einfließen soll, viele unterschiedliche Meinungen vertreten werden. Während die Scores nach Fischer und Hammacher im klinischen Alltag an Bedeutung verlieren, spielt der 1987 von der Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique veröffentlichte Score (FIGO 1987) eine bedeutende Rolle. Auf geeigneten Erweiterungen dieser Richtlinien beruhen sowohl die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG 2004) zur CTG-Analyse, als auch das computerisierte Klassifizierungsverfahren „Trium CTG Online“.

2.5.4.1 FIGO-Richtlinien

Die FIGO-Richtlinien (FIGO 1987) sind ante- und subpartual gleichermaßen einsetzbar und bisher die einzigen, die auf breitem Konsens beruhen. Die Einteilung der einzelnen Komponenten Baseline, Akzelerationen, Dezelerationen und Variabilität erfolgt jeweils in die Klassen „normal“, „suspekt“ und „pathologisch“. Akzelerationen fließen in der Bewertung intrapartualer CTGs durch die Software „Trium CTG Online“ nicht mit ein.

Treffen auf eine Komponente die Kennzeichen mehrerer Klassen zu, so wird diese der jeweils schlechtesten Kategorie zugeordnet. Als Gesamtbewertung erhält das Kardiotokogramm die Beurteilung der schlechtesten Einzelkomponente.

Bei einem nach FIGO normalen CTG soll die Baseline zwischen 110 - 150 bpm liegen und die Variabilität zwischen 5 - 25 bpm rangieren. Suspekt sind eine Baseline zwischen 150 - 170 bpm bzw. zwischen 100 - 110 bpm, ein Fehlen von Akzelerationen für mehr als 40 Minuten und alle Arten von sporadischen Dezelerationen, solange diese nicht als schwer einzustufen sind. Darüber hinaus gilt es als suspekt, wenn die Variabilität für mehr als 40 Minuten zwischen 5 - 10 bpm bleibt oder wenn sie auf mehr als 25 bpm ansteigt. Schließlich spricht man von pathologisch, wenn die Baseline 100 bpm unterschreitet bzw. 170 bpm übersteigt oder die Variabilität für mehr als 40 Minuten unter 5 bpm verharrt. Dieselbe Einstufung ergibt sich, wenn beliebige Dezelerationen periodisch wiederkehren oder wenn schwere variable Dezelerationen, prolongierte Dezelerationen und späte Dezelerationen sporadisch vorkommen. Ebenso als pathologisch gilt ein sinusoidales Muster.

	Normal	Suspekt	Pathologisch
FHF-Baseline [bpm]	110-150	<110 >150	<100 >170
Oszillationsamplitude (Bandbreite) [bpm]	5-25	5-10 (>40 min) >25	<5 (>40min) Sinusoidales CTG
FHF-Dezelerationen	keine, sehr kurze sporadische milde (inklusive DIP 0)	Sporadische [jeder Typ, außer schwere]	alle periodischen, sporadischen: prolongierte, schwere variable, wiederholt schwere frühe, späte
FHF-Akzelerationen	≥2 pro 10min		keine (>40min)

Tab.2.2 FIGO-Richtlinien für die CTG-Bewertung

2.5.4.2 Erweiterungen der FIGO-Klassifikation – Empfehlungen der DGGG

Die von der DGGG aufgestellten Empfehlungen zur Bewertung der FHF-Parameter stützen sich sowohl auf die FIGO-Richtlinien, als auch auf Modifikationen, die vom Royal College of Obstetricians and Gynaecologists vorgenommen wurden. Die Einteilung erfolgt analog des FIGO Scores in die Klassen „normal“, „suspekt“ und „pathologisch“. Veränderungen der Richtlinien liegen zum einen in der Bandbreite für die suspekten und pathologischen CTG-Klassifizierung und zum anderen im Auftreten von Dezelerationen aller drei Gruppen. Dezelerationen kommen bei normalen CTGs nicht vor. Als suspekt ist das Muster beim Vorkommen früher, variabler und verlängerter Dezelerationen (bis zu drei Minuten) zu werten. Pathologisch ist das Vorkommen atypischer variabler Dezelerationen, später Dezelerationen, und einzelner verlängerter Dezelerationen. In nachfolgender Tabelle (Tab.2.3) ist die Bewertung der FHF-Parameter nach der DGGG nochmals zusammengefasst dargestellt. Die Veränderungen im Vergleich zur FIGO Leitlinie sind kursiv markiert.

Erneut wird darauf hingewiesen, dass Akzelerationen bei der intrapartalen CTG-Bewertung von „Trium CTG Online“ nicht berücksichtigt werden.

Parameter	Normal	Suspekt	Pathologisch
FHF-Baseline [bpm]	110-150	<110 >150	<100 >170
Oszillationsamplitude (Bandbreite) [bpm]	≥ 5	<5 (≥40 min) >25	<5 (≥90min) Sinusoidales CTG
FHF-Akzelerationen	vorhanden, sporadisch	vorhanden, periodisch (mit jeder Wehe)	fehlen >40min (Bedeutung noch unklar)
FHF-Dezelerationen	keine	frühe/variable, einzelne verlängerte bis 3 min	atypische variable, späte, einzelne verlängerte ≥ 3 min
FHF-Akzeleration: Amplitude ≥ 15bpm, Dauer ≥ 15s FHF-Dezeleration: Amplitude ≥ -15bpm, Dauer ≥ 15s Sinusoidale FHF: Amplitude ≥ 10bpm, ≥ 20min			

Tab.2.3 Bewertung der FHF-Parameter nach der DGGG (modifiziert nach FIGO und RCOG)

Die FHF-Klassifikation in Normal, Suspekt und Pathologisch, einschließlich des sich daraus ableitendem Handlungsbedarfs, wird von der DGGG folgendermaßen empfohlen (basierend auf den FIGO Leitlinien): Als normal und ohne Handlungsbedarf wird ein CTG bezeichnet, wenn alle vier Beurteilungskriterien im Normbereich liegen. Konservativer und invasiver Handlungsbedarf liegt vor, wenn mindestens ein Kriterium pathologisch bzw. zwei oder mehr suspekt ausfallen (DGGG 2004).

Normal	alle vier Beurteilungskriterien normal (kein Handlungsbedarf)
Suspekt	mindestens ein Beurteilungskriterium suspekt und alle anderen normal (Handlungsbedarf: konservativ)
Pathologisch	mindestens ein Beurteilungskriterium pathologisch bzw. 2 oder mehr suspekt (Handlungsbedarf: konservativ und invasiv)

Tab.2.4 Empfohlene FHF-Klassifikation einschließlich Handlungsbedarf der DGGG nach FIGO (DGGG 2004)

2.5.4.3 Erweiterungen der FIGO-Klassifikation nach Daumer und Golias

Bei eingehender Betrachtung der FIGO-Richtlinien zur Bewertung von CTGs fällt auf, dass diese nicht ganz vollständig sind. Es gibt Situationen, für die keine Festlegung getroffen wurde. Betrachtet man beispielsweise die Variabilität, so finden sich hier folgende Aussagen:

1. Normal ist eine Amplitude zwischen 5 - 25 bpm. 2. Bewegt sich die Variabilität für mehr als 40 Minuten im Bereich zwischen 5 - 10 bpm oder übersteigt sie einen Wert von 25 bpm, so ist sie als suspekt einzustufen. 3. Als pathologisch gilt es, wenn die Variabilität für mehr als 40 Minuten unter einer Grenze von 5 bpm verharrt.

Es stellt sich hier die Frage, welche Einstufung vorzunehmen ist, falls sich die Variabilität bis zu 40 Minuten unter dem Grenzwert von 5 bpm befindet. Um dennoch eine computergestützte Bewertung von CTGs auf Basis der FIGO-Kriterien durchführen zu können, erweiterten Daumer und Golias diese in geeigneter Weise (Golias 2000, Schindler 2002, Tab.2.5).

	Normal	Suspekt	Pathologisch
Baseline			
[110,150]	X		
[100,110)		X	
(150,170]		X	
[0,100)			X
(170,+∞)			X
Variabilität			
[0,25]	X		
(25,+∞)		X	
$Var_{30} I,I$			X
$Var_{30} I,II$		X	
$Var_{30} I,III$	X		
$Var_{30} II,II$		X	
$Var_{30} II,III$	X		
$Var_{30} III,III$	X		X
Akzeleration			
$Ak_{30} \geq 4$	X		
$Ak_{30} \in 1,2,3$		X	
$Ak_{30} = 0$			X
Dezeleration			
$Dez_{30} = 0$	X		
ausschließlich DIP 0	X		
mittlere Dezelerationen		X	
schwere Dezelerationen			X

Tab.2.5 Erweiterung der FIGO-Kriterien nach Daumer und Golias (Harner 2004)

Abkürzungen: Var_{30} : Oszillationsamplitudenkurve in den letzten 30 Minuten

$Var_{30} I,II$: $\min(Var_{30}) \in I \wedge \max(Var_{30}) \in II$

$I = [0,5)$

$II = [5,10)$

$III = [10, +\infty)$

Ak_{30} : Anzahl der Akzelerationen in den letzten 30 Minuten

Dez_{30} : Anzahl der Dezelerationen in den letzten 30 Minuten

Die Optimierung der Software „Trium CTG Online“ zur automatisierten CTG-Analyse unterstützt sowohl CTG-Anfänger als auch Experten in ihrer Interpretation. Des Weiteren wird eine verbesserte Reproduzierbarkeit bei kontinuierlichem Informationsfluss ermöglicht. Visuell wird auf dem Display über „Ampel-Smileys“ in den Farben grün, gelb und rot die automatisierte Einstufung des CTGs in die Klassen „normal“, „suspekt“ und „pathologisch“ - analog der optimierten FIGO-Richtlinien - präsentiert. Eine potentielle Gefährdung des Feten wird durch ein Alarmsystem signalisiert.

2.6 Die Fetalblutanalyse – Ergänzung zur Kardiotokographie

Die als Fetalblutanalyse oder Mikrolutuntersuchung bekannte invasive Überwachungsmethode für den Feten sub partu wurde am 21. Juni 1960 von Erich Saling an der Frauenklinik Berlin-Neukölln eingeführt. Die Analyse eines aus dem vorangehenden Kindsteil entnommenen Bluttröpfens bietet die Möglichkeit, Informationen über den Säure-Basen-Haushalt des Feten zu gewinnen. Somit kann das Vorhandensein einer fetalen Hypoxie erkannt werden. Dieser Sachverhalt wurde durch die Feststellung einer guten Übereinstimmung mit den Blutproben aus den Nabelschnurgefäßen von Boenisch et Saling (1976) nachgewiesen. Aufgrund ständiger Schwankungen der Blutgase O_2 und CO_2 ist es besser, sich an den gemessenen fetalen pH-Werten zu orientieren. Von Medikamenteneinwirkungen ist diese Methode weitgehend unabhängig.

Die Hauptindikation für eine FBA sind potentiell abnorme CTG-Veränderungen (RCOG 2001, DGGG 2004). Da die FBA jedoch nicht kontinuierliche, wie die Kardiotokographie, sondern nur stichprobenartige Ergebnisse liefert, ist es in vielen Fällen notwendig, die Untersuchung in individuell sinnvollen Abständen zu wiederholen, um den Trend der pH-Entwicklung zu erkennen. Unter der Geburt kann eine Aziditätssteigerung des Feten physiologisch sein, daher gibt Saling Grenzwerte für die Notwendigkeit eines klinischen Vorgehens an.

In dieser Arbeit wird die fetale Azidose als Abfall des pH-Werts $\leq 7,20$ definiert. Ähnlich der Definition Salings, der jedoch den Wert 7,20 selbst noch als präazidotisch beurteilte.

Werte zwischen 7,21 und 7,24 werden hier als präazidotisch und Werte $\geq 7,25$ als normazid eingestuft. Diese Einteilung basiert auf den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG 2004).

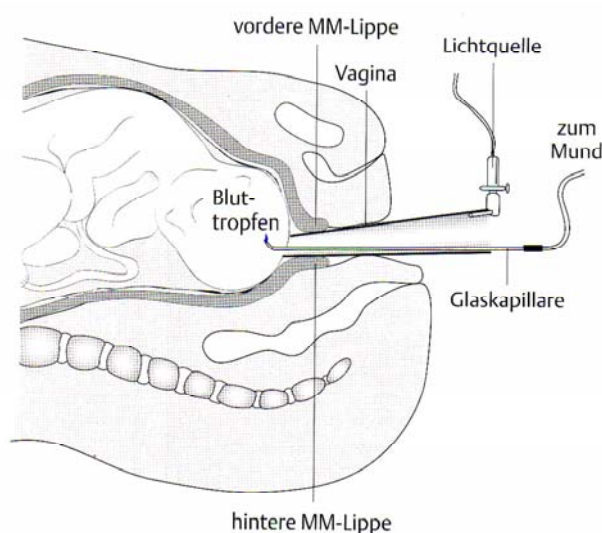
2.6.1 Durchführung der Fetalblutanalyse

Nach Lagerung der Schwangeren in Steinschnittlage wird bei bereits geöffneter Fruchtblase der vorangehende Teil des Kindes durch Spacula oder mittels Endoskop eingestellt. Im Falle einer stehenden Fruchtblase muss eine Amniotomie erfolgen.

Die kindliche Kopfhaut wird nach Reinigung und Desinfektion mit sterilem Paraffinöl bestrichen, welches durch die Veränderung der Oberflächenspannung die Tropfenbildung des austretenden Blutes fördert (Gnirs et al 2000). Zur Inzision der Kopfhaut wird eine Lanzette benutzt und es soll etwa 2 mm weit

eingestochen werden. Für die anaerobe Blutentnahme ist es besser, eine Stelle tief zu inzidieren, als die Haut mehrmalig oberflächlich zu sakrifizieren (Künzel 2002). Mit einer heparinisierten Glaskapillare wird der Blutstropfen blasenfrei aufgezogen und anschließend in einem Blutgasanalysegerät untersucht.

Abb.2.8 Fetalblutanalyse (Goeschen et Koepke 2003)



2.6.2 Kontraindikation

Kontraindikation ist eine bestehende mütterliche Infektion mit dem Hepatitis B- oder C-Virus, HIV oder dem Herpes simplex Virus. Ebenso bei fetalen Gerinnungsstörungen, wie zum Beispiel der Hämophilie, bei geschlossener Zervix bzw. ungenügend eröffnetem Muttermund (< 3cm), bei Gesichtshaltung des Feten oder bei einem nicht führenden Mehrling ist die FBA kontraindiziert. So auch bei einem Gestationsalter von weniger als 34 Wochen (RCOG 2001, DGGG 2004).

Am Ende der Pressperiode oder bei Notfällen, wie zum Beispiel einer vorzeitigen Plazentalösung, einer Uterusruptur oder einer therapieresistenten Bradykardie, soll die Entbindung nicht durch eine FBA verzögert werden (RCOG 2001, DGGG 2004).

2.7 Statistische Verfahren

Die in dieser Arbeit erhobenen Daten werden mit unterschiedlichen statistischen Verfahren aufbereitet und ausgewertet. Deskriptive Darstellungen erfolgen durch die Angabe von absoluten und relativen Häufigkeiten bei kategorialen Merkmalen sowie durch Angabe von Mittelwerten, Medianen und Standardabweichungen für quantitative Merkmale. Werden statistische Testverfahren eingesetzt, so wird ein Signifikanzniveau von 5% angenommen. Die im Weiteren einzeln erläuterten Verfahren wurden mit der Statistik Software SAS Version 9.1.3. berechnet.

2.7.1 Trendanalyse

Mit Hilfe des Jonckheere-Terpstra-Tests wird geprüft, ob zwischen einer ordinalen Gruppierungsvariablen (z.B. FIGO Score) und einer quantitativen Zielvariablen (z.B. FBA-pH) ein Trend besteht.

2.7.2 Sensitivität und Spezifität

In der Statistik bezeichnet die Sensitivität (auch Richtig-Positiv-Rate, Empfindlichkeit oder Trefferquote; englisch sensitivity oder true positive rate) eines statistischen Tests die Wahrscheinlichkeit, einen tatsächlich positiven Sachverhalt auch durch ein positives Testergebnis zu erkennen. Sie gibt folglich den Anteil der richtig als positiv (richtig positiv) erkannten Sachverhalte an der Gesamtheit der in Wirklichkeit positiven Sachverhalte an. Die Sensitivität entspricht der bedingten Wahrscheinlichkeit.

$$P(\text{positiv erkannt} / \text{tatsächlich positiv}) = \frac{\text{Anzahl der richtig positiven}}{\text{Anzahl der richtig positiven} + \text{Anzahl der falsch negativen}}$$

In der Statistik bezeichnet die Spezifität (auch Richtig-Negativ-Rate oder kennzeichnende Eigenschaft; englisch: specificity oder true negative rate) eines statistischen Tests die Wahrscheinlichkeit, einen tatsächlich negativen Sachverhalt auch durch ein negatives Testergebnis zu erkennen. Sie gibt folglich den Anteil der richtig als negativ (richtig negativ) erkannten Sachverhalte an der Gesamtheit der in Wirklichkeit negativen Sachverhalte an. Die Spezifität entspricht der bedingten Wahrscheinlichkeit.

$$P(\text{negativ erkannt} / \text{tatsächlich negativ}) = \frac{\text{Anzahl der richtig negativen}}{\text{Anzahl der richtig negativen} + \text{Anzahl der falsch positiven}}$$

Mit der Falsch-Positiv-Rate addiert sich die Richtig-Negativ-Rate zu 100% der tatsächlich negativen Ergebnisse des Tests.

2.7.3 Positiv und negativ prädiktiver Wert

In der Statistik bezeichnet der positive prädiktive Wert (auch Relevanz oder Wirksamkeit; englisch: precision oder positive predictive value, Abkürzung PPV) eines statistischen Tests die Wahrscheinlichkeit, dass ein positives Ergebnis auch tatsächlich positiv ist. Sie gibt also den Anteil der richtig als positiv (richtig positiv) erkannten Ergebnisse an der Gesamtheit der als positiv erkannten Ergebnisse an. Die Relevanz entspricht der bedingten Wahrscheinlichkeit

$$P(\text{tatsächlich positiv} / \text{positiv erkannt}) = \frac{\text{Anzahl der richtig positiven}}{\text{Anzahl der richtig positiven} + \text{Anzahl der falsch positiven}}$$

In der Statistik bezeichnet der negative prädiktive Wert (auch Segreganz oder Trennfähigkeit; englisch: negative predictive value; Abkürzung NPV) eines statistischen Tests die Wahrscheinlichkeit, dass ein negatives Ergebnis auch tatsächlich negativ ist. Sie gibt also den Anteil der richtig als negativ (richtig negativ) erkannten Ergebnisse an der Gesamtheit der als negativ erkannten Ergebnisse an.

Die Segreganz entspricht der bedingten Wahrscheinlichkeit.

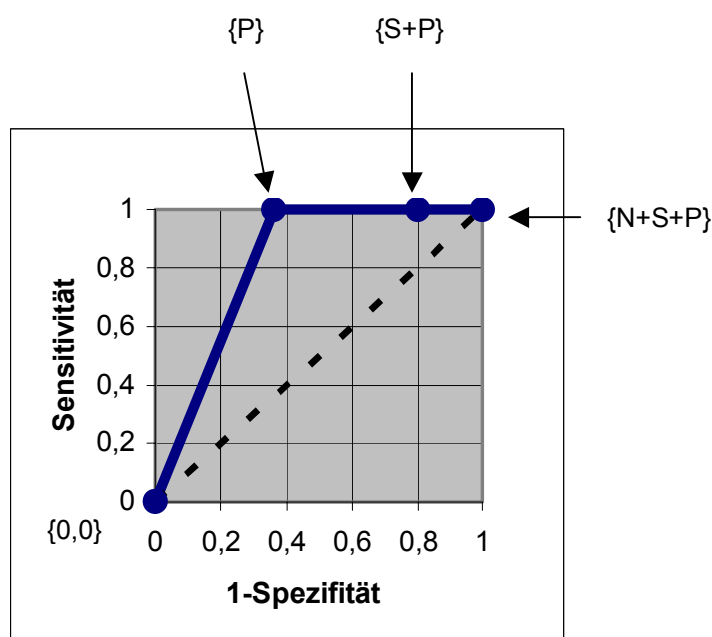
$$P(\text{tatsächlich negativ} / \text{negativ erkannt}) = \frac{\text{Anzahl der richtig negativen}}{\text{Anzahl der richtig negativen} + \text{Anzahl der falsch negativen}}$$

2.7.4 ROC-Kurven (=Receiver operating characteristic)

Die waagrechte Achse gibt den Anteil der falschen Alarme wider, die senkrechte Achse die Trefferquote. Die eingezeichnete Kurve zeigt für jeden möglichen Cut-off-Wert an, wie hoch die Rate der falschen Alarme und wie hoch die Trefferrate ist. Der Verlauf der Kurve entspricht dabei der Genauigkeit der Vorhersage: Ist die Vorhersage nicht besser als der Zufall, dann ist die ROC-Kurve identisch mit der Diagonalen und bei jedem Cut-off-Wert ist die Falschalarmquote identisch mit der Trefferrate.

Als Maß für die Güte eines Tests wird die Fläche unter der ROC-Kurve (AUC: Area under the curve) verwendet. Diese Fläche kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei ein höherer Wert eine bessere Güte anzeigt. Ein Wert von 0,5 kennzeichnet ein rein zufälliges Ergebnis - ein solcher Test ist unbrauchbar. Ein idealer Test hätte eine AUC von 1. Je größer die AUC, umso größer ist der Unterschied zwischen den „echt Positiven“ und den „falsch Positiven“ an jedem Punkt, und umso besser ist der Test.

Abb.2.9 Beispiel ROC-Kurve



2.7.5 Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman-Pearson

Für Variablen, die stark von der Normalverteilung abweichen, und für ordinalskalierte Variablen eignet sich der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman-Pearson. Hier werden die einzelnen Beobachtungen von x bzw. y der Größe nach geordnet. Jedem Wert wird seine Rangzahl zugewiesen. Es entstehen so n Paare mit Rangzahlen $rg(x_i)$ und $rg(y_i)$. Aus diesen Rängen wird der Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson errechnet.

2.7.6 Exakter Test von Fisher

Der Exakte Fisher-Test ist ein Signifikanztest auf Unabhängigkeit in der Kontingenztafel, welcher auch bei einer geringen Anzahl von Beobachtungen zuverlässige Resultate liefert.

3. Ergebnisse

3.1 Klinikum Rechts der Isar im Vergleich zur bayerischen Gesamtstatistik der BAQ

Die Bayerische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätssicherung in der stationären Versorgung (BAQ) erstellt jährlich eine Detailstatistik aller Entbindungen im Bundesland Bayern. Auszüge daraus werden hier für die subpartuale Fetalblutanalyse, jährliche Sectio-Rate und die Geburt begleitende CTG-Kontrolle der Jahre 2000 bis 2003 aufgezeigt. Die Tabellen der BAQ Statistik bestehen sowohl aus Einzelaufstellungen der einzelnen Klinikarten, als auch aus einer zusammenfassenden Gesamtzahl aller Kliniken für das jeweilige Ereignis. Die Werte sind prozentual in Bezug auf die Anzahl geborener Kinder bzw. Anzahl Schwangere pro Jahr angegeben. Die Einteilung der Kliniken beruht auf der durchschnittlichen Anzahl von Geburten pro Jahr. Als Vergleich mit der bayrischen Gesamtauswertung sind die Zahlen der Frauenklinik Rechts der Isar in die Tabellen mit eingefügt (Tab.3.1-3).

3.1.1 Fetalblutanalyse

Anzahl Fetalblutanalysen (%; Bezug: Anzahl Kinder pro Jahr, Einteilung der Kliniken in Anzahl Geburten pro Jahr)

Jahr	Frauenklinik Rechts der Isar	gesamt	Belegkliniken		Chefarztkliniken			Uni-Kliniken
			< 500	≥500	<500	500-999	≥1000	
2000	14	4,1	2,4	1,3	1,3	4,3	5,8	6,2
2001	6,8	4,6	2,1	2,2	2,3	5,4	6,3	5,2
2002	11,1	4,7	3,5	2	1,9	5,4	6,1	5,1
2003	16	4,2	1,3	1,1	3,4	4,7	6,1	5,7

Tab.3.1 FBA - Frauenklinik Rechts der Isar im Vergleich zur Detailstatistik der BAQ

3.1.2 Subpartuale CTG-Kontrolle

Anzahl CTG-Kontrolle (%; Bezug: Anzahl Kinder pro Jahr, Einteilung der Kliniken in Anzahl Geburten pro Jahr)
Keine Differenzierung zwischen interner und externer CTG-Ableitung.

Jahr	Frauenklinik Rechts der Isar	gesamt	Belegkliniken		Chefarztkliniken			Uni-Kliniken
			< 500	≥500	<500	500-999	≥1000	
2000	97,1	87,3	91	97	90,4	79,6	88	71,1
2001	96,6	95,5	96,7	96,9	92,9	92,4	97	92,5
2002	98,2	95,3	96,6	95,5	97,1	92,5	96,2	92,8
2003	95	92,3	86,5	92,2	89,7	92,9	94,5	95,4

Tab.3.2 CTG-Kontrolle - Frauenklinik Rechts der Isar im Vergleich zur Detailstatistik der BAQ

3.1.3 Sectio caesarea

Anzahl Sectio (%; Bezug: Schwangere pro Jahr, Einteilung der Kliniken in Anzahl Geburten pro Jahr)

Jahr	Frauenklinik Rechts der Isar	gesamt	Belegkliniken		Chefarztkliniken			Uni-Kliniken
			< 500	≥500	<500	500-999	≥1000	
2000	17	21,6	23,7	23,1	18	19,1	21,4	24,9
2001	21	23,3	24,8	25,6	18,9	21,1	22,9	27,8
2002	22	25,8	28,2	27,6	22,8	23,2	25,3	29,6
2003	19	27,5	29,8	29,6	22,3	24,7	27,6	30,4

Tab.3.3 Sectio caesarea - Frauenklinik Rechts der Isar im Vergleich zur Detailstatistik der BAQ

3.2 Repräsentativität des Patientinnen-Kollektivs

Um die Repräsentativität des Kollektivs sicherzustellen, werden alle Patientinnen des Ursprungskollektivs (abzüglich der Patientinnen mit Totgeburten und Mehrlingsschwangerschaften) in drei verschiedene Gruppen eingeteilt und ihre Charakteristika untereinander verglichen (Tab.3.4).

Die Analysegruppe besteht aus dem erstellten Patientinnen-Kollektiv (Kap.2.1).

Gruppe 1 besteht aus 95 Patientinnen, bei denen eine Fetalblutanalyse und CTG-Kontrolle zwar durchgeführt wurden, die jedoch aufgrund den in Kapitel 2.1. beschriebenen Gründen (Akte im Archiv nicht vorhanden, kein „online“-CTG im elektronischen Archiv vorhanden, Gerinnung des Blutes bei Durchführung der FBA, fehlende Dokumentation in der Akte, kein Original-CTG in der Akte, fehlende FBA-pH-Werte in der Akte, Geburt nicht dokumentiert) aus der Analysegruppe herausfallen.

Die 2791 Patientinnen, welche keine FBA im Geburtsverlauf aufweisen, sind in Gruppe 2 zusammengefasst.

		Merkmal	Analysegruppe (n=263)	Gruppe 1 (n=95)	Gruppe 2 (n=2791)
Mutter	Alter der Mutter	< 20 J.	8 (3,04%)	3 (3,16%)	49 (1,76%)
		20-29 J.	100 (38,02%)	27 (28,42%)	882 (31,60%)
		30-39 J.	147 (55,89%)	61 (64,21%)	1708 (61,20%)
		≥ 40 J.	8 (3,04%)	4 (4,12%)	152 (5,45%)
		MW ± STD	30,4 ± 5,49	31,16 ± 5,29	31,33 ± 5,39
Entbindung	Gestationsalter	MW ± STD	ET-1 ± 11,21	ET+1,20 ± 9,19	ET-7,97 ± 20,12
	Spontangeburt		127 (48,29%)	42 (44,12%)	1691 (60,59%)
	Forzepsextraktion		6 (2,28%)	8 (8,43%)	54 (1,93%)
	Vakuumentextraktion		42 (15,97%)	12 (12,36%)	107 (3,83%)
	Sekundäre Sektio		83 (31,56%)	30 (31,58%)	519 (18,60%)
	Notsektio		5 (1,90%)	2 (2,11%)	25 (0,90%)
	Tokolyse		134 (50,95%)	53 (55,79%)	514 (18,42%)
Fetales Outcome	Männlich		137 (52,09%)	43 (45,26%)	1445 (51,77%)
	Weiblich		126 (47,91%)	52 (54,74%)	1346 (48,23%)
	Gewicht (g)	MW ± STD	3374 ± 476,3	3332 ± 449,1	3245 ± 677,0
	APGAR 5'	< 7	6 (2,29%)	1 (1,08%)	70 (2,55%)
		MW ± STD	8,9 ± 1,12	9,0 ± 0,87	9,1 ± 1,10
	Nabelschnur pH	< 7,25	84 (31,94%)	30 (31,58%)	525 (19,04%)
	MW ± STD	7,27 ± 0,07	7,27 ± 0,06	7,30 ± 0,16	

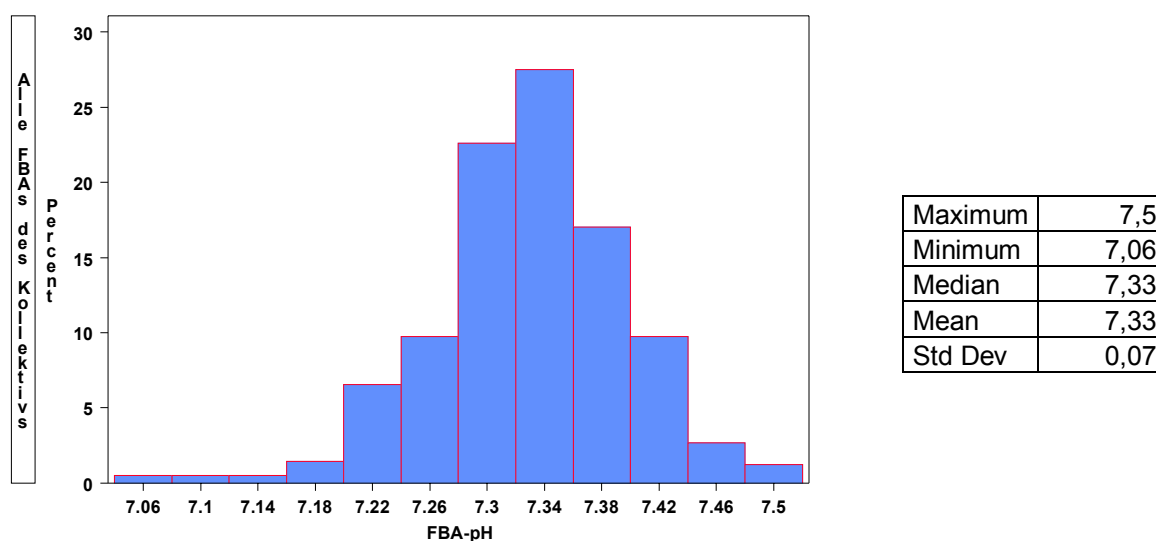
Tab.3.4 Charakteristika verschiedener Gruppen des Ursprungskollektivs

3.3 FBA-pH Verteilung im Kollektiv

Abbildung 3.1 zeigt das Frequenz-Histogramm aller 416 FBA-pH-Werte des Kollektivs.

Der niedrigste Wert liegt bei einem pH von 7,06, der Höchstwert bei 7,50. Das arithmetische Mittel aller Werte liegt bei 7,33 mit einer Standardabweichung von 0,07. Der Median (50% Quantil) liegt ebenfalls bei einem pH-Wert von 7,33.

Abb.3.1 Histogramm der FBA-pH-Werte



3.4 Validität des computergestützten FHF-Monitoring in Bezug zum FBA-pH

Das Programm „Trium CTG Online“ basiert, wie bereits in Kapitel 2.5.4 beschrieben, auf den FIGO-Kriterien. Obwohl sie durch Änderungen und Zusätze, sowohl der DGGG als auch der Firma Trium, für die computergestützte CTG-Analyse leicht abgewandelt wurden, wird in dieser Arbeit zur Vereinfachung stets nur von „FIGO“ gesprochen und nicht jedes Mal auf die veränderten Charakteristika hingewiesen.

3.4.1 FIGO Score - Verteilung der FBA-pH-Werte

Tabelle 3.5 zeigt die Verteilung der FBA-pH-Werte aller 411 Ereignisse des Kollektivs auf den FIGO-Score Normal, Suspekt und Pathologisch, entsprechend der Klassifizierung des jeweiligen CTG-Extrakts. Am häufigsten wurden suspekte Befunde (n=164) gefunden, gefolgt von 155 pathologischen und 92 normalen.

Analog der DGGG Richtlinien sind die pH-Werte in die Klassen $\leq 7,20$, $7,21 - 7,24$ und $\geq 7,25$ eingeteilt. Die 5 fehlenden Werte (unterste Zeile) entsprechen den Ereignissen, die sich der Analyse aufgrund von zu kurzem CTG-Extrakt rund um den Zeitpunkt der FBA entziehen (Abb.2.2). Da die jeweiligen Patientinnen mehrere FBAs im Geburtsverlauf aufweisen, fallen sie nicht komplett aus dem Analysekollektiv heraus.

Akzelerationen werden intrapartal nicht in den Score mit einbezogen. FIGO (oA) bedeutet daher FIGO „ohne Akzeleration“.

Die oberste Zeile der weißen Kästchen entspricht der Anzahl Ereignisse, die mittlere Zeile dem prozentualen Anteil aller Ereignisse der jeweiligen pH-Klasse und die unterste Zeile dem prozentualen Anteil aller Ereignisse des jeweiligen FIGO Scores (N, S, P).

Man erkennt eine Zunahme des prozentualen Anteils niedriger FBA-pH-Werte ($\leq 7,20$) von FIGO Normal (7,69%) über Suspekt (15,38%) bis Pathologisch (76,92%). Ebenso steigt der prozentuale Anteil präpathologischer FBA-pH-Werte ($7,21 - 7,24$) von FIGO Normal (3,45%) bis FIGO Pathologisch

(62,07%) an. Bei FBA-pH-Werten $\geq 7,25$ liegt der kleinste Anteil bei FIGO Normal, der größte bei FIGO Suspekt (N: 24,39%, S: 41,19% und P: 34,42%).

In der Spalte FIGO Normal teilen sich die FBA-pH-Werte folgendermaßen auf: Nur 1,09% der insgesamt 92 pH-Werte sind $\leq 7,20$. 1,09% der pH-Werte liegen zwischen 7,21 und 7,24. Die Mehrheit von 97,83% liegt erwartungsgemäß bei einem pH-Wert $\geq 7,25$. In der Spalte FIGO Suspekt teilen sich die insgesamt 164 FBA-Ereignisse ähnlich auf: 1,22% der pH-Werte sind azidotisch, 6,10% präpathologisch und 92,68% normazid. In der Spalte FIGO Pathologisch sind bereits 6,45% der insgesamt 155 FBA-pH-Werte $\leq 7,20$, 11,61% liegen zwischen 7,21 – 7,24 und immer noch eine große Anzahl von 81,94% der Werte liegen bei $\geq 7,25$.

FBA-pH	FIGO (oA)			Total
	Normal	Suspekt	Pathologisch	
$\leq 7,20$	1	2	10	13
	7,69%	15,38%	76,92%	
	1,09%	1,22%	6,45%	
7,21 - 7,24	1	10	18	29
	3,45%	34,48%	62,07%	
	1,09%	6,10%	11,61%	
$\geq 7,25$	90	152	127	369
	24,39%	41,19%	34,42%	
	97,83%	92,68%	81,94%	
Total	92	164	155	411

Tab.3.5 Gesamtkollektiv: Verteilung der FBA-pH-Werte auf den FIGO Score N, S, P

Die Verteilung der einzelnen FBA-pH-Werte (n=411) innerhalb der FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch ist in Abbildung 3.2 optisch verdeutlicht. Erneut erkennt man das Absinken des prozentualen Anteils normazider FBA-pH-Werte von FIGO Normal bis Pathologisch bzw. das Ansteigen azidotischer pH-Werte in Richtung Pathologisch.

Eine andere Darstellung der Verteilung des FBA-pH innerhalb der FIGO Klassen ist als Boxplot in Abbildung 3.3 zu finden. MW, Median und 25%-Quantil sinken ebenso von FIGO Normal bis Pathologisch ab. Werte hierfür sind in der Spalte „Gesamt-Score“ in Tabelle 3.8 zu finden.

Abb.3.2 Verteilung der FBA-pH-Werte innerhalb des FIGO Scores (N, S, P)

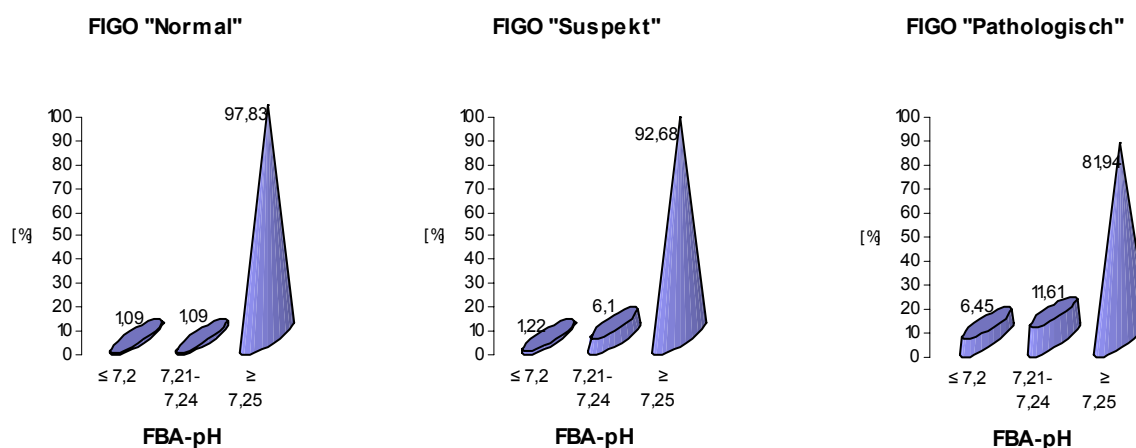
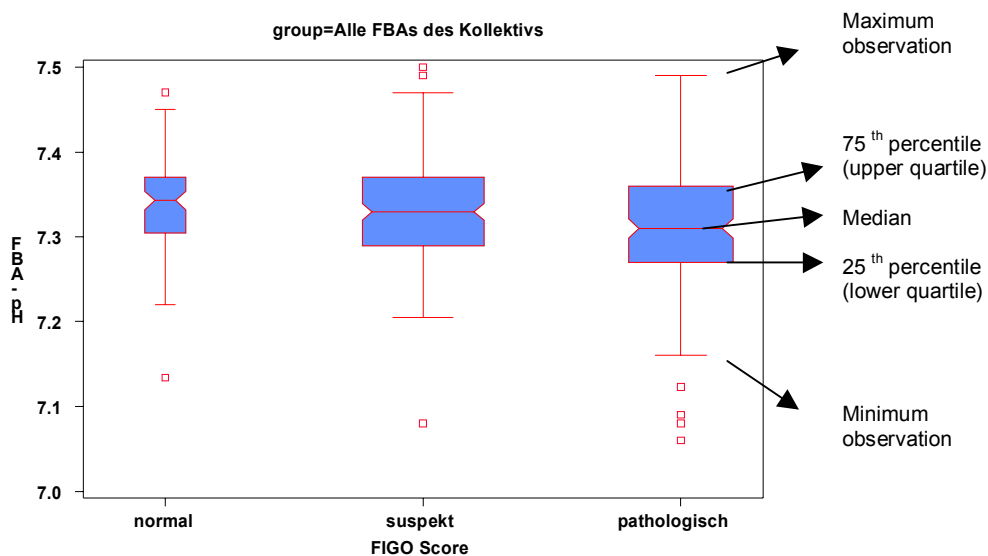


Abb.3.3 Boxplot FBA-pH Verteilung, FIGO Gesamt-Score



3.4.1.1 Extremfälle

Die meisten FBA-pH-Werte der Spalte FIGO Pathologisch liegen im normaziden Bereich ($\geq 7,25$). Für 127 Werte ist dies der Fall und somit ergibt sich eine Rate falsch-positiver CTGs von 31%.

Bei näherer Betrachtung der entsprechenden CTG-Extrakte fällt auf dass vorhandene Dezelerationen überwiegend wehensynchron auftreten ($n=110$) oder die maternale Herzfrequenz als fetales Signal gewertet wird ($n=18$). Beide Ursachen werden von „Trium CTG Online“ bisher noch nicht erkannt bzw. berücksichtigt (Abb.3.4 und 3.5).

Im anderen Extremfall kommt es bei dem Befund FIGO Normal zu (prä-)azidotischen FBA-pH-Werten ($< 7,25$). Dies ist für 2 Werte der Fall. Es ergibt sich eine Rate falsch-negativer CTGs von 0,5%.

In beiden CTG-Extrakten sind kleine, wehensynchrone Dezelerationen vorhanden, die von „Trium CTG Online“ als nicht-pathologisch eingestuft werden.

Abb.3.4 CTG-Extrakt: Wehensynchrone Dezelerationen

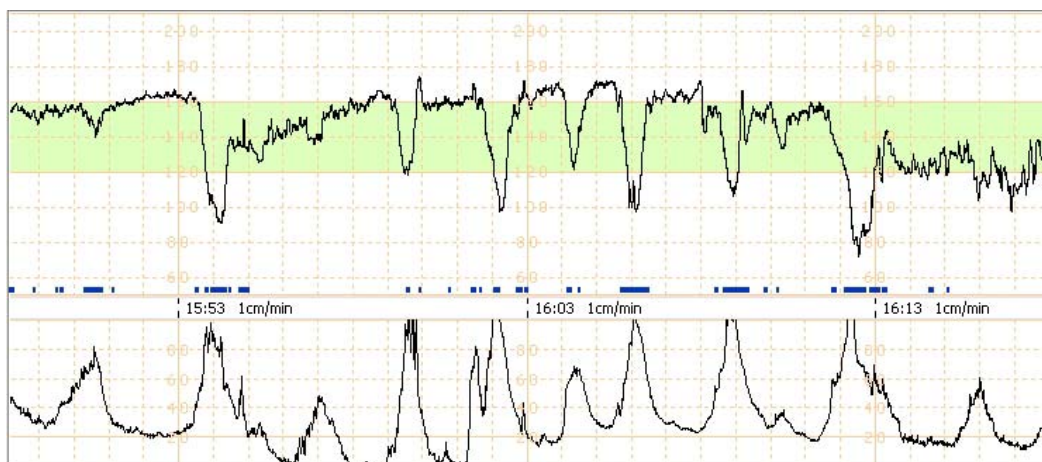
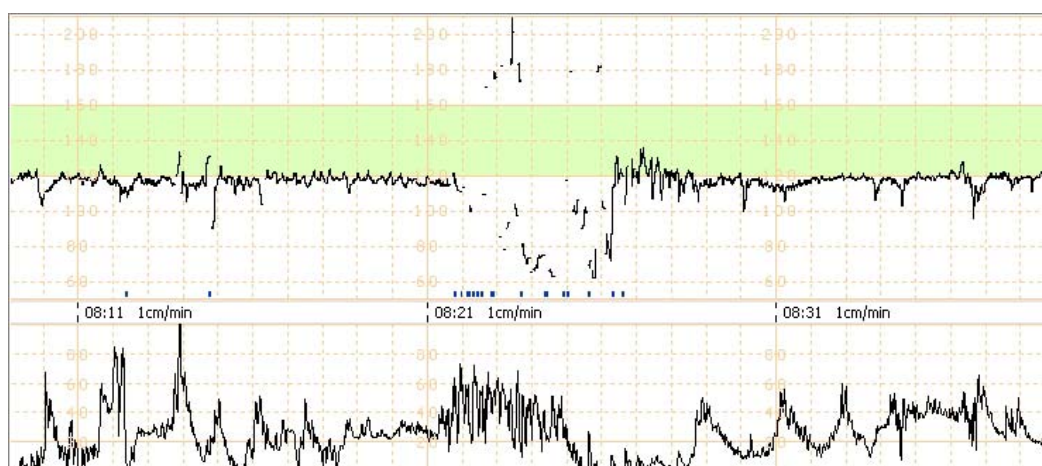


Abb.3.5 CTG-Extrakt: Maternales Signal



3.4.2 FIGO Score - Statistische Zahlen

3.4.2.1 Trendanalysen

Mit Hilfe des Jonckheere-Terpstra Tests wird geprüft, ob zwischen einer ordinalen Gruppierungsvariable (FIGO Score) und einer quantitativen Zielvariable (FBA-pH) ein Trend besteht. Mit $p = 0,0003$ ist hier eine signifikante Korrelation ($p < 0,05$) nachgewiesen.

3.4.2.2 Sensitivität und Spezifität

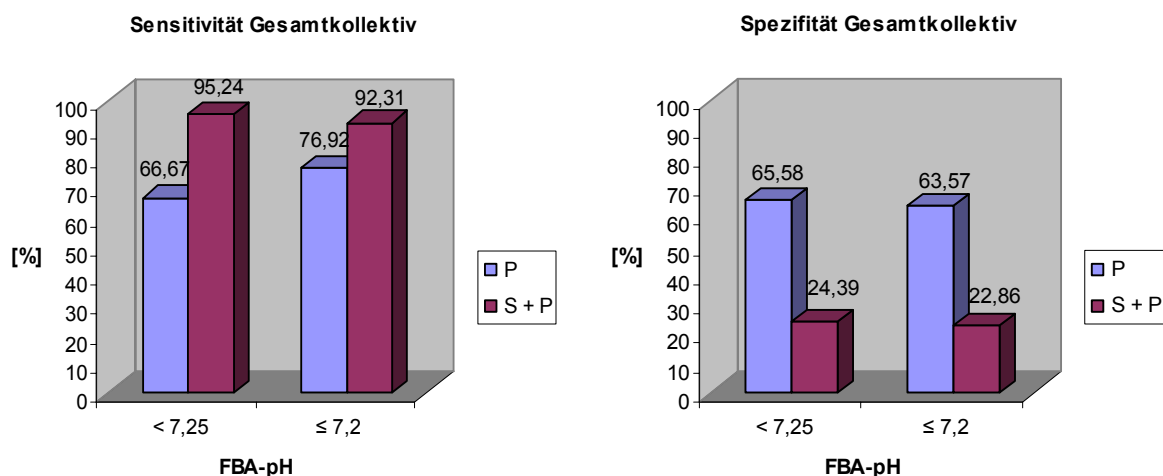
Die Sensitivität des FIGO Scores, FBA-pH-Werte $< 7,25$ anhand der Befunde „Suspekt plus Pathologisch“ zu erkennen, liegt bei 95,24%. Die Sensitivität, FBA-pH-Werte $< 7,25$ allein durch den FIGO Befund „Pathologisch“ zu erkennen, liegt bei nur 66,67%.

Die Sensitivität des FIGO Scores, FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ anhand der Befunde „Suspekt plus Pathologisch“ zu erkennen, liegt bei 92,31% - wiederum deutlich höher als bei dem singulären Befund „Pathologisch“ mit 76,92%.

Die Spezifität des FIGO Score liegt allgemein unter den Werten der Sensitivität. Vor allem bei der CTG-Bewertung „Suspekt plus Pathologisch“ zeigt sich begleitend der hohen Sensitivität eine geringe Spezifität. Diese liegt für FBA-pH-Werte $< 7,25$ bei 24,39%, für FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ bei 22,86%.

Bezüglich des FIGO Befunds „Pathologisch“ zeigen sich geringere Differenzen zwischen den Werten der Sensitivität und Spezifität für beide FBA-pH-Klassen. Hier liegt die Spezifität bei 65,58% (FBA-pH $< 7,25$) bzw. 63,57% (FBA-pH $\leq 7,20$). Die Sensitivität liegt bei 95,24% (FBA-pH $< 7,25$) bzw. 92,31% (FBA-pH $\leq 7,20$).

Abb.3.6 Sensitivität und Spezifität des FIGO Scores P und S + P im Kollektiv



Der positiv prädiktive Wert fällt für beide FBA-pH-Klassen (< 7,25 und ≤ 7,2) gering aus: Wird ein CTG als pathologisch bewertet, kommt es in 18,06% zu FBA-pH-Werten < 7,25 und nur in 6,45% zu Werten ≤ 7,2. Dagegen zeigt sich ein hoher negativ prädiktiver Wert von 94,53% (FBA-pH < 7,25) bzw. 98,83% (FBA-pH ≤ 7,2).

Alle statistischen Ergebnisse sind in Tabelle 3.6 zusammengefasst.

	FBA-pH	FIGO Score	
		P	S + P
Sensitivität	< 7,25	66,67%	95,24%
	≤ 7,20	76,92%	92,31%
Spezifität	< 7,25	65,58%	24,39%
	≤ 7,20	63,57%	22,86%
Positiv prädiktiver Wert	< 7,25	18,06%	12,54%
	≤ 7,20	6,45%	3,76%
Negativ prädiktiver Wert	< 7,25	94,53%	97,83%
	≤ 7,20	98,83%	98,91%

Tab.3.6 Statistische Zahlen des Gesamtkollektivs

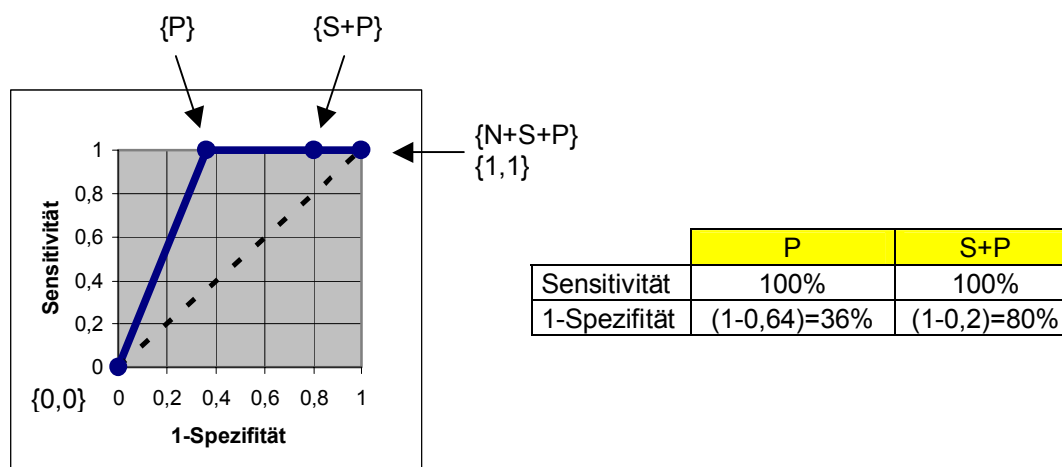
3.4.3 Sensitivitätsanalyse

Für die Sensitivitätsanalyse werden 7 Gruppen aus dem Kollektiv gebildet. Es wird überprüft, ob sich die Zahlen der einzelnen Gruppen im Vergleich zu den Ergebnissen des Kollektivs stark verändern, wenn bestimmte Messungen ausgeschlossen werden. Die Gruppen setzen sich wie folgt zusammen:

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

Für alle Gruppen werden die Werte der Sensitivität und 1-Spezifität des FIGO Scores (oA) in ROC-Kurven (Receiver operating characteristic) dargestellt – sowohl für FBA-pH-Werte $< 7,25$ als auch $\leq 7,20$.

Abb.3.7 Beispiel ROC-Kurve und Berechnung der Werte



Die durchgängige Verbindungslinie zwischen den Punkten $\{0,0\}$ und $\{1,1\}$ weist 2 weitere Markierungen auf: Der erste Punkt beschreibt die Werte des CTG-Befunds „Pathologisch“, der Zweite die Werte des Befundes „Suspekt plus Pathologisch“ (Abb.3.7).

Die waagrechte Achse zeigt die Werte für 1-Spezifität auf, die senkrechte Achse die Sensitivität. Die eingezeichnete Kurve zeigt für jeden möglichen Cut-off-Wert an, wie hoch die Rate der Sensitivität und der Spezifität ist. Der Verlauf der Kurve entspricht dabei der Genauigkeit der Vorhersage: Ist die Vorhersage nicht besser als der Zufall, dann ist die ROC-Kurve identisch mit der gestrichelten Diagonalen und bei jedem Cut-off-Wert ist die Sensitivität identisch mit der Spezifität.

Die Fläche unter der ROC-Kurve (AUC: Area under the curve) wird als Maß für die Güte eines Tests verwendet. Diese Fläche kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei ein höherer Wert eine bessere Güte anzeigt. Ein Wert von 0,5 kennzeichnet ein rein zufälliges Ergebnis - ein solcher Test ist unbrauchbar. Ein idealer Test hätte eine AUC von 1. Je größer die AUC, umso größer ist der Unterschied zwischen den „echt Positiven“ und den „falsch Positiven“ an jedem Punkt, und umso besser ist der Test.

3.4.3.1 Vergleiche der ROC-Kurven

Beispiele von ROC-Kurven bezüglich erwähnter Sachverhalte werden hier dargestellt, die Gesamtheit aller ROC-Kurven ist in Kapitel 7.1 des Anhangs zu finden.

Allgemein gilt für jede Kurve, dass die Werte der Sensitivität für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ (S+P) erwartungsgemäß oberhalb oder, in wenigen Fällen, gleich der Werte für den Befund „Pathologisch“ (P) liegen.

Im Vergleich der Kurven für azidotische FBA-pH-Werte ($\leq 7,20$) mit den Kurven für (prä-)azidotische FBA-pH-Werte ($< 7,25$) fällt auf, dass sich die Sensitivität des Befundes P bei azidotischen pH-Werten verbessert. Dies gilt für alle Gruppen, ausgenommen Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs).

Der Befund S+P zeigt bezüglich der Sensitivität für azidotische FBA-pH-Werte im Vergleich zu (prä-) azidotischen FBA-pH-Werten bei den Gruppen 2, 5, 7 eine Steigerung, bei den restlichen Gruppen (1, 3, 4, 6) jedoch ein Absinken.

Abb.3.8 Steigerung der Sensitivität für P und S+P (Beispiel anhand Gruppe 5)

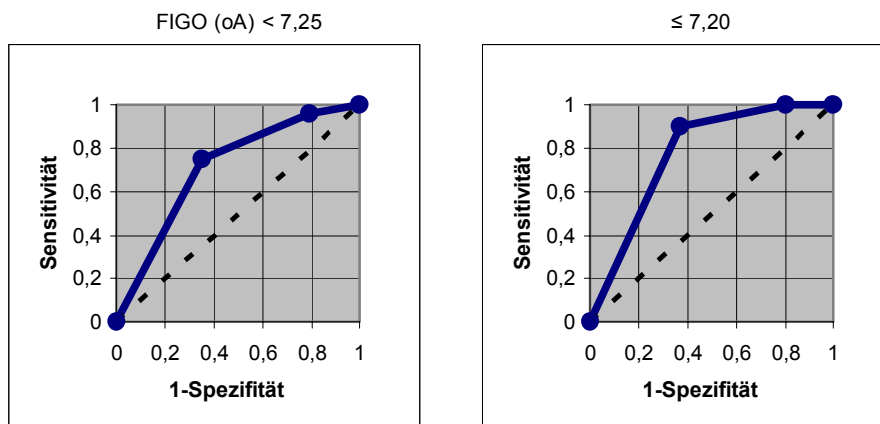
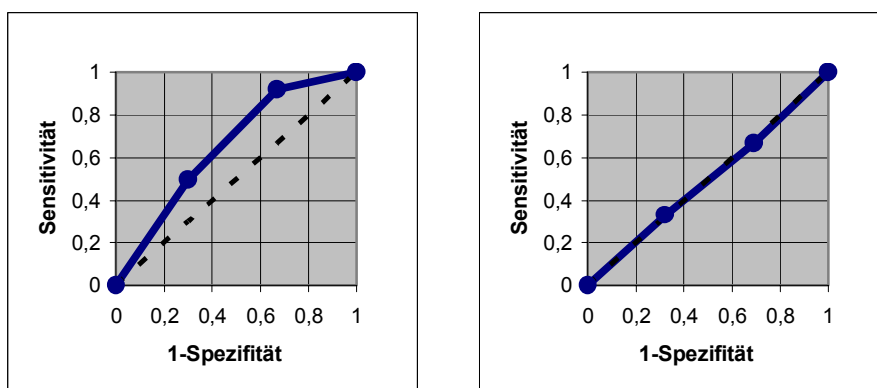


Abb.3.9 Fehlende Steigerung der Sensitivität für P und S+P (Beispiel anhand Gruppe 6)



Vergleicht man alle 7 Gruppen untereinander, zeigen sich für beide FBA-pH-Bereiche (< 7,25 und ≤ 7,20) folgende Sachverhalte:

Die Kurven der Gruppen 2, 5 und 7 verlaufen ähnlich. Im Vergleich zu den restlichen Gruppen, welche wiederum untereinander stark ähneln, zeigen sich höhere Werte bezüglich der Sensitivität für den Befund „Pathologisch“. Es ergeben sich jeweils größere Flächen unter der Kurve (AUC) als bei den Gruppen 1, 3, 4 und 6.

Abb.3.10 (FIGO < 7,25) Ähnlicher Kurvenverlauf der Gruppen 2, 5, 7 – höhere Sensitivität für P, größere AUC

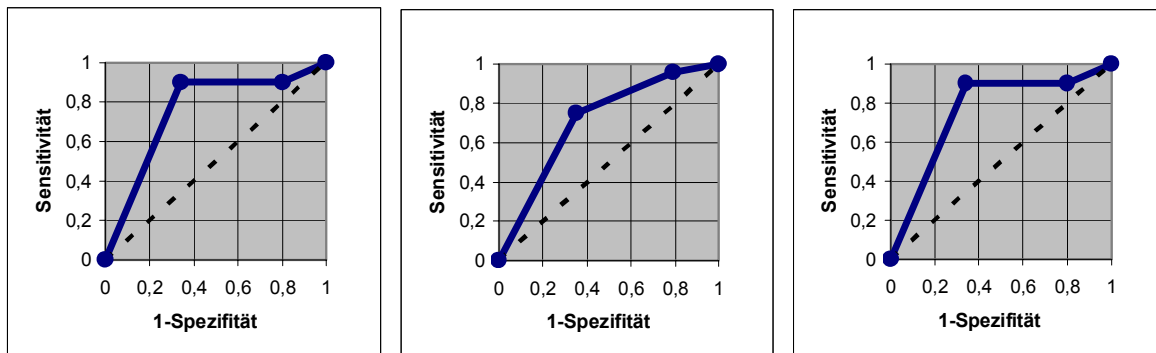
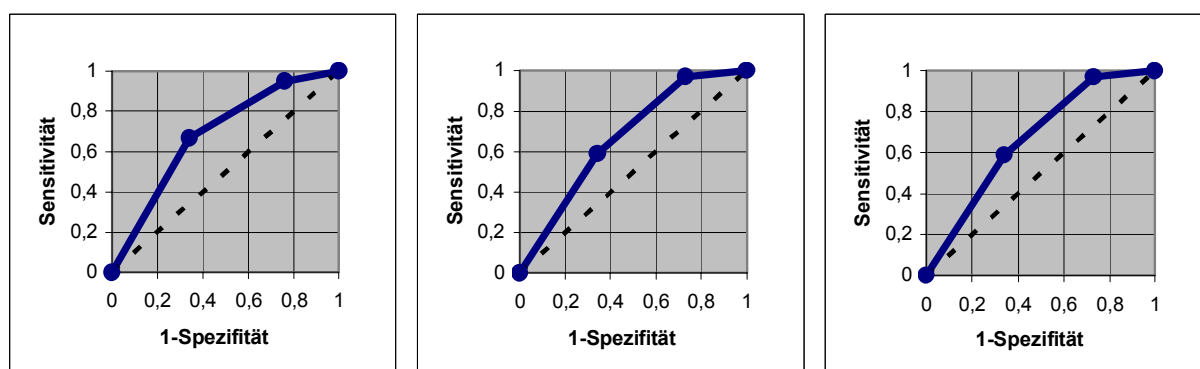
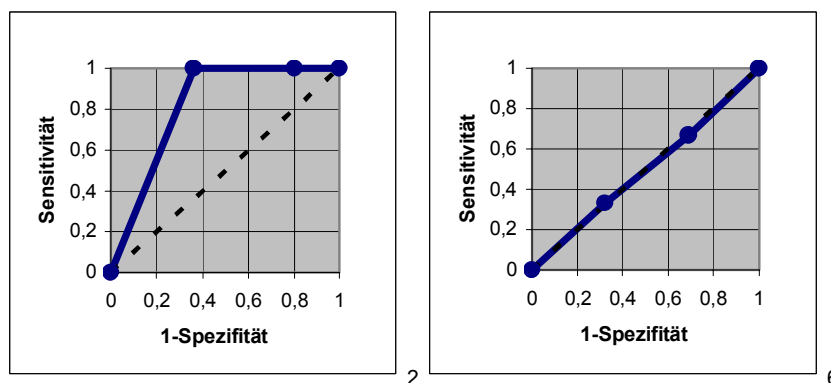


Abb.3.11 (FIGO < 7,25) Ähnlicher Kurvenverlauf der Gruppen 1, 3, 4 – niedrigere Sensitivität für P, kleinere AUC



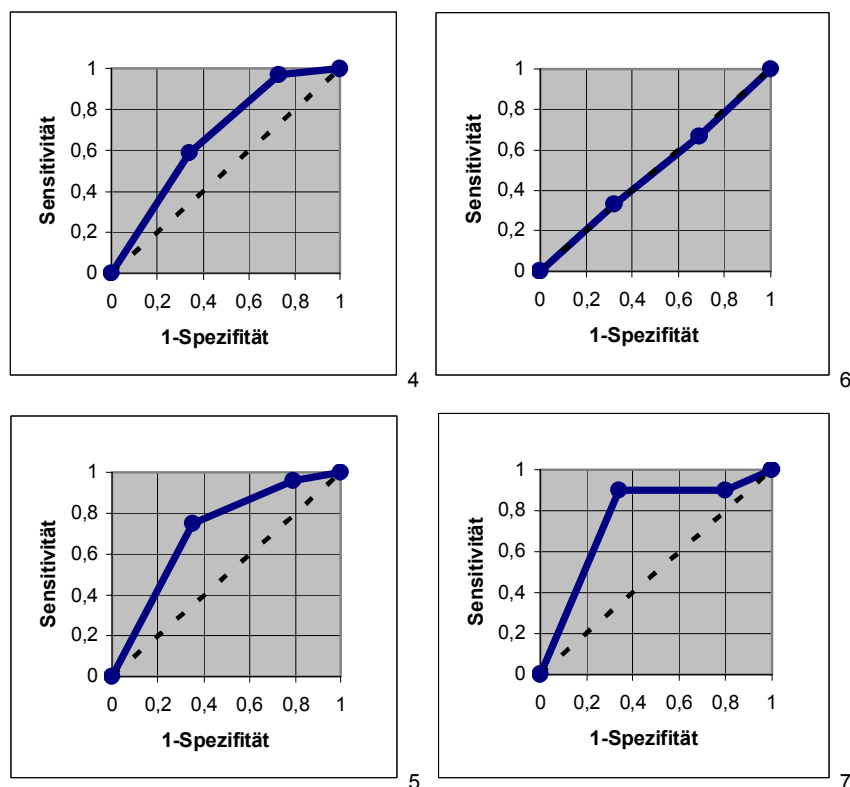
Die Kurve der Gruppe 2 (Patientinnen mit 1 FBA) zeigt generell den besten Verlauf mit der größten Fläche unter der Kurve, Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) den Schlechtesten.

Abb.3.12 (FIGO $\leq 7,20$) Kurvenverlauf der Gruppe 2 und Gruppe 6



Die jeweils erste FBA im Geburtsverlauf (Gruppe 4 und 6) weist deutlich schlechtere Werte für die Sensitivität auf als die letzte FBA (Gruppe 5 und 7). Auch hier lässt sich dieser Sachverhalt anhand der Fläche unter der Kurve gut erkennen.

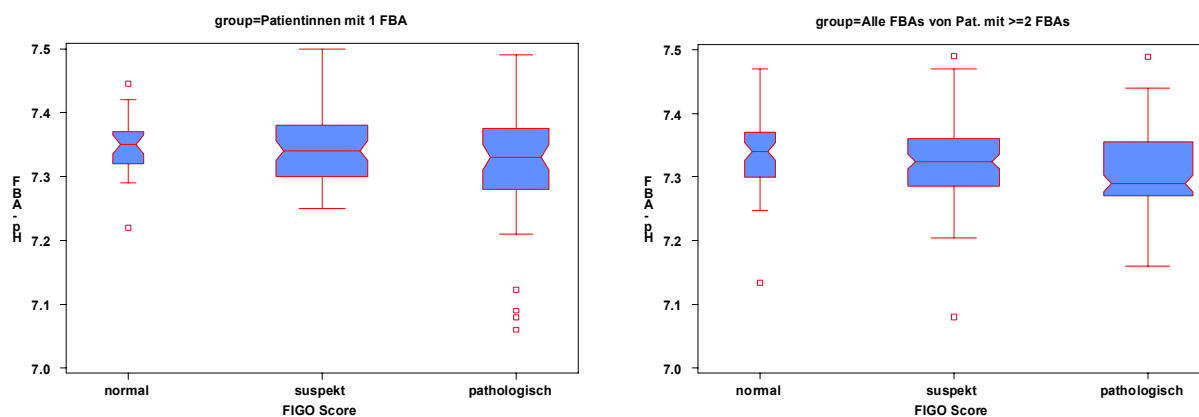
Abb.3.13 (FIGO < 7,25) Erste FBA (Gruppe 4, 6) vs. letzte FBA (Gruppe 5, 7)



3.4.3.2 Boxplots

Die Verteilung der FBA-pH-Werte innerhalb der FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch ist für alle Untergruppen anhand der Boxplots zu erkennen. Erneut erkennt man ein Absinken von Mittelwert, Median und 25%-Quantil in Richtung FIGO Pathologisch (Werte für MW und Median aller Gruppen siehe Tabellen 7.1-4 im Anhang). Boxplots der Gruppen 2 und 3 sind als Beispiele dargestellt, die Boxplots der anderen Gruppen sind in Kapitel 7.3.1 zu finden.

Abb.3.14 Boxplots Gruppe 2 und 3



3.4.3.3 Trendanalysen

Die Trendanalyse der Boxplots zeigt anhand der zweiseitigen p-Werte für alle Untergruppen eine Korrelation zwischen FIGO Gesamt-Score und FBA-pH-Werten:

FIGO Gesamt-Score							
Untergruppen	1	2	3	4	5	6	7
p-Wert	0,0003*	0,0581	0,0013*	0,0005*	0,0093*	0,0015*	0,0661

* p<0,05 signifikante Korrelation

Tab.3.7 Korrelation zwischen FIGO Gesamt-Score und FBA-pH-Werten der Untergruppen

3.4.4 Korrelation zwischen FIGO Einzelkomponenten und FBA-pH

Mit der Fragestellung, welche FHF-Muster bestimmten FBA-pH-Werten vorausgehen bzw. begleitend auftreten, werden die Einzelkomponenten des FIGO-Scores (Baseline, Dezeleration, Variabilität) in den entsprechenden CTG-Extrakten untersucht. Akzelerationen werden hierbei nicht berücksichtigt.

3.4.4.1 Verteilung der FBA-pH-Werte

Die in Tabelle 3.8 aufgezeigten Charakteristika der Einzelkomponenten beziehen sich auf alle FBAs des Kollektivs (Gruppe 1).

Die Spalte „Gesamt-Score“ beinhaltet die Bewertung des jeweiligen CTGs nach der Analyse durch „Trium CTG Online“ – klassifiziert anhand der allgemeinen FIGO-Kriterien, d.h. die Einzelkomponenten werden bewertet und anschließend als Gesamt-Score zusammengefasst.

Die 5 fehlenden Fälle der Zeile „unbekannt“ entsprechen erneut den FBA-Ereignissen, welche dieser Analyse aufgrund unzureichender CTG-Länge zum Zeitpunkt der FBA entfallen. In die Zeile „kein jeweiliges Muster“ fallen diejenigen FBA-Ereignisse, deren entsprechende CTG-Extrakte das gesuchte Muster nicht aufweisen (1 Fall der Einzelkomponente Variabilität).

Für alle Einzelkomponenten gilt, dass die Mehrzahl der CTG-Extrakte mit dem FIGO Score Normal bewertet wird. Bei Betrachtung des Gesamt-Scores fällt jedoch auf, dass deutlich mehr CTGs als suspekt und pathologisch bewertet werden.

Mittelwert und Median (50%-Quantil) aller FBA-pH-Werte der jeweiligen Einzelkomponente werden analog des FIGO-Scores in den Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch berechnet. Sowohl Mittelwert als auch Median sinken erwartungsgemäß von Normal, über Suspekt, bis zur Gruppe Pathologisch ab.

Des Weiteren ist die Spannweite (Extremwerte) aller FBA-pH-Werte der einzelnen FIGO Klassen (N, S, P) für jede Einzelkomponente aufgelistet. Nur in den Spalten „Gesamt-Score“ und „Dezeleration“ nimmt die Spannweite von FIGO Normal bis Pathologisch ab.

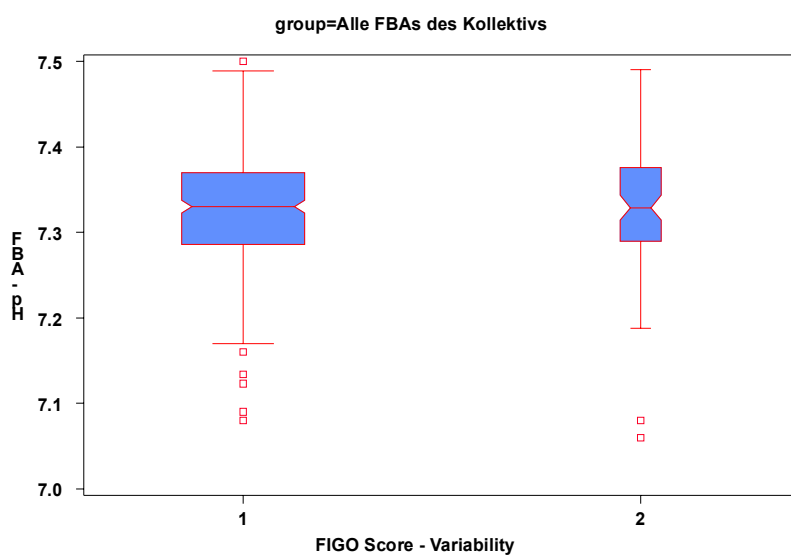
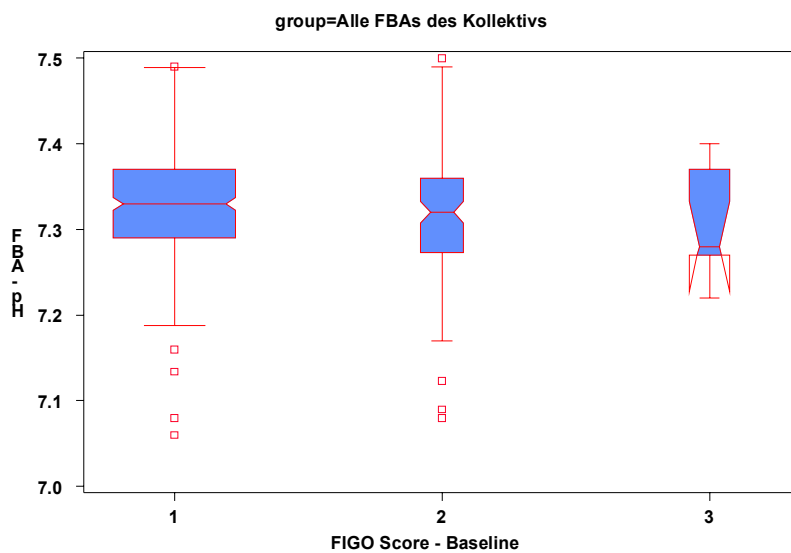
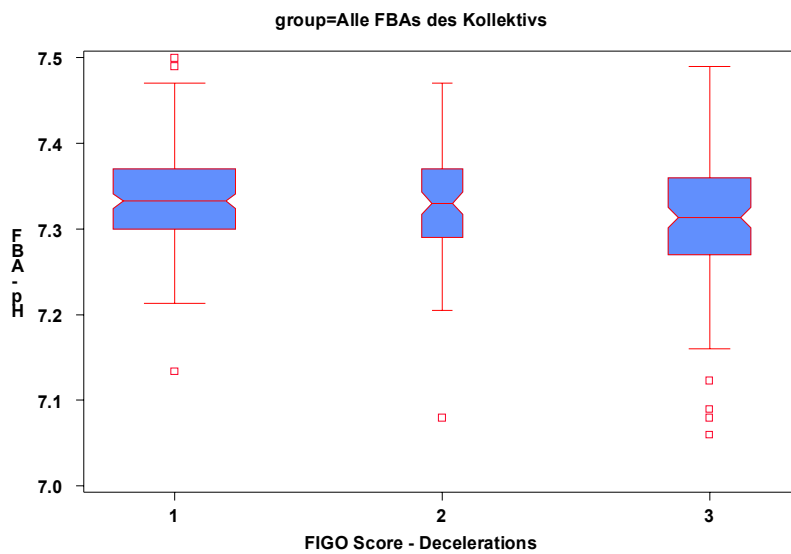
Die FBA-pH-Werte werden erneut entsprechend der DGGG-Leitlinien in 3 Klassen unterteilt und je nach Bewertung des entsprechenden CTG-Extrakts in die einzelnen FIGO Klassen eingeteilt. In Klammern steht der entsprechende prozentuale Anteil FBA-Ereignisse der jeweiligen pH-Klasse. So verteilen sich z.B. bei der Einzelkomponente Dezeleration alle FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ mit 8,33% auf normal bewertete CTGs, 8,33% auf suspekt bewertete, und die Mehrheit mit 83,33% erwartungsgemäß auf pathologisch bewertete CTGs.

		FIGO	Gesamt-Score	Baseline	Dezeleration	Variabilität	
Anzahl	N total		416	416	416	416	
	unbekannt		5	5	5	5	
	kein jeweiliges Muster	0	0	0	0	0	1
		N	92	284	172	323	
		S	164	118	91	87	
		P	155	9	148	0	
FBA-pH	Mean	N	7,34	7,33	7,33	7,33	
		S	7,33	7,31	7,33	7,33	
		P	7,31	7,31	7,31	0	
	Median	N	7,34	7,33	7,33	7,33	
		S	7,33	7,32	7,33	7,33	
		P	7,31	7,28	7,31	0	
	Range	N	7,13 - 7,47	7,06 - 7,49	7,13 - 7,5	7,08 - 7,5	
		S	7,08 - 7,5	7,08 - 7,5	7,08 - 7,47	7,06 - 7,49	
		P	7,06 - 7,49	7,22 - 7,40	7,06 - 7,49	0	
	≤ 7,20	N	1 (7,69%)	7 (58,33%)	1 (8,33%)	9 (75%)	
		S	2 (15,38%)	5 (41,67%)	1 (8,33%)	3 (25%)	
		P	10 (76,92%)	0	10 (83,33%)	0	
	7,21 - 7,24	N	1 (3,45%)	17 (54,84%)	8 (25,81%)	26 (83,87%)	
		S	10 (34,48%)	13 (41,94%)	6 (19,35%)	5 (16,13%)	
		P	18 (62,07%)	1 (3,23%)	17 (54,84%)	0	
	≥ 7,25	0	0	0	0	1 (0,27%)	
		N	90 (24,39%)	260 (70,65%)	163 (44,29%)	288 (78,26%)	
		S	152 (41,19%)	100 (27,17%)	84 (22,83%)	79 (21,47%)	
			P	127 (34,42%)	8 (2,17%)	121 (32,88%)	0

Tab.3.8 Charakteristika der Einzelkomponenten des FIGO Scores im Gesamtkollektiv

Während hier für jede Einzelkomponente die Verteilung der FBA-pH-Werte auf den FIGO Score innerhalb der einzelnen pH-Klassen aufgezeigt wird, sieht man in den Boxplots die Verteilung der FBA-pH-Werte *innerhalb der einzelnen FIGO Klassen* Normal (1), Suspekt (2) und Pathologisch (3) (Abb.3.15). Jede Einzelkomponente wird in einer eigenen Abbildung dargestellt. Die Werte von Mittelwert, Median und die Extremwerte sind Tabelle 3.8 zu entnehmen.

Abb.3.15 Boxplots FIGO Einzelkomponenten, Gruppe 1 (Alle FBAs des Kollektivs)



Erneut zeigt sich für jede Einzelkomponente ein Absinken von Mittelwert, Median und 25%-Quantil in Richtung FIGO Pathologisch. Analog hierzu verhalten sich auch die Werte der Gruppen 2 – 6 (Tab.7.2-4). Entsprechende Boxplots finden sich in Kapitel 7.3.2-4 im Anhang wieder.

Der „Falt-Effekt“, wie z.B. in den Boxplots der Einzelkomponente Baseline für den Befund Pathologisch (3) zu erkennen (Kap.7.3.3), kommt typischerweise zustande, wenn die Gruppengröße sehr klein ausfällt und der Endpunkt vor dem entsprechenden Quantil liegt.

3.4.5 FIGO Einzelkomponenten

3.4.5.1 Trendanalysen

Die Trendanalyse der Boxplots zeigt anhand der p-Werte die Korrelation zwischen FIGO Score der Einzelkomponenten und FBA-pH auf.

Allgemein korreliert die Komponente Dezeleration am besten und die Komponente Variabilität am schlechtesten. Jedoch können die p-Werte nicht direkt zueinander ins Verhältnis gesetzt werden, da die Fallzahl in den verschiedenen Gruppen stark variiert. Für die Baseline gibt es, im Gegensatz zur Dezeleration, nur sehr wenig pathologische Fälle, d.h. die Werte können rein zufällig „besser passen“.

FIGO Dezeleration

Untergruppen	1	2	3	4	5	6	7
p-Wert	0,0049*	0,1048	0,0120*	0,0023*	0,065	0,0044*	0,2318

FIGO Baseline

Untergruppen	1	2	3	4	5	6	7
p-Wert	0,0200*	0,1352	0,0746	0,0814	0,0307*	0,3425	0,1954

FIGO Variabilität

Untergruppen	1	2	3	4	5	6	7
p-Wert	0,9022	0,4548	0,5405	0,7901	0,5583	0,6532	0,7815

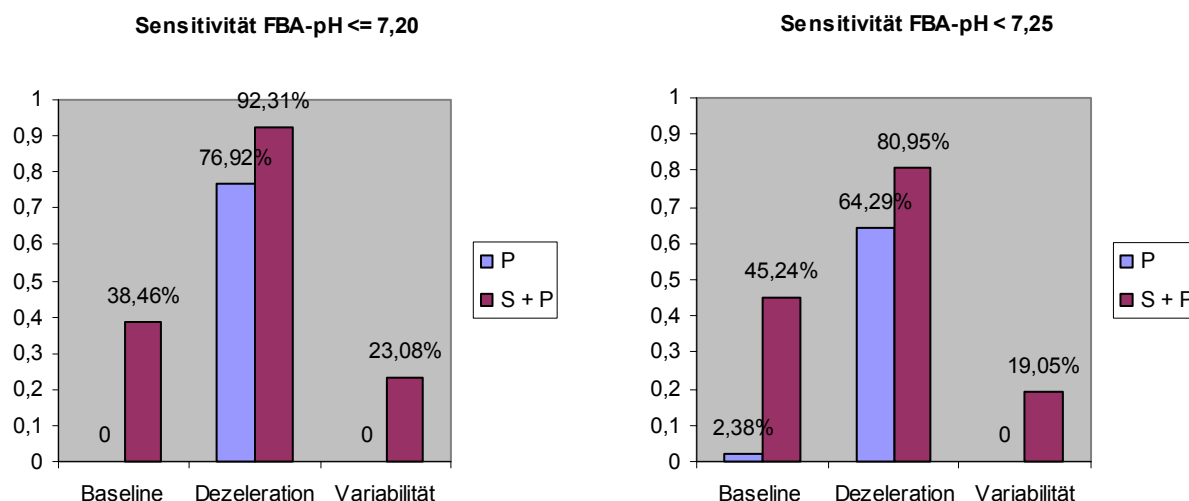
* p<0,05 signifikante Korrelation

Tab.3.9 Korrelation zwischen FIGO Einzelkomponenten und FBA-pH

3.4.5.2 Sensitivität und Spezifität

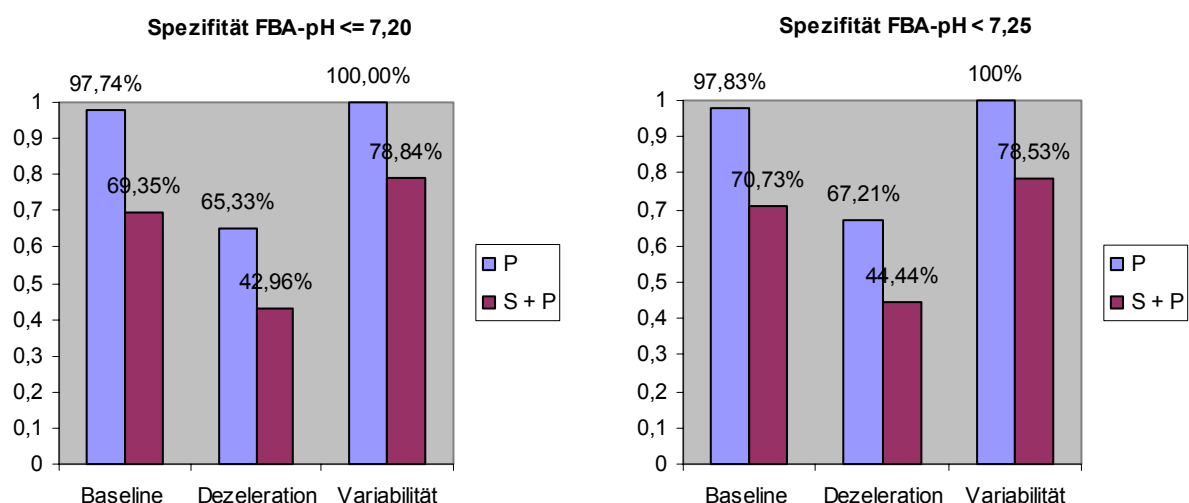
Die Werte für die Sensitivität der einzelnen FIGO Komponenten, bestimmte FBA-pH-Werte anhand dem CTG-Befund „Pathologisch“ (P) bzw. „Suspekt plus Pathologisch“ (S+P) zu erkennen, sind für beide FBA-pH-Bereiche in Abbildung 3.16 dargestellt. Die Werte beziehen sich jeweils auf alle FBAs des Kollektivs (Gruppe 1).

In beiden FBA-pH-Klassen zeigen sich ähnliche Ergebnisse: Die Werte für „Suspekt plus Pathologisch“ liegen generell höher als die Werte für „Pathologisch“. Von den einzelnen Komponenten schneidet die Sensitivität der Dezeleration mit Abstand am besten ab. Dahinter folgt die Komponente Baseline und zuletzt die Variabilität, welche bei dem Befund „Pathologisch“ sogar Nullwerte annimmt.

Abb.3.16 Sensitivität der FIGO Komponenten (FBA-pH \leq 7,20 und $<$ 7,25)

Die Werte für die Spezifität der einzelnen FIGO Komponenten sind in Abbildung 3.17 zu erkennen. Wie erwartet verhalten sich auch hier alle Komponenten in beiden FBA-pH-Bereichen ähnlich. Im Gegensatz zur Sensitivität sind generell die Werte des Befundes „Suspekt plus Pathologisch“ geringer als die Werte des singulären Befundes „Pathologisch“. Bei der Dezeleration zeigt sich begleitend der hohen Sensitivität eine geringe Spezifität. Die Variabilität wiederum zeigt neben ihrer niedrigen Sensitivität eine hohe Spezifität, die für den Befund „Pathologisch“ sogar Werte von 100% annimmt.

Die höchsten Werte für die Spezifität sind, wie bereits erwähnt, bei der Variabilität zu finden, dicht gefolgt von der Baseline und zuletzt von der Dezeleration. Komponenten mit einer hohen Spezifität sind allgemein mit einer niedrigeren Sensitivität vergesellschaftet, während Komponenten mit einer hohen Sensitivität mit einer niedrigeren Spezifität einhergehen.

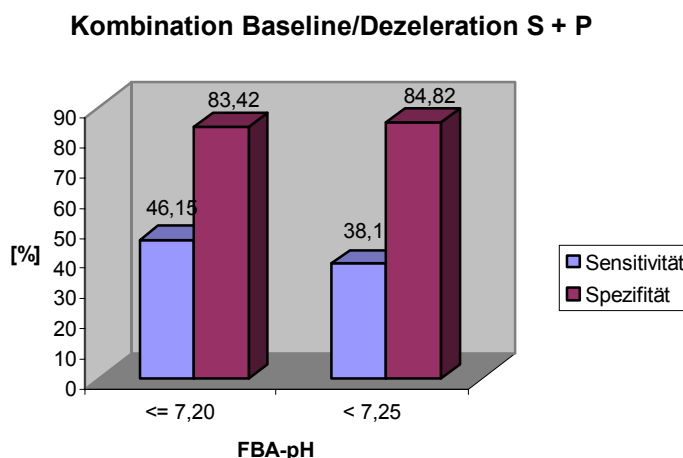
Abb.3.17 Spezifität der FIGO Komponenten (FBA-pH \leq 7,20 und $<$ 7,25)

Nun werden die zwei Komponenten mit der höchsten Sensitivität, d.h. Dezeleration und Baseline mit dem Befund „Suspekt plus Pathologisch“, kombiniert. Dies bedeutet, dass alle CTG-Extrakte, deren

Einzelkomponente Dezeleration *plus* deren Einzelkomponente Baseline als suspekt oder pathologisch bewertet werden, in diese Analyse fallen.

Der Wert für die Sensitivität dieser Kombination fällt bedeutend geringer aus als für die jeweils einzeln betrachteten Komponenten. Sie liegt bei 38,10% (FBA-pH < 7,25) bzw. 46,15% (FBA-pH ≤ 7,20). Die Spezifität der Kombination liegt bei 84,82% bzw. 83,42%.

Abb.3.18 Sensitivität und Spezifität der Kombination Dezeleration/Baseline



3.4.5.3 ROC-Kurven

Für jede FIGO Einzelkomponente werden die Werte der Sensitivität und 1-Spezifität - analog wie in Kapitel 3.4.3 - in ROC-Kurven dargestellt: Jeweils für FBA-pH-Werte < 7,25 und für FBA-pH-Werte ≤ 7,20. Die Aufteilung der Untergruppen wird erneut aufgezeigt:

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

Betrachtet man die Kurven der Einzelkomponente Dezeleration, fallen ähnliche Verhaltensmuster auf wie beim FIGO Gesamt-Score (Kap.3.4.3):

Bei azidotischen FBA-pH-Werten (≤ 7,20) steigt die Sensitivität für den Befund „Pathologisch“ im Vergleich zu (prä-)azidotischen (< 7,25) an. Wiederum gilt dies für alle Gruppen, abgesehen von Gruppe 6. Anders als beim FIGO Gesamt-Score steigt auch die Sensitivität für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ bei allen Gruppen an, abgesehen von Gruppe 6.

Abb.3.19 Steigerung von P und S+P bei niedrigerem FBA-pH (Beispiel anhand Gruppe 5)

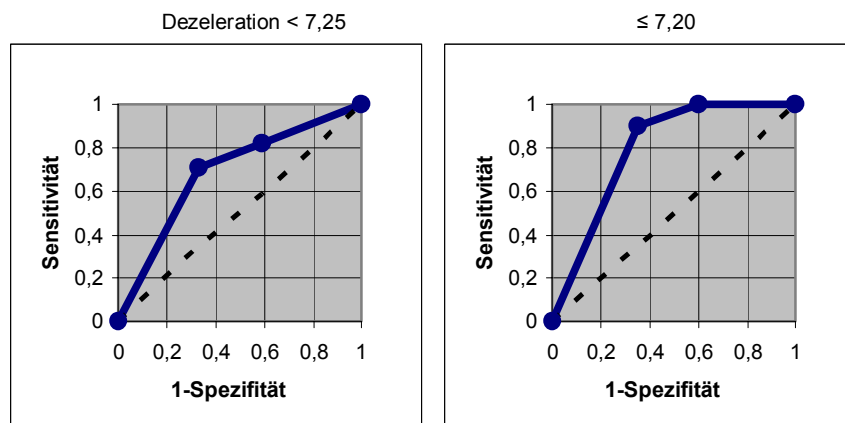
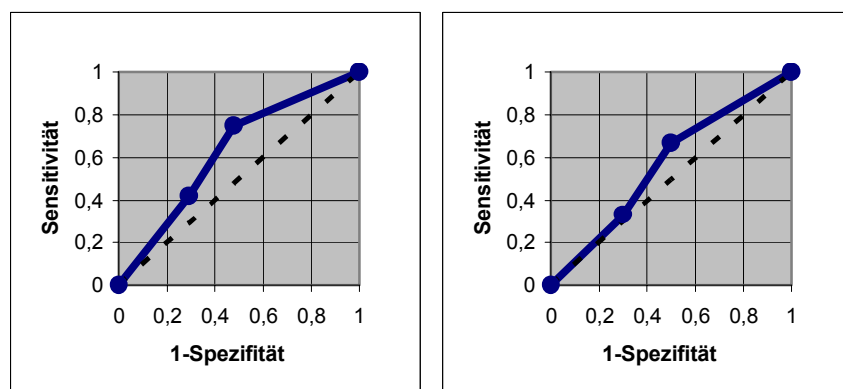
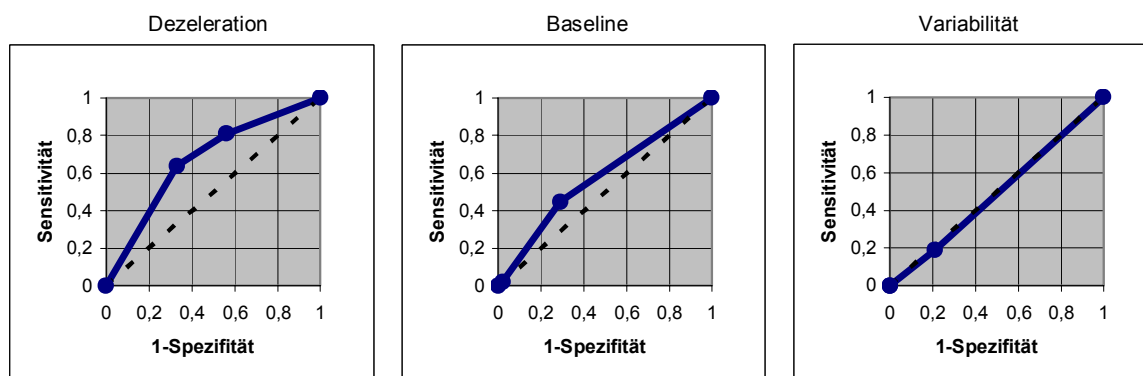


Abb.3.20 Fehlende Steigerung von P und S+P bei niedrigerem FBA-pH (Beispiel anhand Gruppe 6)



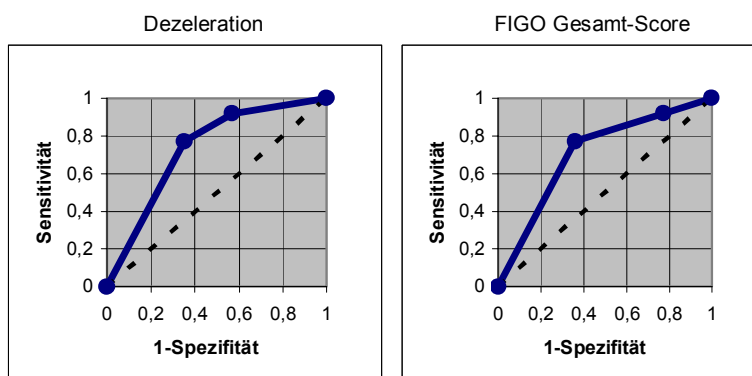
Werden die Kurven der Einzelkomponenten Dezeleration, Variabilität und Baseline miteinander verglichen, gilt für beide pH-Bereiche ($< 7,25$ und $\leq 7,20$) dasselbe:

Die Dezeleration zeigt eine deutlich größere Fläche unter der Kurve (AUC) - und dadurch ein höheres Maß an Güte - als die Baseline. Diese zeigt wiederum eine minimal größere AUC als die Variabilität; Deren Werte liegen auf der gestrichelten Diagonalen, d.h. hier sind die Werte als rein zufällig und der Test daher als unbrauchbar zu werten.

Abb.3.21 AUC Dezeleration > AUC Baseline > AUC Variabilität (Beispiel anhand Gruppe 1, $< 7,25$)

Werden nun die Kurven der Dezeleration mit den Kurven des FIGO Gesamt-Scores verglichen, fällt vor allem bei azidotischen FBA-pH-Werten ($\leq 7,20$) auf, dass die AUC bei der Dezeleration größer ausfällt.

Abb.3.22 AUC Dezeleration > AUC FIGO Gesamt-Score (Beispiel anhand Gruppe 1, $\leq 7,20$)



Auch die Untergruppen des Gesamtkollektivs werden bezüglich der FIGO Einzelkomponenten erneut miteinander verglichen. Es zeigen sich für die Einzelkomponente Dezeleration in beiden pH-Bereichen ($< 7,25$ und $\leq 7,20$) die gleichen Sachverhalte wie beim FIGO Gesamt-Score:

Die Kurven der Gruppen 2, 5 und 7 verlaufen ähnlich und zeigen eine höhere Sensitivität für den Befund „Pathologisch“ als die Gruppen 1, 3, 4 und 6, welche sich wiederum untereinander stark ähneln. Dementsprechend fällt die AUC für die Gruppen 2, 5 und 7 auch hier wieder größer aus.

Abb.3.23 Ähnlicher Kurvenverlauf der Gruppen 2, 5 und 7 (Dezeleration $\leq 7,20$) – höhere Sensitivität für P

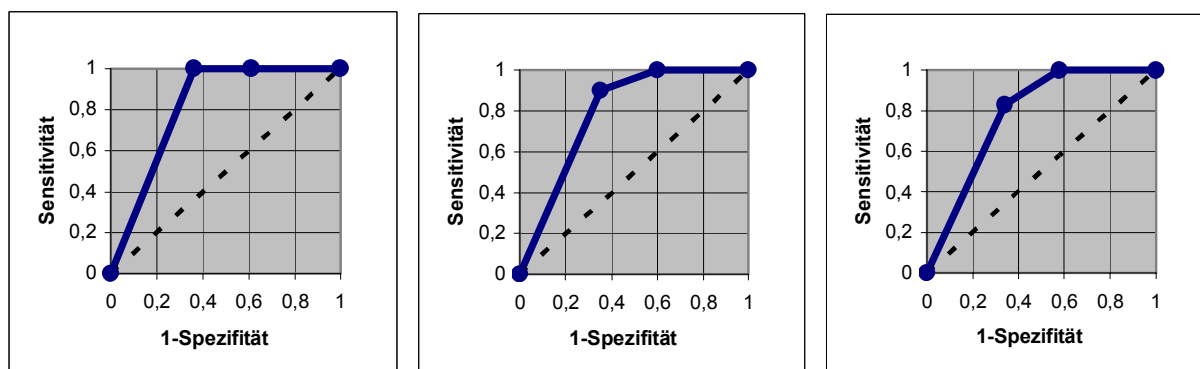
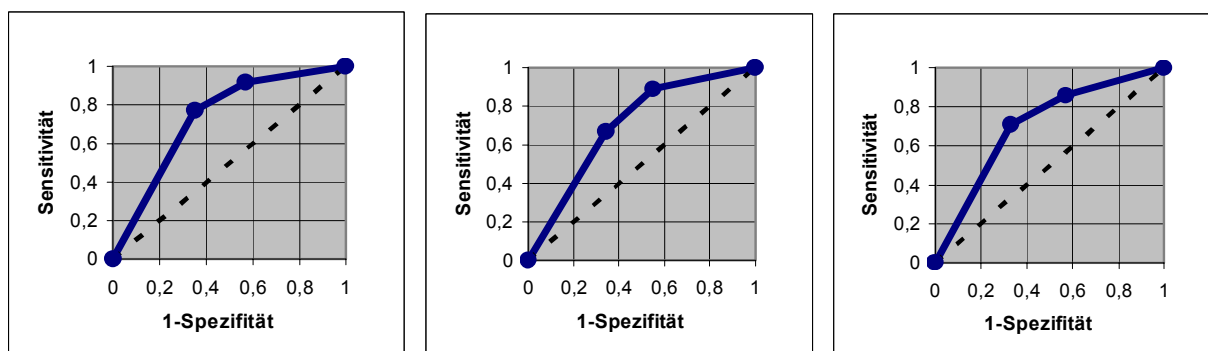
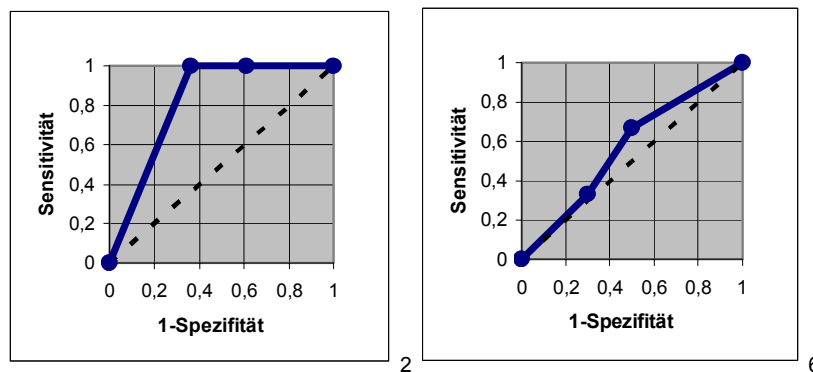


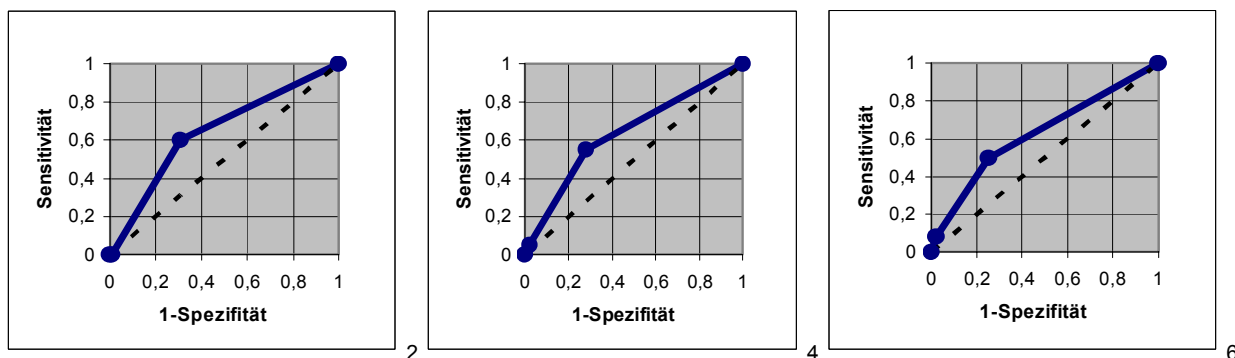
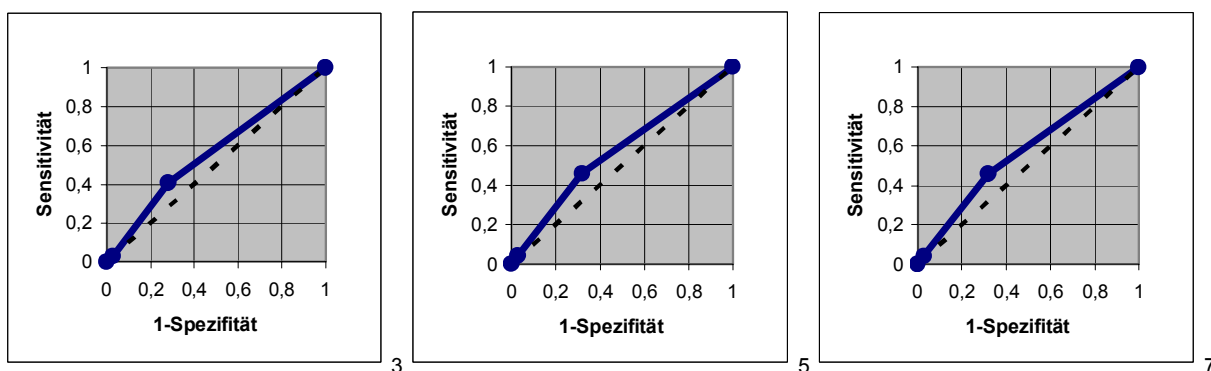
Abb.3.24 Ähnlicher Kurvenverlauf der Gruppen 3, 4 und 6 (Dezeleration $\leq 7,20$) – niedrigere Sensitivität für P



Ebenfalls gleich dem FIGO Gesamt-Score findet sich für die Einzelkomponente Dezeleration der beste Kurvenverlauf mit der größten AUC bei Gruppe 2 (Patientinnen mit einer FBA), und der schlechteste bei Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs).

Abb.3.25 Gruppe 2 und Gruppe 6 (Dezeleration $\leq 7,20$)

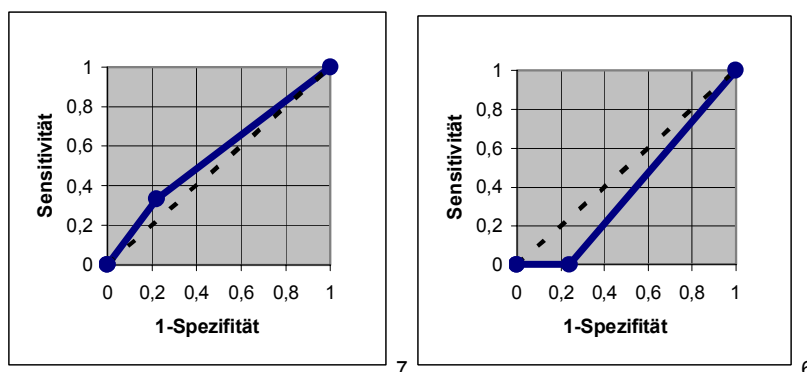
Bezüglich der Einzelkomponente Baseline zeigen die Gruppen 2, 4, 6 für beide pH-Bereiche eine größere AUC als die Gruppen 3, 5 und 7. Die Werte für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ fallen in erstgenannten Gruppen deutlich höher aus. Aufgrund einer sehr kleinen Fallzahl fällt die Sensitivität für den Befund „Pathologisch“ in allen Gruppen sehr gering aus.

Abb.3.26 Größere AUC: Gruppen 2, 4 und 6 (Baseline $< 7,25$)Abb.3.27 Kleinere AUC: Gruppen 3, 5 und 7 (Baseline $< 7,25$)

Die Kurve der Einzelkomponente Variabilität verläuft in allen Gruppen nahe der gestrichelten Diagonalen, was einer AUC von 0,5 entspricht. Von allen Kurvenverläufen fällt Gruppe 7 (Letzte FBA

von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) noch am besten und Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) am schlechtesten aus.

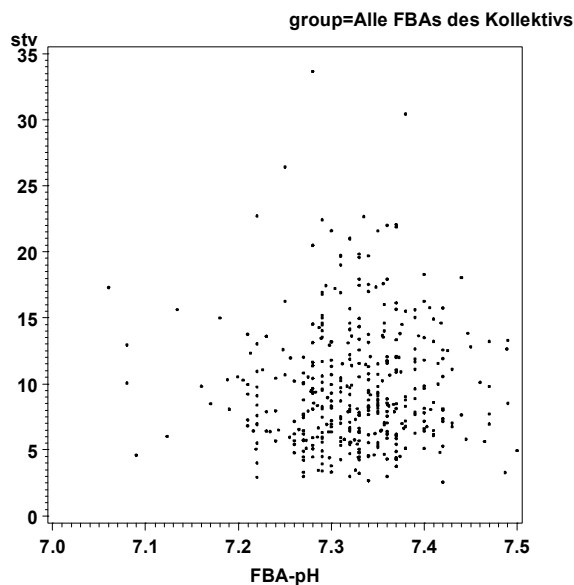
Abb.3.28 Kleine AUC: Beispiele anhand Gruppe 7 und 6 (Variabilität $\leq 7,20$)



3.4.6 Kurzzeitvariation

Die Verteilung der Werte für die Kurzzeitvariation auf die FBA-pH-Werte ist in Abbildung 3.29 dargestellt. Es lässt sich keine Korrelation erkennen.

Abb.3.29 Korrelation zwischen Kurzzeitvariabilität und FBA-pH (Gruppe 1)



Berechnet man den Mittelwert der STV aller 411 FBA-Ereignisse des Kollektivs, bekommt man einen Wert von 9,73 ms.

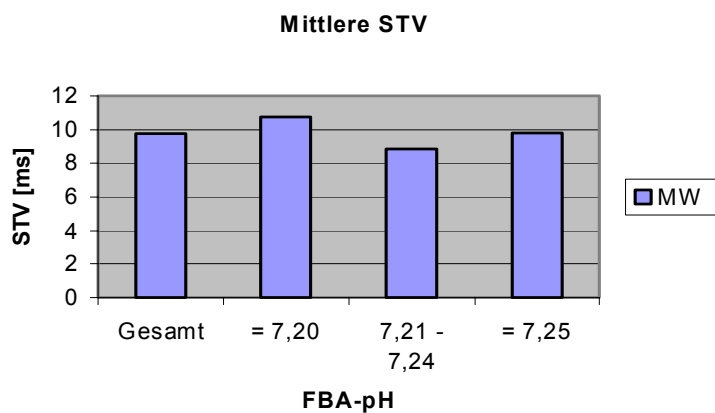
Tabelle 3.10 zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichung und die jeweiligen Mediane der STV-Werte für alle 3 pH-Klassen und für die Gesamtheit aller FBA-Ereignisse des Kollektivs.

	FBA-pH			
	Gesamt	$\leq 7,20$	7,21 - 7,24	$\geq 7,25$
MW \pm STD [ms]	9,73 \pm 4,61	10,73 \pm 3,81	8,83 \pm 3,78	9,77 \pm 4,69
Median [ms]	8,56	10,19	7,93	8,56

Tab.3.10 Median und Mittelwert mit Standardabweichung der STV

Abbildung 3.30 zeigt den Mittelwert der STV in der jeweiligen pH-Klasse auf. Auch hier kann man keine Bedeutung der STV in Bezug auf die FBA-pH-Werte erkennen.

Abb.3.30 Mittlere STV der pH-Klassen



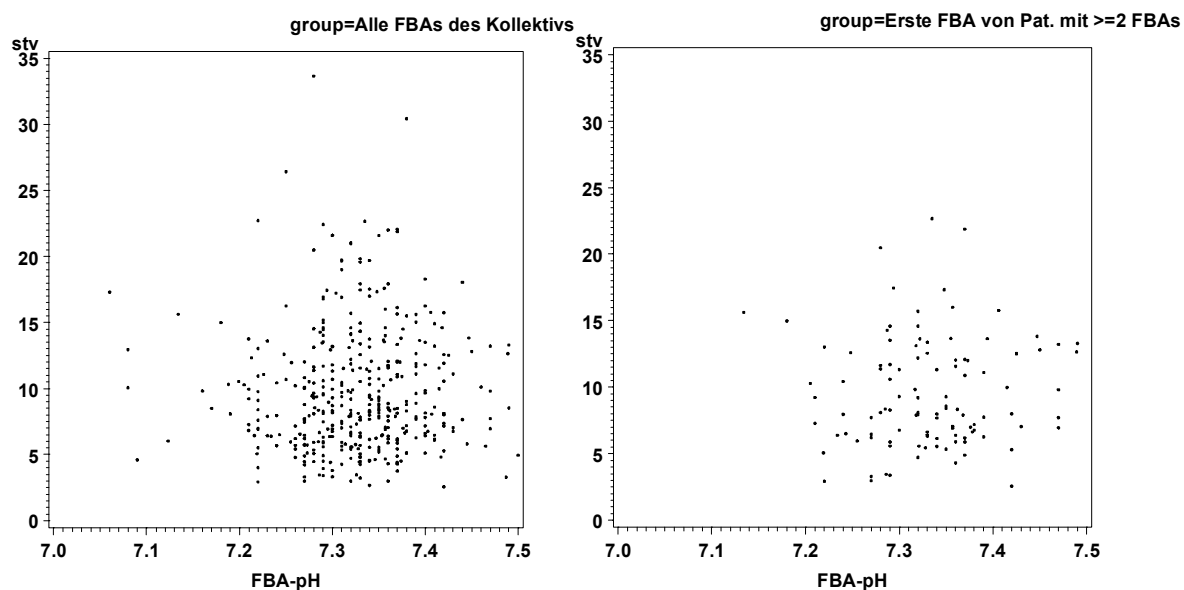
3.4.6.1 Spearman Korrelationskoeffizient

Untersucht man die Korrelation zwischen STV und FBA-pH für alle 7 Untergruppen des Kollektivs, zeigen sich Korrelationskoeffizienten von 0,044 bis 0,064.

Für die Korrelation zwischen STV und NS-pH ergeben sich Korrelationskoeffizienten von -0,04 bis 0,01. Alle entsprechenden p-Werte sind deutlich nicht signifikant.

Der Zusammenhang zwischen STV und FBA-pH ist für die Gruppen mit dem niedrigsten (Gruppe 1) und höchsten p-Wert (Gruppe 6) in Abbildung 3.31 dargestellt. Die Abbildungen der anderen Gruppen finden sich in Kapitel 7.4 des Anhangs wieder.

Abb.3.31 Korrelation zwischen STV und FBA-pH. Gruppe 1 links, Gruppe 6 rechts



3.6 Veränderungen des FIGO Scores

Kommt es zur Normalisierung des FIGO Scores im Verlauf der CTG-Ableitung, interessiert dabei, wie sich analog hierzu die gemessenen FBA-pH-Werte verhalten (Tab 3.11).

Ein nach oben gerichteter Pfeil bedeutet ansteigende FBA-pH-Werte, ein nach unten gerichteter Pfeil absinkende Werte und ein waagrechter Pfeil keine Veränderung der Werte.

Im Analysekollektiv gibt es 7 CTG-Extrakte, die von „Trium CTG Online“ anhand des FIGO Scores erst als pathologisch und im weiteren Verlauf als normal bewertet werden. Die entsprechenden FBA-pH-Werte dieser CTG-Extrakte verhalten sich folgendermaßen: In 6 Fällen verändert sich der FBA-pH innerhalb des Normbereichs ($\geq 7,25$): in einem Fall steigt er an, in 4 Fällen sinkt er und in einem bleibt er gleich. In einem Fall steigt der FBA-pH-Wert aus dem präpathologischen Bereich (7,21 – 7,24) in den Normbereich an. Insgesamt bessert sich der FBA-pH bei Normalisierung des FIGO Scores in 2 der 7 Fälle.

Betrachtet man suspekt bewertete CTGs, die sich im Verlauf normalisieren ($n=7$), verhalten sich entsprechende FBA-pH-Werte in ähnlicher Weise. Nur 2 Werte steigen, 4 fallen innerhalb des Normbereiches ab. Ein Wert steigt wiederum aus dem Präpathologischen in den Normbereich auf.

In der rechten Spalte ($p+s \rightarrow n$) werden die suspekt und pathologisch bewerteten CTGs, welche sich im weiteren Verlauf normalisieren, zusammengefasst: 3 der FBA-pH-Werte steigen im Verlauf innerhalb des Normbereiches an, 8 sinken und einer bleibt unverändert. 2 pH-Werte verbessern sich aus dem präpathologischen in den Normbereich.

Insgesamt kommt es also bei der Normalisierung von anfangs suspektem und pathologischem FIGO Score in 57% zum Absinken der FBA-pH-Werte und nur in 35% (21% + 14%) zur Verbesserung.

		FIGO		
		p→n	s→n	p+s→n
FBA-pH	innerhalb Normwerte ↑	1 (14%)	2 (29%)	3 (21%)
	↓	4 (57%)	4 (57%)	8 (57%)
	↔	1 (14%)	0	1 (7%)
	Präpath → Normwert ↑	1 (14%)	1 (14%)	2 (14%)
n		7	7	14

Tab.3.11 Normalisierung des FIGO Scores im CTG-Verlauf

Tabelle 3.12 zeigt die Veränderung der FBA-pH-Werte von CTG-Extrakten, die sich im Verlauf anhand des FIGO Scores verschlechtern. Die FBA-pH-Werte von 14 CTGs, welche von „Trium CTG Online“ erst als normal und anschließend als pathologisch bewertet werden, zeigen im Verlauf in 12 Fällen eine sinkende Tendenz. 9 Werte sinken innerhalb des Normbereichs und 3 rutschen von der Norm in den präpathologischen Bereich ab. In den anderen Fällen kommt es einmal zu keiner Veränderung und in einem Fall steigt der Wert sogar vom präpathologischen in den Normbereich an.

Ändert sich der FIGO Score von normal zu suspekt ($n=9$), sinken 6 Werte innerhalb des Normbereichs ab. Ein FBA-pH-Wert steigt vom präpathologischen in den Normbereich auf, ein Wert bleibt unverändert und einer steigt innerhalb des Normbereichs auf.

Die rechte Spalte zeigt erneut die Zusammenfassung von sowohl suspekten, als auch pathologischen CTGs, die zu Anfang als normal bewertet wurden (n=23).

Insgesamt sinken 78% (65% + 13%) aller FBA-pH-Werte der entsprechenden CTG-Extrakte ab, während sich 13% (4% + 9%) verbessern.

		FIGO		
		n→p	n→s	n→p+s
FBA-pH	innerhalb Normwerte ↑	0	1 (11%)	1 (4%)
	↓	9 (65%)	6 (67%)	15 (65%)
	↔	1 (7%)	1 (11%)	2 (9%)
	Präpath → Normwert ↑	1 (7%)	1 (11%)	2 (9%)
	Normwert→Präpath ↓	3 (21%)	0	3 (13%)
n		14	9	23

Tab.3.12 Verschlechterung des FIGO Scores im CTG-Verlauf

3.6.1 FIGO Score vor postpartueller Azidose

Je kleiner die Zeitdifferenz zwischen FBA und Geburt ausfällt, desto häufiger sind auffällige CTG-Befunde zu erkennen (Goeschen 1984). Dieser Aussage wird wie folgt nachgegangen:

Im Kollektiv haben 9 Neugeborene - mit insgesamt 16 durchgeführten FBAs im Geburtsverlauf - NS-pH-Werte < 7,15. Davon gehen 4 (25%) mit einem FIGO normal bewertetem CTG-Extrakt, 3 (19%) mit einem FIGO suspekt und 9 (56%) mit einem FIGO pathologisch bewertetem CTG einher.

Betrachtet man anhand Tabelle 3.13 die Zeitdifferenz (Δt) zwischen FBA und Geburt fällt auf, dass die entsprechenden CTG-Extrakte nur als normal (n=4) und suspekt (n=3) bewertet werden, wenn die FBA der Geburt mehr als 60 Minuten vorausgeht.

Im Gegensatz dazu sind in der letzten Stunde vor Geburt vermehrt pathologische FIGO Muster (n=5) im entsprechenden CTG-Extrakt zu erkennen.

5 der insgesamt 16 FBAs der Kinder mit NS-pH-Werten < 7,15 werden innerhalb der letzten 60 Minuten vor Entbindung durchgeführt; Von diesen wird der entsprechende CTG-Extrakt in allen Fällen (100%) von „Trium CTG Online“ als pathologisch bewertet.

Von den 11 FBAs, welche der Geburt mehr als 60 Minuten vorausgehen, kommt es in nur 4 Fällen (36%) zu einer pathologischen CTG-Bewertung.

Δt (min)	FIGO		
	N	S	P
< 15	0	0	2
15-30	0	0	1
31-60	0	0	2
>60	4	3	4
n=16	4 (25%)	3 (19%)	9 (56%)

Tab.3.13 FIGO Muster bei wachsender Zeitdifferenz zwischen FBA und Geburt

3.7 FIGO Score – Entbindungsmodus und Outcome-Parameter

Teilt man alle 263 Patientinnen des Kollektivs anhand des FIGO Scores in die Klassen Normal, Suspekt, Pathologisch und Suspekt plus Pathologisch (S + P) ein, zeigt sich die Verteilung aus Tabelle 3.14. Die FIGO Bewertungen aller CTG-Extrakte jeder Patientin werden betrachtet. Dabei ist jeweils der schlechteste Score für die Einteilung in die FIGO Klasse ausschlaggebend.

Bei 39 Patientinnen zeigen sich ausschließlich normale FIGO Befunde im CTG-Verlauf. Bei 92 Patientinnen sind mindestens einmal CTG-Extrakte mit suspekter Bewertung zu finden und bei der Mehrzahl, bei 130 Patientinnen, werden die Extrakte mindestens einmal im Verlauf als pathologisch klassifiziert. In der rechten Spalte werden die Patientinnen mit suspekter plus pathologischer Bewertung zusammengefasst.

Bei 2 Patientinnen kann der CTG-Extrakt aufgrund unzureichender Länge nicht bewertet werden. Daher entfallen sie dieser Einteilung und die Gesamtsumme der Patientinnen aller FIGO Klassen ergibt 261. Unter dem Begriff „OP-Einsparung“ versteht man Folgendes: Bei allen Patientinnen, deren CTG im Verlauf von „Trium CTG Online“ als pathologisch bewertet wird (n=130), müsste eine potentielle Gefährdung des Feten angenommen, und folglich die operative Entbindung in Erwägung gezogen werden. Zur näheren Abklärung wird in den meisten Fällen eine FBA durchgeführt. Zeigen sich normazide pH-Werte, kann bei vielen Patientinnen eine Spontangeburt abgewartet werden. Von 130 Patientinnen kommt es so bei 40% zur Spontangeburt. Mithilfe der FBA konnte also bei diesen 40% auf eine operative Entbindung mit der Indikation „pathologisches CTG“ verzichtet werden.

Dennoch sind diese Zahlen nur als grobe Richtwerte zu sehen, da es aufgrund einer Vielzahl anderer Indikationen, d.h. unabhängig der FHF-Muster, zur Sectio caesarea bzw. zur Spontangeburt kommen kann. In dieser Tabelle wird der Geburtsmodus ausschließlich in Bezug auf den FIGO Score und der FBA untersucht.

FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ und NS-pH-Werte $< 7,15$ zeigen sich bei pathologisch bewerteten CTGs häufiger als beim Normalbefund. Dagegen fallen postpartal klinisch deprimierte Kinder bei normal und pathologisch bewerteten CTGs in gleicher Anzahl auf.

FIGO	Normal	Suspekt	Pathologisch	S + P
Operativer Geburtsmodus	16 (41%)	42 (46%)	78 (60%)	120 (54%)
Spontangeburt	23 (59%)	50 (54%)	52 (40%)	102 (46%)
„OP-Einsparung“		54%	40%	46%
FBA-pH $\leq 7,20$	0 (0%)	1 (1%)	10 (8%)	11(5%)
> 7,20	39	91	120	211
Apgar 5' < 7	1 (3%)	1 (1%)	4 (3%)	5 (2%)
≥ 7	38	91	126	217
NS-pH < 7,15	0 (0%)	2 (2%)	7 (5%)	9 (4%)
$\geq 7,15$	39	90	123	213
Anzahl Patienten (N _{ges} =263)	39	92	130	222

Tab.3.14 Entbindungsmodus und Outcome-Parameter bezüglich des FIGO Scores

Pathologischer FIGO Score, aber normazider FBA-pH-Wert: Schlechteres Outcome?

Es stellt sich die Frage, ob die Outcome-Parameter bei Kindern, deren FBA-pH im Normbereich liegt - das entsprechende CTG jedoch als pathologisch bewertet wird - im Vergleich zum Gesamtkollektiv schlechter ausfallen.

In der Gruppe „FIGO P, FBA normazid“ findet sich bei 5,1% aller Neugeborenen ein NS-pH < 7,15 und bei 4% ein Apgar 5'-Wert < 7, während sich im Gesamtkollektiv nur 3,4% aller Kinder mit einem azidotischen NS-pH und 2,3% mit einer klinischen Depression zeigen.

	FIGO P, FBA \geq 7,25	Kollektiv
NS-pH < 7,15	5 (5,1%)	9 (3,4%)
Apgar 5' < 7	4 (4,0%)	6 (2,3%)
Anzahl Patienten	98	263

Tab.3.15 Vergleich Outcome-Parameter: Gruppe „FIGO P, FBA normazid“ und Gesamtkollektiv

3.8 Der pH-Wert der Fetalblutanalyse

3.8.1 Entbindungsmodus

In den folgenden Tabellen sind die FBA-pH-Werte wiederum analog der DGGG-Leitlinien in 3 Klassen unterteilt. PH-Werte \leq 7,2, Werte zwischen 7,21 und 7,24, und Werte mit einem pH von \geq 7,25.

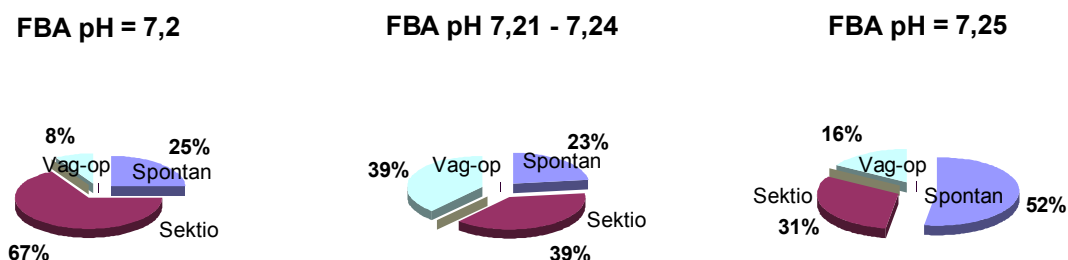
Tabelle 3.16 zeigt die Anzahl der einzelnen Entbindungsmodi für alle 3 pH-Klassen. In der linken Tabellenhälfte sind die Entbindungsmodi Spontangeburt, Notsektio, Sekundäre Sektio, Forzeps- und Vakuum-Extraktion einzeln aufgelistet. In der rechten Hälfte steht unverändert die Spontangeburt, jedoch sind Notsektio und Sekundäre Sektio allgemein als Sektio zusammengefasst. Forzeps- und Vakuum-Extraktionen werden unter dem Begriff „vaginal-operativ“ zusammengefasst. So erhält man einen besseren Überblick der Anzahl von Spontanentbindungen und operativen Entbindungen. N ist die Gesamtzahl der Fälle in der jeweiligen pH-Klasse. Insgesamt ergibt dies die Anzahl der im Kollektiv eingeschlossenen Patientinnen (n=263). Bei Patientinnen, die mehrere FBAs im Geburtsverlauf aufweisen, ist der jeweils niedrigste pH-Wert für die Einteilung ausschlaggebend.

	FBA-pH				FBA-pH		
	\leq 7,2	7,21 - 7,24	\geq 7,25		\leq 7,2	7,21 - 7,24	\geq 7,25
Spontan	3 (25%)	6 (23%)	118 (52%)	Spontan	3 (25%)	6 (23%)	118 (52%)
Notsektio	1 (8%)	0 (0%)	4 (2%)	Sektio	8 (67%)	10 (39%)	70 (31%)
Sek. Sektio	7 (58%)	10 (39%)	66 (29%)				
Forceps	0 (0%)	1 (4%)	5 (2%)	Vaginal-operativ	1 (8%)	10 (39%)	37 (16%)
Vakuum	1 (8%)	9 (35%)	32 (14%)				
<i>n</i>	12	26	225	<i>n</i>	12	26	225

Tab.3.16 Entbindungsmodus unterschiedlicher pH-Klassen

Abbildung 3.32 zeigt den prozentualen Anteil von Spontangeburt, Sektio und vaginal-operativer Entbindung innerhalb der einzelnen pH-Klassen. Da es sich hier um gerundete Werte handelt, ergibt die Summe nicht zwangsläufig 100%.

Abb.3.32 Entbindungsmodi unterschiedlicher pH-Klassen (Prozentangabe)



3.8.2 „Wiederholungs-FBA“

Tabelle 3.17 zeigt die Anzahl wiederholter Fetalblutanalysen in den jeweiligen pH-Klassen auf. In Klammern steht der prozentuale Wert in Bezug auf die Gesamtfallzahl der einzelnen pH-Klassen. So wird zum Beispiel in 12 Fällen ein FBA-pH $\leq 7,2$ gemessen. In 2 dieser 12 Fälle, bei 17%, kommt es zur Wiederholung der FBA. In der mittleren pH-Klasse kommt es bei 77% zu(r) Wiederholung(en) und in der höchsten pH-Klasse nur noch in 36% aller Fälle.

	$\leq 7,2$	7,21 - 7,24	$\geq 7,25$
Wiederholung der FBA	2 (17%)	20 (77%)	80 (36%)
N	12	26	225

Tab.3.17 Anzahl Wiederholungs-FBAs

3.8.3 Korrelation zwischen Sectio-Frequenz und Häufigkeit durchgeführter Fetalblutanalysen

Die prozentualen FBA- und Sectio-Anteile verschiedener Kliniken aus dem Jahr 2001 sind in Abbildung 3.33 dargestellt. Die Werte sind der BAQ Detailstatistik (Tab.3.1 und 3.3) entnommen.

Einteilung der verschiedenen Klinikarten:

- 1: Belegkliniken mit < 500 Geburten im Jahr
- 2: Belegkliniken mit ≥ 500 Geburten im Jahr
- 3: Chefarztkliniken mit < 500 Geburten im Jahr
- 4: Chefarztkliniken mit 500-999 Geburten im Jahr
- 5: Chefarztkliniken mit ≥ 1000 Geburten im Jahr
- 6: Unikliniken

Diagramme der Jahre 2000 und 2002 zeigen nahezu identische Verläufe, daher wird auf weitere Abbildungen verzichtet.

Eine Korrelation ist nicht zu erkennen.

Abb.3.33 Korrelation zwischen Sectio- und FBA-Frequenz verschiedener Klinikarten

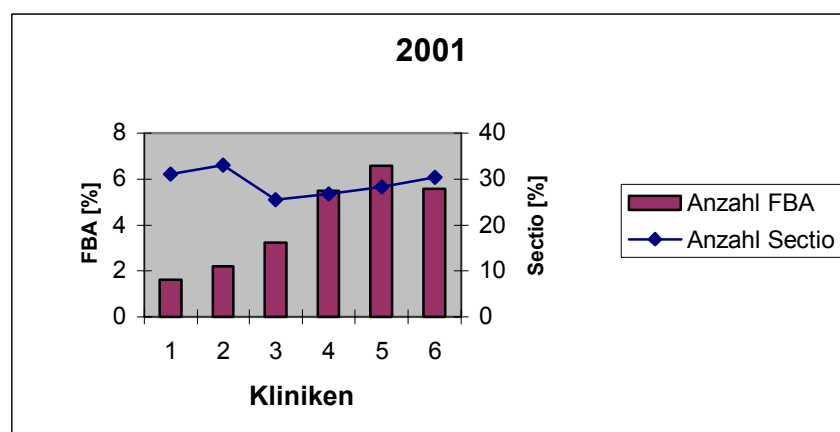
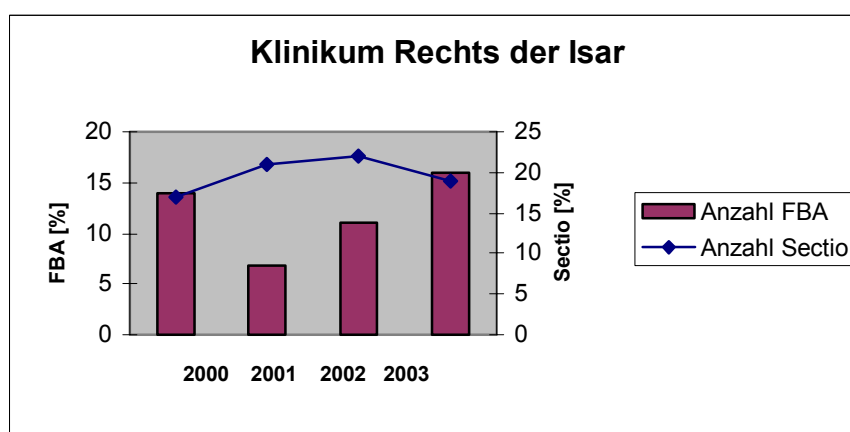


Abbildung 3.34 zeigt die prozentualen FBA- und Sectio-Anteile der Jahre 2000 - 2003 der Frauenklinik Rechts der Isar. Hier lässt sich ein Trend in Richtung „weniger FBAs - höhere Sectio-Rate“ erkennen, eine Korrelation kann jedoch nicht abschließend belegt werden.

Abb.3.34 Korrelation zwischen Sectio- und FBA-Frequenz der Frauenklinik Rechts der Isar



3.8.4 Alter der Mutter im Zusammenhang zu pathologischen FBA-pH-Werten

In Tabelle 3.18 sind alle Patientinnen in 2 Altersklassen unterteilt. 66 der insgesamt 263 Gebärenden sind 35 Jahre oder älter, 179 jünger. Der jeweiligen Altersklasse ist die Anzahl gemessener FBA-pH-Werte < 7,2 und 7,21 - 7,24 zugeteilt. Fett gedruckt ist die Prozentangabe, bezogen auf die jeweilige Altersgruppe im Gesamtkollektiv. Es zeigt sich eine fast identische Verteilung (prä-)azidotischer und azidotischer FBA-pH-Werte in beiden Altersgruppen.

Alter der Mutter [Jahre]	Anzahl	FBA-pH < 7,2	Prozentualer Anteil	FBA-pH 7,21 - 7,24	Prozentualer Anteil
≥ 35	66	3	4,5%	7	10,6%
< 35	197	9	4,6%	19	9,6%
Gesamtkollektiv	n = 263	n = 12		n = 26	

Tab.3.18 Alter der Mutter und (prä-)azidotischer FBA-pH

3.9 „Outcome“ des Neugeborenen

In Tabelle 3.19 ist die Anzahl Kinder der jeweiligen pH-Klasse aufgezeigt, welche durch einen NS-pH < 7,15 und/oder einen Apgar 5'-Wert < 7 auffallen. In Klammern steht der prozentuale Wert in Bezug auf die Gesamtfallzahl der einzelnen pH-Klasse. Da bei einigen Kindern mehrere FBAs im Geburtsverlauf durchgeführt werden, ist der jeweils schlechteste FBA-pH-Wert für die Einteilung in die pH-Klasse ausschlaggebend.

FBA-pH				FBA-pH ≤ 7,20	
Nabelschnur pH < 7,15	≤ 7,2	7,21 - 7,24	≥ 7,25	Sensitivität	Spezifität
	1 (8%)	4 (15%)	4 (2%)	6,25%	96,96%
Apgar 5' < 7	1 (8%)	0 (0%)	5 (2%)	10%	96,99%
	<i>n</i> = 263	12	26	225	

Tab.3.19 „Schlechtes Outcome“ unterschiedlicher FBA-pH Klassen

Tab.3.20 Sensitivität und Spezifität FBA-pH < 7,20

Für alle FBAs des Kollektivs gilt: Die Sensitivität für FBA-pH-Werte ≤ 7,20, Kinder mit einem NS-pH < 7,15 zu erkennen, liegt bei 6,25%; Kinder mit einem Apgar 5'-Wert < 7 zu erkennen bei 10%.

Die Spezifität liegt für beide Outcome-Parameter nahezu gleich: 96,96% (NS-pH-Wert > 7,20) bzw. 96,99% (Apgar 5'-Wert > 7).

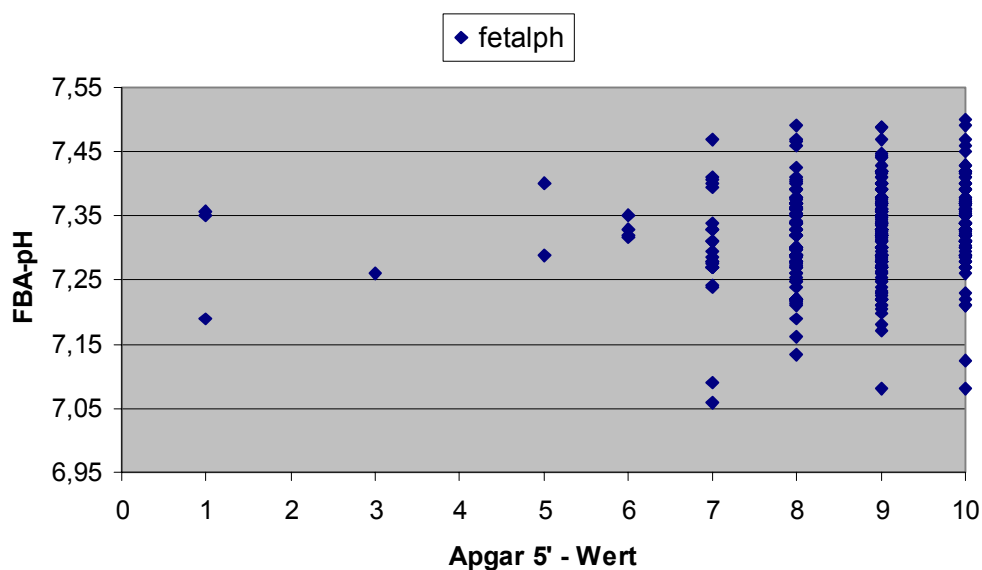
3.9.1 FBA-pH und Apgar 5'-Wert

Abbildung 3.35 zeigt die Verteilung der unter Geburt gemessenen FBA-pH-Werte auf den klinischen Zustand des Neugeborenen (Apgar 5'-Wert).

Bei Apgar-Werten < 7 zeigt sich eine Spanne der zuvor gemessenen FBA-pH-Werten von 7,18 - 7,4. Bei Apgar-Werten ≥ 7 fällt die Spannbreite noch größer aus; Der niedrigste FBA-pH-Wert liegt bei 7,06, der Höchste bei 7,50.

Hinweis: In diesem Patientinnen-Kollektiv (*n* = 263) gibt es insgesamt 6 Neugeborene mit einem Apgar 5'-Wert < 7 (Tab 3.19). In Abbildung 3.35 sind jedoch 9 Fälle mit einem Apgar 5'-Wert < 7 zu erkennen. Ursache hierfür ist, dass allen 416 FBA-pH-Werten der zugehörige Apgar 5'-Wert zugeordnet wurde. Viele Kinder hatten im Geburtsverlauf mehrerer Fetalblutanalysen und folglich auch mehrere pH-Werte. Der Apgar 5'-Wert eines Kindes wird in diesen Fällen mehreren FBA-pH-Werten zugeordnet.

Abb.3.35 Verteilung der 416 FBA-pH-Werte auf die entsprechenden Apgar 5'-Werte



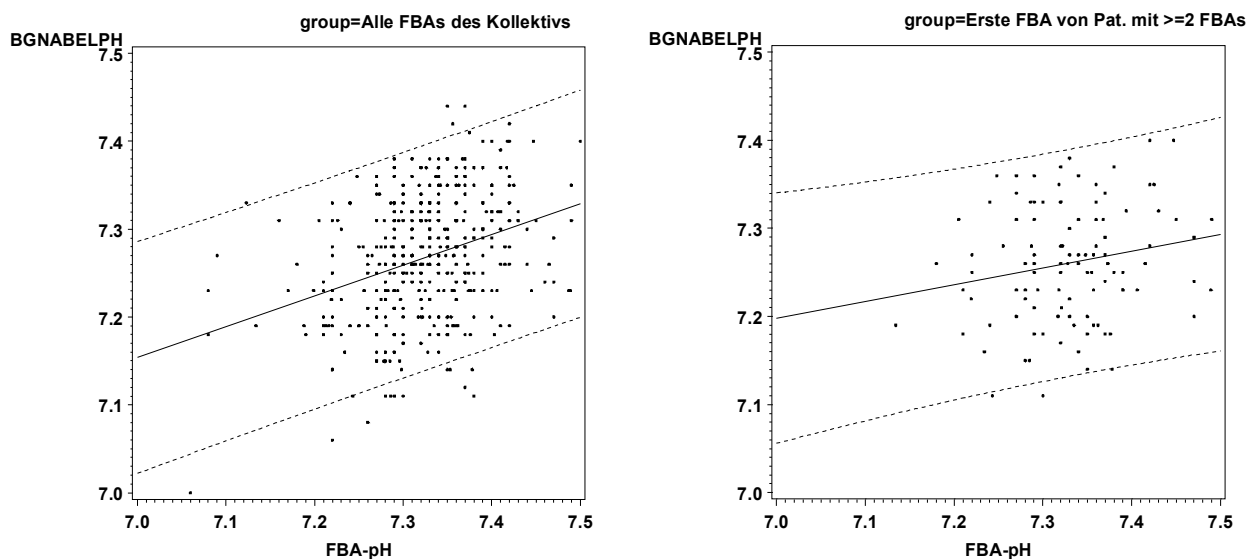
3.9.2 FBA-pH und Nabelschnurarterien-pH

Spearman Korrelationskoeffizient:

Für alle FBAs des Kollektivs (Gruppe 1) zeigt sich eine signifikante Korrelation zwischen den FBA-pH- und NS-pH-Werten mit p-Werten < 0.0001 .

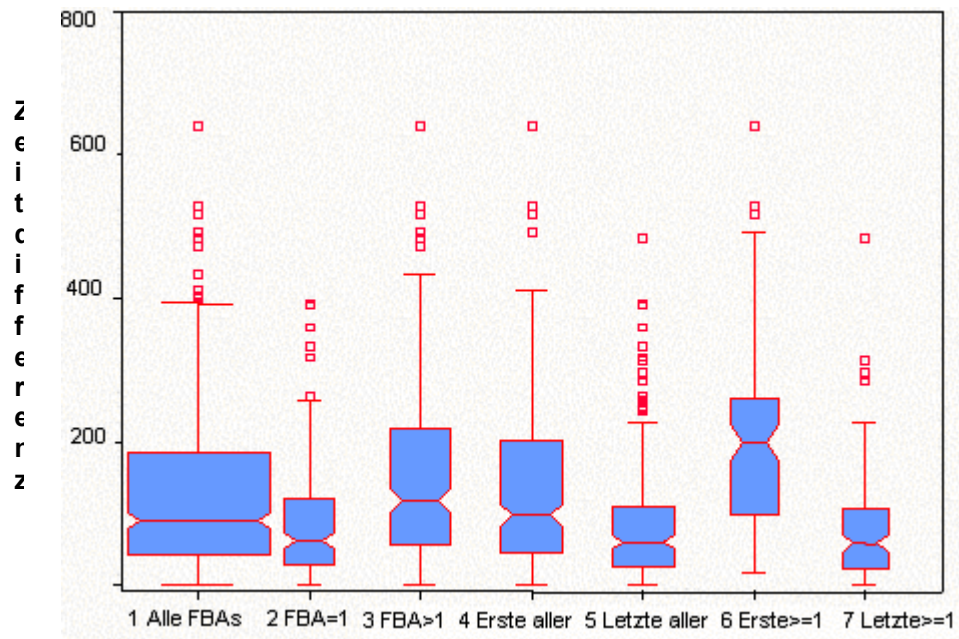
Dies gilt ebenso für alle Untergruppen des Kollektivs – abgesehen von Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs; $p=0,0799$).

Abb.3.36 Korrelation zwischen NS-pH und FBA-pH, Gruppe 1 links und Gruppe 6 rechts



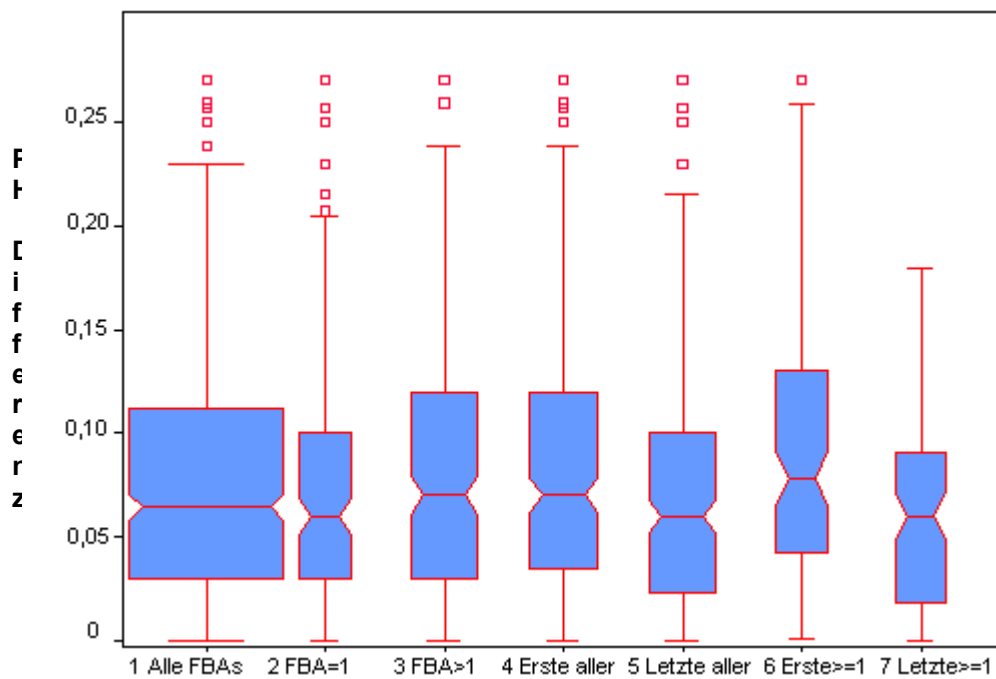
Bei Betrachtung des zeitlichen Abstands zwischen durchgeführter FBA und Entbindung aller 7 Gruppen, fällt auf, dass Gruppe 6 die größte Zeitdifferenz aufweist (Abb.3.37).

Abb.3.37 Zeitliche Differenz zwischen FBA und Entbindung, Gruppen 1-7



Dementsprechend verhält sich auch die Differenz zwischen den pH-Werten der FBA und der Nabelschnurarterie.

Abb.3.38 Differenz zwischen FBA-pH und NS-pH, Gruppen 1-7



3.10 Indikation für die Durchführung einer FBA

Um die Indikation zur Durchführung einer FBA präzisieren zu können, ist es wichtig zu wissen, welcher Parameter am besten auf den postpartualen NS-pH-Wert schließen lässt.

Dass ein Zusammenhang sowohl zwischen FBA-pH und NS-pH (Abb.3.39), als auch zwischen FIGO Score und NS-pH (Abb.3.40) besteht, wurde bereits erwähnt.

Auch die Kombination aus beiden Parametern zeigt einen Zusammenhang (Abb.3.41). Hierzu werden 3 Gruppen gebildet:

1. Beide Parameter pathologisch: FIGO Pathologisch + FBA-pH < 7,20
2. Andere Kombinationen: FIGO Normal + FBA-pH < 7,25
 - FIGO Suspekt + FBA-pH < 7,25
 - FIGO Suspekt + FBA-pH \geq 7,25
 - FIGO Pathologisch + FBA-pH \geq 7,25
3. Beide Parameter normal: FIGO Normal + FBA-pH \geq 7,25.

P-Werte der Korrelation:

„FBA-pH ~ NS-pH“: $p=0,0003^*$

„Kombination FIGO/FBA ~ NS-pH“: $p=0,0059^*$

„FIGO Score ~ NS-pH“: $p=0,0558$

* signifikante Korrelation ($p < 0,05$)

Alle Werte beziehen sich auf die Gesamtheit aller FBAs im Kollektiv (Gruppe 1).

Abb.3.39 Verteilung der FBA-pH-Werte auf den NS-pH

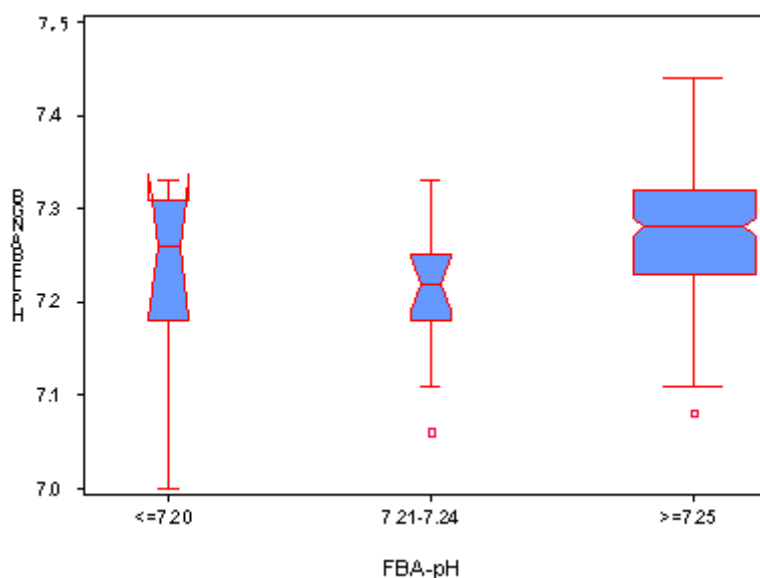


Abb.3.40 Verteilung der FIGO Klassen auf den NS-pH

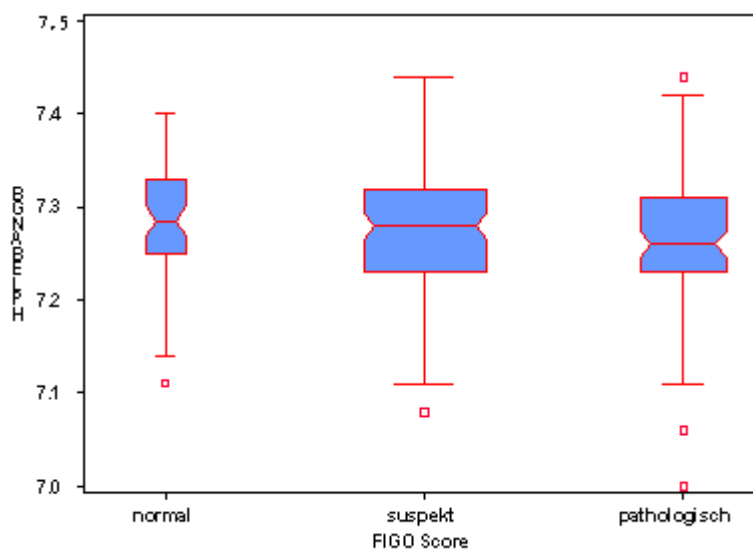
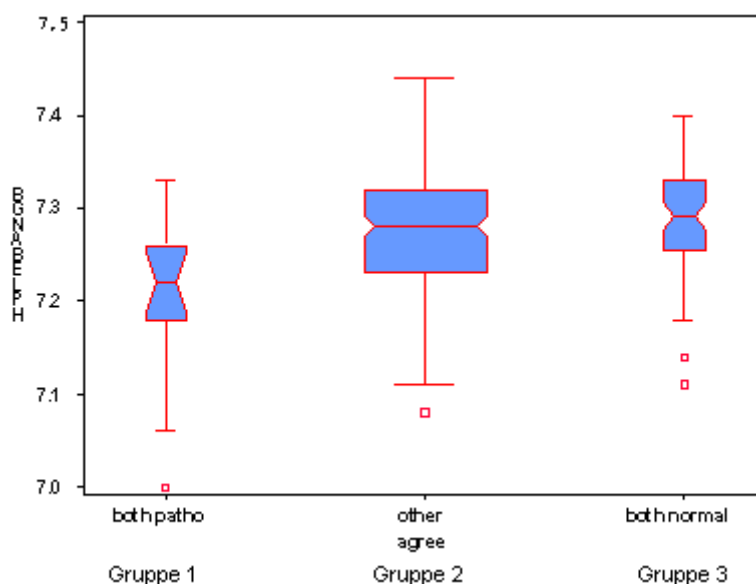


Abb.3.41 Verteilung der Kombination FIGO/FBA -Gruppen auf den NS-pH



3.10.1 Indikation mittels FIGO Gesamt-Score

Um in Zukunft FBAs im Geburtsverlauf einzusparen, könnte man aufgrund der genannten Korrelationen behaupten, dass bei FIGO normal bewerteten CTGs keine FBA nötig sei. Untersucht man das Kollektiv retrospektiv in der Annahme, die Indikation für die Durchführung einer FBA wäre bei den Befunden „Suspekt“ und „Pathologisch“ gestellt worden - also nicht bei „Normal“ - zeigen sich die Sachverhalte aus Tabelle 3.22. Die Anzahl der Outcome-Parameter (Apgar 5'-Wert und NS-pH) bezieht sich auf die „übersehenen“ Kinder, deren CTG von „Trium CTG Online“ als normal bewertet wird und somit keine Indikation zur FBA dargestellt hätte.

N eingesparte FBA	92 (22,38%)
N Versäumter FBA-pH < 7,25	2 (2,17%)
≤ 7,20	1 (1,09%)
Apgar 5' < 7	3 (3,26%)
NS-pH < 7,15	3 (3,26%)

Tab.3.22 Indikation zur FBA: FIGO Score "Suspekt und Pathologisch"

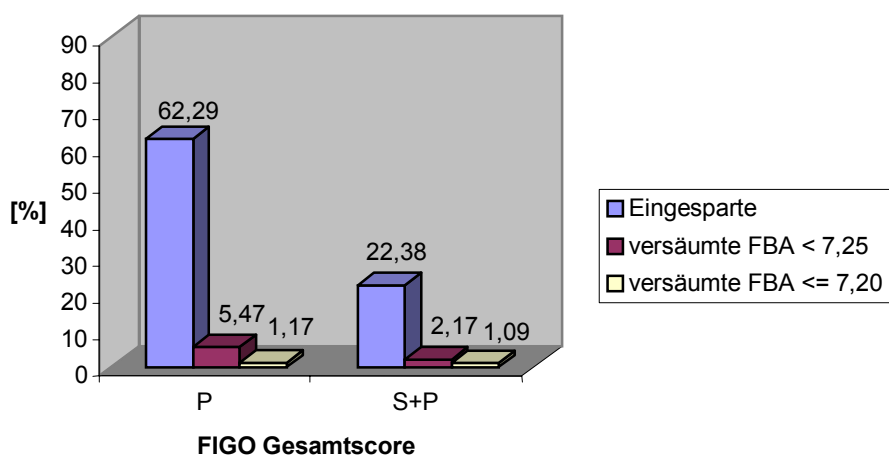
Untersucht man das Kollektiv retrospektiv in der Annahme, allein bei einer pathologischen CTG-Bewertung wäre es zur weiteren Abklärung mittels FBA gekommen, zeigen sich die in Tabelle 3.23 dargestellten Sachverhalte.

N eingesparte FBA	256 (62,29%)
N Versäumter FBA-pH < 7,25	14 (5,47%)
≤ 7,20	3 (1,17%)
Apgar 5' < 7	5 (1,95%)
NS-pH < 7,15	6 (2,34%)

Tab.3.23 Indikation zur FBA: FIGO Score "Pathologisch"

Abbildung 3.42 zeigt die prozentualen Anteile der eingesparten FBAs, der versäumten FBA-pH-Werte < 7,25 und der versäumten FBA-pH-Werte ≤ 7,20 für beide Indikationen auf. P steht für die Indikation zur FBA bei FIGO pathologisch bewerteten CTGs; S + P steht für die Indikationsstellung bei CTG-Extrakten, die von „Trium CTG Online“ als suspekt oder als pathologisch bewertet werden.

Abb.3.42 FBA Einsparung mittels Gesamt-Score



3.10.2 Indikation mittels FIGO Einzelkomponenten

Anstatt die Indikation zur Durchführung einer FBA anhand des FIGO Gesamt-Scores zu stellen, kann man sich ebenso nach der Bewertung der Einzelkomponenten richten. Erneut wird angenommen, die Indikation zur FBA wäre in diesem Kollektiv nur bei bestimmter FIGO Bewertung gestellt worden. In der Spalte Dezeleration S/P wären all die CTGs mittels FBA weiter abgeklärt worden, die aufgrund der Einzelkomponente Dezeleration von „Trium CTG Online“ als suspekt oder pathologisch bewertet werden. In der zweiten Spalte nur die CTGs mit einem pathologischen Befund. In der letzten Spalte wären die

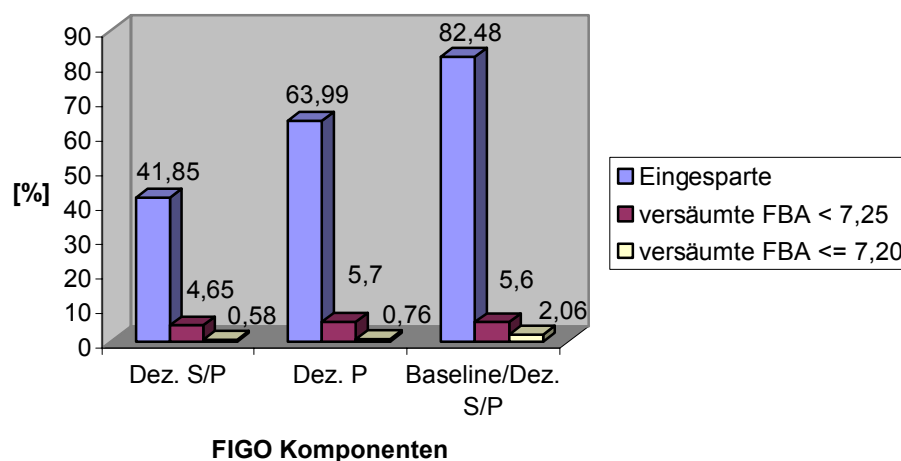
CTGs weiter abgeklärt, welche aufgrund der Baseline *und* der Dezeleration entweder als suspekt oder pathologisch bewertet werden.

Tabelle 3.24 zeigt den prozentualen Anteil eingesparter und versäumter FBAs, sowie die Anzahl schlechter Outcome-Parameter der „übersehenden“ Neugeborenen. In Abbildung 3.43 werden diese Zahlen graphisch dargestellt.

	Dezeleration S/P	Dezeleration P	Baseline/Dezeleration S/P
Eingesparte	172 (41,85%)	263 (63,99%)	(82,48%)
versäumte FBA < 7,25	8 (4,65%)	15 (5,7%)	(5,6%)
≤ 7,20	1 (0,58%)	2 (0,76%)	(2,06%)
Apgar 5' < 7	4 (2,33%)	5 (1,9%)	6 (1,77%)
NS-pH < 7,15	6 (3,49%)	6 (2,28%)	8 (2,36%)

Tab.3.24 Indikation zur FBA anhand bestimmter Einzelkomponenten

Abb.3.43 FBA Einsparung mittels bestimmter Einzelkomponenten



An dieser Stelle muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Indikation für die Durchführung einer FBA nicht immer allein aufgrund auffälliger CTG-Muster gestellt wird - auch wenn dies hauptsächlich der Fall ist. Beispielsweise können maternale Risikofaktoren, akut eintretende Beschwerden oder prolongierte Geburtsverläufe ebenso eine FBA erforderlich machen. Daher hätten aufgrund dieser „CTG-unabhängigen Faktoren“ einige FBAs eventuell nicht einfach eingespart werden können. Die Zahl N der „eingesparten FBAs“ in den Tabellen kann daher nur als grober Richtwert gesehen werden.

4. Diskussion

4.1 Stellenwert der Fetalblutanalyse, CTG-Kontrolle und Sectio caesarea

Die Bayrische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätssicherung in der stationären Versorgung (BAQ) erstellt jährlich eine Detailstatistik aller Entbindungen im Bundesland Bayern. Ziel ist die Qualitätssicherung und -verbesserung des geburtshilflichen Handelns. Seit 1986 hat sich dieses Prinzip in allen westlichen Bundesländern etabliert und mittlerweile ist die Perinatalerhebung Bestandteil der Qualitätssicherung in der stationären Versorgung.

Auszüge der Detailstatistik Bayerns und die Zahlen der Frauenklinik Rechts der Isar der TU München zeigen in den Jahren 2000 bis 2003 folgende Sachverhalte auf (Tab.3.1-3):

Betrachtet man die Frequenz durchgeführter Fetalblutanalysen, liegt die Frauenklinik Rdl in dieser Zeitspanne deutlich über dem Durchschnitt aller Kliniken. Im Allgemeinen wird an größeren Häusern, d.h. an Universitätskliniken und Chefarztkliniken mit mehr als 500 Geburten im Jahr, eine größere Anzahl FBAs als in kleineren Häusern durchgeführt. Hierfür können verschiedene Gründe ausschlaggebend sein. An großen Häusern findet sich eine größere Anzahl Ärzte, welche die Methode der Fetalblutanalyse beherrschen und befürworten. In Kliniken mit Aus- und Weiterbildungsbefugnis wird vermehrt darauf geachtet, dass bereits Jungmediziner mit dieser Methode vertraut gemacht werden und diese auch anwenden. Des Weiteren werden Geburten, die bereits zu Anfang mit kindlichen bzw. maternalen Risikofaktoren einhergehen - und im Verlauf eher eine FBA benötigen als risikolose Geburten - bevorzugt an größeren Kliniken durchgeführt.

Die Verteilung der FBA-Frequenz in der Frauenklinik Rdl weist starke Schwankungen über die Jahre auf. Dies kann unter anderem davon abhängen, welche Ärzte zum jeweiligen Zeitpunkt im Kreissaal arbeiten, d.h. wie viele die Durchführung der FBA wiederum beherrschen und unterstützen. Letzteres wird von der allgemeinen Stellung der FBA in der Geburtshilfe, entsprechend aktueller Publikationen, mitbestimmt. Nach Empfehlung der DGGG und weiteren Autoren ist zur Verifizierung suspekter CTG-Befunde vorrangig die FBA angezeigt (ACOG 1996, Jensen et Martius 1998, Dudenhausen et Pschyrembel 2001, RCOG 2001, Künzel 2002). Dagegen wird jedoch von der kanadischen Fachgesellschaft die Durchführung der FBA neben der vibroakustischen Stimulation als gleichrangig angesehen (SOGC 2002). Auch vor Komplikationen wie Verletzungen, Blutungen und Infektionen wird gewarnt (Chawla et al. 1984). Die Meinungen gehen weit auseinander und dies kann sich auf die Stimmung der zuständigen Ärzte in der Geburtshilfe auswirken.

Im Rahmen der CTG-Kontrolle weist die Frauenklinik Rdl, verglichen mit den anderen Kliniken in den Jahren 2000 bis 2003, ebenfalls die höchste Rate auf. Die BAQ Detailstatistik zeigt, dass im Jahr 2000 die Beleg- und Chefarztkliniken deutlich häufiger das CTG zur Kontrolle heranzogen als die Universitätskliniken. In den Folgejahren ist diese Differenz jedoch nicht mehr zu erkennen.

Der Anteil durchgeführter Sectiones caesarea der Jahre 2000 - 2003 ist in der Frauenklinik Rdl jeweils geringer als in den anderen Kliniken. Abgesehen von der Frauenklinik Rdl ist deutlich die steigende Tendenz der Kaiserschnitttrate im Verlauf der letzten Jahre zu erkennen, wobei die Zahlen der Unikliniken jeweils am höchsten ausfallen. Wiederum liegt die Erklärung darin, dass risikoreiche Schwangerschaften vermehrt an Unikliniken entbunden werden – und mit begleitendem Risiko wächst

gleichermaßen die Sectio-Rate mit an. Weitere Gründe für die international steigende Tendenz der Sectio-Rate werden unter anderem in monetären, organisatorischen und juristischen Bereichen vermutet. Eine wachsende Bedeutung erlangt auch der ausdrückliche Wunsch der Schwangeren, die Geburt per Kaiserschnitt durchzuführen. Aus medizinischer Sicht ist einer der häufigsten Gründe für die Entscheidung zur Sectio caesarea das Vorliegen eines pathologischen CTG-Musters (Berle et Misselwitz 1998). Dies spiegelt sich auch in diesem Kollektiv wieder.

Der enorme Anstieg der Sectio-Rate weltweit kann beispielsweise anhand den Zahlen des Boston City Hospitals verdeutlicht werden: 1937 wurden hier 3% aller Kinder per Sectio caesarea entbunden, im Jahr 2005 liegt die Rate 10mal höher – bei 30% (Jeffrey et al. 2007). Entsprechend hierzu liegt die Durchschnitts-Rate aller Kliniken in Bayern für das Jahr 2005 bei 29,9% (BAQ 2005).

4.2 Repräsentativität des Patientinnen-Kollektivs

Um sicherzugehen, dass die Auswahl der Analysegruppe keinen unerwarteten Selektionseffekten unterliegt, und die Gruppe der nicht einschließbaren Patientinnen zufällig - und nicht systematisch - zustande gekommen ist, vergleicht man die Charakteristika aller Patientinnen des Ursprungkollektivs miteinander. Hierfür werden die Patientinnen in drei verschiedene Gruppen aufgeteilt (Tab.3.4).

Im Vergleich der Analysegruppe mit Gruppe 1 (ebenfalls Patientinnen mit FBA und CTG-Kontrolle, jedoch aufgrund in Kapitel 2.1 genannter Gründe aus der Analysegruppe ausgeschlossen) zeigen sich keine auffälligen Unterschiede in den Patientinnen-Charakteristika.

Im Gegensatz dazu zeigt sich gemäß aller Erwartungen, dass sich Patientinnen mit FBA(s) im Geburtsverlauf (Analysegruppe und Gruppe 1) aufgrund „risikoreicherer Geburt“ von Patientinnen ohne FBA (Gruppe 2) in einigen Charakteristika unterscheiden:

Die Anzahl an Spontangeburt ist in Gruppe 2 deutlich höher, während die (vaginal-)operativen Entbindungen im Vergleich weniger sind. Dies lässt sich damit erklären, dass die Indikation zur FBA häufiger bei komplikations- und risikoreichen Geburten gestellt wird, welche am Ende auch vermehrt (vaginal-)operativ beendet werden. Als Hauptindikationen für die operative Entbindung sind aktengemäß vor allem ein suspektes/pathologisches CTG oder ein protrahierter Geburtsverlauf zu nennen. Gibt es hingegen keinen Anhalt für Komplikationen oder Risiken im Geburtsverlauf, kommt es seltener zur FBA und es resultieren häufiger Spontangeburt.

Die Parameter des kindlichen Outcomes verhalten sich folgendermaßen; Während der Apgar 5`-Wert keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen aufweist, ist ein NS-pH-Wert $< 7,25$ in der Analysegruppe deutlich häufiger zu finden als in Gruppe 2. Analog hierzu verhält sich die Durchführung einer Tokolyse. Auch hier liegt wieder die Vermutung nahe, dass sich in der Analysegruppe die komplikationsreicheren Geburten befinden.

Vergleichbare Differenzen zwischen Patientinnen „mit“ und „ohne FBA“ im Geburtsverlauf sind in einer Arbeit von Misselwitz (2005) zu finden. Die Repräsentativität des Patientinnen-Kollektivs ist gewährleistet.

4.3 Validität des computergestützten FHF-Monitoring in Bezug zum FBA-pH

Nach der gängigen deutschen Lehrbuchmeinung und vieler internationaler Fachgesellschaften (ACOG 1989, RCOG 2001, DGGG 2004) ist das CTG-Monitoring ein unverzichtbarer Bestandteil der Geburtsüberwachung. Dennoch sind der Stellenwert und der Benefit des CTGs, besonders im englischsprachigen Raum, nicht unumstritten (Grant 1993, Donker et al. 1992, Thacker et al. 2001, Geraedts et Neumann 2003). Ein großer Kritikpunkt betrifft die Interpretation von CTG-Befunden. Die Tatsache, dass sich bei der Beurteilung ein und desselben CTGs durch mehrere erfahrene Geburtshelfer signifikante Unterschiede ergeben (Inter-observer Variabilität), ist von vielen Studien belegt worden (Knitz et al. 1992, Donker et al. 1992, Valentin et al. 1993, Schifrin 1995, Parer et King 2000, Devane et Lalor 2005). Selbst die Re-Test-Reliabilität des gleichen Auswerters (Intra-observer Variabilität) zeigt in Studien schlechte Ergebnisse (Eskes 1994, Ayres-de-Campo et al. 1999, Devane et Lalor 2005).

Um eine standardisierte Interpretationsgrundlage zu schaffen, wurden eine Reihe von Scores und Indices ausgearbeitet, die alle auf ähnlichen Prinzipien beruhen: Normalen oder auffälligen Befunden werden Punkte zugeordnet, welche anschließend addiert werden. Das Gesamtergebnis korreliert mit dem Ausmaß der fetalen Gefährdung. Zu nennen sind hier der Kubli Score 1971, Hammacher Score 1974, Fischer Score 1976 und Krebs Score 1979. Seit 1987 erfolgt die Differenzierung von normalen, suspekten und pathologischen FHF-Mustern entsprechend der FIGO-Richtlinien (FIGO 1987), auf welchen auch die Software „Trium CTG Online“ basiert. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Inter- und Intra-Observer-Variabilität durch die Einführung der computergestützten Klassifizierung der CTG-Registrierung eine zuverlässigere Einordnung des CTG-Musters möglich ist (Keith et al. 1995). „Trium CTG Online“ wurde mit der visuellen Analyse von CTG-Experten getestet und führt zu einer signifikanten Verbesserung der Reproduzierbarkeit (Schindler 2002).

Abgesehen des FIGO Scores konnte sich keiner der vorherigen Punktsysteme einheitlich im klinischen Alltag durchsetzen. Kritiker stellen in Frage, ob die vereinfachte Darstellung in einem Summenscore gerechtfertigt sei und der Komplexität der Situation tatsächlich Rechnung tragen kann. Vor allem die fehlende Berücksichtigung von fetalen Verhaltensmustern und des fetalen Schlaf-Wach-Rhythmus wird hier aufgeführt (Jensen et Martius 1998).

4.3.1 FIGO Gesamt-Score

Ein weiterer Kritikpunkt bezüglich der Interpretationsschwierigkeiten ist die Tatsache, dass es sich bei dem CTG zwar um ein Verfahren mit hoher Sensitivität handelt, auf der anderen Seite jedoch unter einem großen Anteil falsch-positiver FHF-Muster - und somit einer niedrigen Spezifität - leidet (Brown et al. 1982, Gardosi et FIGO 1995, Bernardes et al. 1997, Enkin 2002).

Die Sensitivität des CTGs, eine fetale Hypoxie anzuzeigen liegt studienabhängig bei 80-100% (Steer 1989, Murphy 1990, Schneider 1996, Axt 1997, Goeschen 1997, Seelbach-Göbel 1998, Roemer et Walden 2006). Bei der computergestützten Analyse durch „Trium CTG Online“ in Bezug auf die FBA-pH-Werte zeigen sich in diesem Kollektiv folgende Werte zum Vergleich (Tab.3.6).

Die Sensitivität des FIGO Scores, eine potentielle fetale Gefährdung (FBA-pH-Wert < 7,25 bzw. \leq 7,20) anhand der Befunde „Suspekt plus Pathologisch“ zu erkennen, liegt bei 95,24% bzw. 92,31%. Die

Sensitivität des FIGO Scores, FBA-pH-Werte nur anhand des Befundes „Pathologisch“ zu erkennen, liegt mit 66,67% (FBA-pH < 7,25) bzw. 76,92% (FBA-pH ≤ 7,20) niedriger.

Die Spezifität für die Diagnose der fetalen Hypoxie beträgt je nach Studie nur 9-63% (Saling 1995, Schneider 1996, Kühnert et al. 2001). Im Kollektiv liegt die Spezifität für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ bei FBA-pH-Werten < 7,25 mit 24,39% etwas höher als bei FBA-pH-Werten ≤ 7,20 mit nur 22,86% - beide Werte fallen in die Spanne vorheriger Studienergebnisse. Besser fällt es für den Befund „Pathologisch“ aus; Hier ergeben sich Werte von 65,58% (FBA-pH-Werte < 7,25) und 63,57% (FBA-pH-Werte ≤ 7,20). Die Werte liegen gering oberhalb denen genannter Studien.

Entsprechend niedrig fällt der positive Vorhersagewert aus. Im Kollektiv liegt er für den Befund „Pathologisch“ bei 18,06% (FBA-pH-Werte < 7,25) bzw. 6,45% (FBA-pH ≤ 7,20). Im Vergleich dazu liegen die Werte anderer Studien zwischen 15 – 20% (Steer 1989, Dumler et al. 1993).

Der negative prädiktive Wert liegt studienabhängig bei 80-96%. Im Kollektiv liegt er mit 97,83% bzw. 98,91% oberhalb genannter Grenzen.

Generell lässt sich über die Sensitivität sagen, dass die Werte für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ in beiden FBA-pH-Bereichen (< 7,25 und ≤ 7,20) höher ausfallen als für den singulären Befund „Pathologisch“ (Abb.3.6). Dies entspricht den Erwartungen, denn einige schlechte FBA-pH-Werte verstecken sich bereits hinter suspekten FHF-Mustern – und nicht erst hinter pathologischen. Beide Befunde zusammen decken dementsprechend vermehrt (prä-)azidotische pH-Werte auf.

Genau anders herum verhält es sich mit der Spezifität. Hier nimmt der Befund „Pathologisch“ höhere Werte an. Auch dies ist wieder gemäß allen Erwartungen, denn viele normazide FBA-pH-Werte werden von suspekten FHF-Mustern begleitet. Dieser Sachverhalt unterstützt die Meinung einiger Autoren, dass sich das CTG zeitlich vor dem FBA-pH verschlechtert (Wood et al. 1967, Goeschen et al. 1984). So zeigt das CTG bereits suspekte Muster, während die FBA noch im normaziden Bereich liegt. Zeigt das CTG daraufhin pathologische Muster, haben sich die pH-Werte meist ebenfalls verschlechtert.

Es resultiert eine große Differenz zwischen den hohen Werten der Sensitivität und den niedrigen Werten der Spezifität für den FIGO Befund „Suspekt plus Pathologisch“. Die für das CTG-Monitoring typische, und in vielen Studien bereits beschriebene, hohe Sensitivität mit begleitender niedriger Spezifität wird in dieser Arbeit bestätigt. Die (prä-)azidotischen FBA-pH-Werte (< 7,25) werden anhand entsprechender FHF-Muster gut erkannt, die normaziden pH-Werte weniger.

Im Gegensatz dazu fällt für den FIGO Befund „Pathologisch“ die Differenz zwischen den Werten der Sensitivität und Spezifität geringer aus (Abb.3.6). pH-Werte im azidotischen Bereich (≤ 7,20) werden, verglichen mit dem Befund „Suspekt plus Pathologisch“, seltener aufgedeckt (schlechtere Sensitivität), die normaziden FBA-pH-Werte jedoch besser erkannt (bessere Spezifität).

Betrachtet man den Befund „Suspekt plus Pathologisch“, fällt auf, dass für einen FBA-pH ≤ 7,20 sowohl die Werte der Sensitivität, als auch der Spezifität deutlich schlechter ausfallen als für einen FBA-pH < 7,25. Daraus folgt: Je tiefer die FBA-pH-Werte, desto schlechter können diese den Befunden „Suspekt plus Pathologisch“ durch die computergestützte CTG-Analyse zugeordnet werden. Das liegt daran, dass sich hinter suspekten Mustern häufig FBA-pH-Werte > 7,20 „verstecken“.

Bei Betrachtung des singulären Befundes „Pathologisch“ erkennt man eine Steigerung der Sensitivität bei niedrigeren pH-Werten, d.h. azidotische FBA-pH-Werte werden anhand entsprechender FHF-Muster tatsächlich vermehrt als pathologisch bewertet. Anders sieht es bezüglich der Spezifität aus. Hier sinkt der Wert bei FBA-pH-Werten $\leq 7,20$ analog dem Befund „Suspekt plus Pathologisch“ gering ab. Einige pH-Werte $> 7,20$ werden hier von FHF-Mustern begleitet, die von „Trium CTG Online“ fälschlicherweise als pathologisch bewertet werden (falsch-positive Befunde).

4.3.2 Korrelation zwischen FIGO Gesamt-Score und FBA-pH

Die Tatsache, dass eine signifikante Korrelation zwischen dem FIGO Score der Software „Trium CTG Online“ und den gemessenen FBA-pH-Werten besteht, kann für dieses Kollektiv in Kapitel 3.4.2.1 nachgewiesen werden.

Auch die Verteilung der FBA-pH-Werte auf die FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch verdeutlicht diesen Sachverhalt. Der Anteil niedriger pH-Werte ($\leq 7,20$) wächst erwartungsgemäß von FIGO Normal bis FIGO Pathologisch an. Dementsprechend gegensätzlich verhält sich der Anteil höherer FBA-pH-Werte ($\geq 7,25$). Dieser sinkt von FIGO Normal über Suspekt bis FIGO Pathologisch ab (Abb.3.2). Des Weiteren zeigt die Darstellung der FBA-pH-Verteilung mittels Boxplots auf, dass sich unter dem Befund FIGO Pathologisch generell vermehrt niedrige FBA-pH-Werte finden. Sowohl der Median, als auch das 25- und 75%-Quantil sinken von FIGO Normal bis FIGO Pathologisch ab (Abb.3.3).

Ebenso wird anhand der FBA-pH-Verteilung erkennbar, dass der Analysesoftware die CTG-Klassifizierung bezüglich hoher FBA-pH-Werte schwer fällt. Während azidotische FBA-pH-Werte ($\leq 7,20$) in der Mehrzahl der Fälle mit einem als pathologisch bewertetem CTG einhergehen, werden entsprechende CTGs normazider FBA-pH-Werte vermehrt als suspekt, oder gar als pathologisch, bewertet (Tab.3.5). Dieser Sachverhalt verdeutlicht aufs Neue die bereits oben erwähnte hohe Sensitivität und niedrige Spezifität der CTG-Interpretation. Es resultiert eine Rate falsch-positiver CTGs von 31% in diesem Kollektiv. Studien, die pathologische CTG-Befunde mit fetalen Outcome-Parametern - anstatt mit FBA-pH-Werten - vergleichen, finden höhere Falsch-Positiv-Raten von 50-63% (Chaffin et al. 1991, Pellantova et al. 2000). Manche Autoren erwähnen sogar Raten zwischen 40-99,8% (Schneider 1993, Gnirs et Schneider 1996, Nelson et al. 1996).

Bei genauerer Betrachtung der falsch-positiv bewerteten CTG-Extrakte fällt auf, dass vorhandene Dezelerationen überwiegend wehensynchron auftreten oder die maternale Herzfrequenz als fetales Signal gewertet wird. Beide Ursachen werden von „Trium CTG Online“ bisher noch nicht erkannt bzw. noch nicht berücksichtigt (Abb.3.4-5).

Im anderen Extremfall der FBA-pH-Verteilung kommt es bei (prä-)azidotischen Werten (FBA-pH $< 7,25$) zur normalen CTG-Bewertung. Diese Rate falsch-negativer CTGs fällt mit 0,5% sehr gering aus. Hier finden sich bei Betrachtung der CTG-Extrakte kleine, wehensynchrone Dezelerationen, welche von „Trium CTG Online“ als „nicht-pathologisch“ eingestuft wurden.

Zusammenfassend gilt bezüglich der statistischen Ergebnisse des Kollektivs, dass sie mit denen oben genannter Studien gut vergleichbar sind. Jedoch wird das FHF-Muster in den aufgeführten Studien meist

mit postpartualen pH-Werten der Nabelschnurarterie verglichen. So auch in den Arbeiten von Bernardes et al. (1998) und Roemer et Walden (2006), welche ebenfalls die Validität der computergestützten CTG-Analyse untersuchten. Beide entwickelten einen Score anhand der Quantifizierung von FHF-Mustern, wobei die Software von Bernardes et al. – analog zu „Trium CTG Online“ - auf den FIGO-Richtlinien basiert. In beiden Arbeiten findet sich eine hochsignifikante Korrelation zwischen Score und NS-pH. Bernardes et al. erreichten bei bestimmten Cut-off-Werten eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 97%, Roemer et Walden von 100% und 98%. Es zeigt sich, dass die diagnostische Aussagekraft des CTGs durch die elektronische Quantifizierung relevanter FHF-Muster beträchtlich gesteigert werden kann.

Goeschen et al. (1984) und Bear et Vetter (1988) untersuchten vor einigen Jahren die Rolle des Hammacher Scores zur Abschätzung des fetalen Zustandes, indem sie ihn mit den pH-Werten durchgeführter Fetalblutanalysen korrelierten. Der Score wurde jedoch visuell durch retrospektives Auswerten der CTG-Streifen erstellt. Im Gegensatz zum computergestützten FIGO Score dieser Arbeit konnte Goeschen keine signifikante Korrelation zwischen Hammacher Score und FBA-pH nachweisen. Er betont, wie wichtig die Durchführung einer FBA ist, wenn man nicht einerseits das Risiko einer überflüssigen operativen Intervention oder andererseits das Übersehen einer fetalen Azidose eingehen will. Nur anhand der visuellen CTG-Analyse mittels Hammacher Score ist keine sichere Aussage über die tatsächliche Gefährdung des Fetus im Einzelfall möglich. Bear et Vetter finden eine Korrelation zwischen Hammacher Score und FBA-pH, ziehen jedoch ähnliche Schlüsse. Aufgrund der auch in ihrer Arbeit nachgewiesenen hohen Sensitivität (100%) und niedrigen Spezifität (13,5%) für einen Score von ≥ 3 Punkten und FBA-pH-Werten $< 7,20$ muss ihrer Meinung nach ebenfalls eine FBA zur weiteren Abklärung erfolgen.

Die Spezifität der computergestützten CTG-Analyse mittels „Trium CTG Online“ fällt zwar hier im Vergleich besser aus, es kann aber weiterhin nur mithilfe der FBA im Einzelfall entschieden werden, welches Kind tatsächlich gefährdet ist. Dieses Vorgehen ist dementsprechend auch heute noch in den DGGG-Leitlinien verankert. Es muss jedoch bedacht werden, dass FBA-pH-Werte $< 7,25$ ebenfalls bei gesunden Feten physiologisch vorkommen können und daher kein verlässlicher Indikator für eine fetale Hypoxie sind. Hohe FBA-pH-Werte ($> 7,25$) sind dagegen ein sicheres Zeichen für einen guten fetalen Zustand (Hartley 1974).

Das nächste Ziel der computergestützten CTG-Analyse liegt weiterhin darin, die hohe Rate falsch-positiver Befunde zu minimieren. Ein großer Fortschritt könnte sowohl durch die Differenzierung zwischen fetalen und maternalen Signalen, als auch durch das Erkennen wehensynchroner Dezelerationen ermöglicht werden.

Bezüglich der hohen Sensitivität kamen bereits viele Studien auf das Ergebnis, dass das CTG-Monitoring für die Frühdiagnose eines Sauerstoffmangels geeignet ist (Hon 1962, Kubli et al. 1969, Kelly et Kulkarni 1973, Paul et Hon 1974) und die Möglichkeit bietet, rechtzeitig intervenieren zu können (Saling 1996, Low 2001). Des Weiteren zeigt sich, dass ein unauffälliges CTG ein verlässliches Anzeichen für das fetale Wohlbefinden darstellt, während ein auffälliges CTG nur eine mögliche Gefährdung des Kindes bedeutet (Schifrin 1995). Beiden Aussagen kann bezüglich der computergestützten CTG-Analyse anhand dieser Arbeit zugestimmt werden.

Die Tatsache, dass das CTG mehr als nur das „orientierungslose Geschrei einer Affenherde“ darstellt, ist bereits seit längerem bekannt (Saling 1985). Neu ist die wachsende Erkenntnis, dass sich die in die FHF-Muster gesetzten Erwartungen mittels computergestützter Analyse tatsächlich immer weiter bestätigen lassen. Der Nachweis einer signifikanten Korrelation zwischen „Trium CTG Online“ und FBA-pH in dieser Arbeit ist ein weiterer Schritt in diese Richtung. Dennoch ist nicht zu vergessen, dass grundlegende Kenntnisse der Physiologie und Pathophysiologie des fetalen Kreislaufsystems für die Bewertung des CTGs auch in Zukunft noch von enormer Bedeutung sein werden (DGGG 2004)!

4.3.3 Sensitivitätsanalyse

Grundlage für oben genannte statistische Zahlen sind die pH-Werte aller durchgeführten FBAs des Kollektivs (Gruppe 1). Um die Sensitivität dieser Analyse zu testen, werden verschiedene Untergruppen des Kollektivs auf starke Abweichungen der Ergebnisse untersucht. Die Gruppen werden anhand durchgeführter Fetalblutanalysen wie folgt eingeteilt:

1. Alle FBAs des Kollektivs
2. Patientinnen mit 1 FBA
3. Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
4. Erste FBA aller Patientinnen
5. Letzte FBA aller Patientinnen
6. Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
7. Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

Bei Betrachtung der ROC-Kurven aller Gruppen in Kapitel 3.4.3.1 fällt auf, dass die Sensitivität für den Befund „Pathologisch“ in allen Gruppen (abgesehen von Gruppe 6) bei azidotischen pH-Werten ($\leq 7,20$) besser ausfällt als bei pH-Werten $< 7,25$. Dieser Sachverhalt wurde für alle FBAs des Kollektivs (Gruppe 1) in Kapitel 4.3.1 bereits erwähnt, und bedeutet, dass niedrigere pH-Werte von „Trium CTG Online“ anhand entsprechender FHF-Muster tatsächlich vermehrt als pathologisch erkannt werden.

Untersucht man den FIGO Befund „Suspekt plus Pathologisch“, reagieren die Gruppen im Vergleich der FBA-pH-Werte $< 7,25$ mit den Werten $\leq 7,20$ unterschiedlich:

In den Gruppen 2, 5 und 7 kommt es zur Steigerung der Sensitivität bei den niedrigeren FBA-pH-Werten (Abb.3.8), in den Gruppen 1, 3, 4 und 6 zum Absinken, d.h. azidotische FBA-pH-Werte ($\leq 7,20$) werden hier anhand der FHF-Muster seltener als suspekt oder pathologisch erkannt (Abb.3.9).

Generell zeigen die Gruppen 2 (Patientinnen mit 1 FBA), 5 (Letzte FBA aller Patientinnen) und 7 (Letzte FBA aller Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) in beiden pH-Bereichen bessere Werte für die Sensitivität und Spezifität – sowohl für den Befund „Pathologisch“, als auch für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ (Abb.3.10). Die besseren Werte dieser Gruppen führen zu einer größeren Fläche unter der ROC-Kurve (AUC), was wiederum für ein höheres Maß an Güte - und dementsprechend für eine höhere Signifikanz - spricht.

Eine Ursache für die besseren Werte kann darin liegen, dass FBA(s) in diesen Gruppen „gezielter“ durchgeführt werden als in den anderen Gruppen. Sowohl bei einer einzigen FBA im Verlauf (Gruppe 2), als auch bei der jeweils letzten FBA (Gruppe 5 und 7) kommt es postwendend nach der Durchführung zum entsprechenden Handeln: Zeigt sich ein schlechter FBA-pH-Wert, kommt es z.B. rasch zur

operativen Entbindung. Es kann auch eine Tokolyse, Lagerungswechsel oder Sauerstoffgabe der Mutter mit anschließender Normalisierung der FHF-Muster folgen. Zeigt sich ein normazider FBA-pH, kann auf weitere Maßnahmen bzw. auf weitere FBAs verzichtet werden.

Bei all den Konsequenzen ist *diese eine FBA* ausschlaggebend und es kommt zu keiner Wiederholung. Diese FBA wird demnach bei dem konkreten Verdacht einer fetalen Gefährdung (wie z.B. pathologisches CTG, maternale Beschwerden) gezielt durchgeführt und anschließend gehandelt - je nachdem, ob niedrige pH-Werte sicher bestätigt bzw. ausgeschlossen werden. Die Chance, dass sich unter der akuten Indikationsstellung tatsächlich azidotische pH-Werte verbergen, ist groß - und die Sensitivität daher hoch (Abb.3.10).

Anders bei den Gruppen 1, 3, 4 und 6. In den Gruppen 4 und 6 werden jeweils die ersten FBAs untersucht. Schon allein diese Tatsache zeigt auf, dass nicht endgültig darauf reagiert wird, sondern der fetale Zustand im Verlauf erneut abgeklärt werden muss. Es liegt die Vermutung nahe, dass diese FBA weniger aus einem dringenden Verdacht heraus durchgeführt wird, sondern eher aus Gründen der persönlichen Unsicherheit oder zur Planung des weiteren Geburtsverlaufs - so genannte „Planungs-FBAs“. In diesem Fall ist z.B. das CTG nicht eindeutig, oder nur für kurze Zeit, pathologisch. Folglich fällt auch die „Chance“ auf tatsächlich azidotische pH-Werte geringer aus, bzw. sind eher als Zufallsbefund zu werten. Dementsprechend nimmt die Sensitivität hier kleinere Werte an.

Auch in den Gruppen 1 und 3 wird bereits aufgrund der Konstellation (alle FBAs des Kollektivs und alle FBAs der Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) weniger „gezielt“ gehandelt. Die letzte FBA (diejenige mit den besten Werten) ist zwar mit eingeschlossen, jedoch relativiert sich das Ergebnis durch die ebenso mit eingeschlossene erste FBA (diejenige mit den schlechtesten Werten). Alle durchgeführten FBA(s) zwischen der Ersten und Letzten werden auch nicht von konkreten, endgültigen Handlungen gefolgt, sondern führen aufgrund unspezifischer Ergebnisse zur weiteren Abklärung mittels erneuter FBA. Diese abwartende Haltung spricht ebenfalls dafür, dass der Verdacht und das Risiko einer fetalen Gefährdung hier nicht so groß sein können. Ist die Indikationsstellung nicht so „akut“ wie in den Gruppen 2, 5 und 7, zeigt sich folglich eine schlechtere Sensitivität der CTG-Analyse (Abb.3.11).

Von allen Gruppen zeigt Gruppe 2 (Patientinnen mit einer FBA) generell die besten Werte und somit den besten Verlauf der ROC-Kurven. Im Gegensatz dazu zeigt Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) allgemein die schlechtesten Werte bezüglich der Sensitivität (Abb.3.12). Mögliche Gründe hierfür wurden gerade erörtert.

Für alle Untergruppen des Kollektivs gilt, dass mittels Trendanalysen ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem FIGO Score von „Trium CTG Online“ und den FBA-pH-Werten nachgewiesen werden kann (Tab.3.7). Ebenso ist in den entsprechenden Boxplots (Kap.7.3.1) für alle Untergruppen zu erkennen, dass sich die FBA-pH-Verteilung auf die FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch analog dazu verhält, wie für Gruppe 1 (alle FBAs des Kollektivs) bereits erwähnt wurde: Wird das entsprechende CTG mittels FIGO Gesamt-Score als normal bewertet, liegen Median, 25- und 75%-Quantil erwartungsgemäß höher, als wenn das entsprechende CTG als pathologisch bewertet wird (Tab.7.1).

4.3.4 Korrelation zwischen FIGO Einzelkomponenten und FBA-pH

Der fetalen Hypoxie wird für die Entwicklung eines perinatalen Hirnschadens große Bedeutung beigemessen. Goeschen et al. (1984) verweisen darauf, dass für eine Hirnschädigung die lokale Gewebskonzentration, und nur indirekt der Sauerstoffgehalt des peripheren Blutes, verantwortlich ist. Daher wird vermutet, dass bestimmte CTG-Muster früher als die FBA eine vorhandene Gefährdung des Kindes anzeigen. Zahlreiche Studien Ende der 70er und 80er Jahre suchten mittels qualitativer CTG-Auswertung nach solchen Mustern. Folgende werden gehäuft mit Azidosen in Zusammenhang gebracht: Bradykardie < 100spm, Spätdezelerationen, variable Dezelerationen und Oszillationsverlust (Kubli et al. 1969, Beard et al. 1971, Hartley 1974, Renou et Wood 1974, Bührig et Schmid 1975, Bollmann et al. 1976). Auch bei der quantitativen Auswertung von Dezelerationsflächen kann eine Korrelation mit fetalen pH-Werten nachgewiesen werden (Tejani et al. 1975, Beguin et al. 1975, Lowensohn et al. 1975, Felser 1977, Schlotter et al. 1979). Goeschen et al. (1984) untersuchten die FHF-Muster 1 Stunde vor Feststellung einer Azidose mittels FBA-pH. Am häufigsten fanden sich variable Dezelerationen, welche meist in Kombination mit Oszillationsveränderungen auftraten.

In dieser Arbeit wird der FIGO Score von „Trium CTG Online“ in seine Komponenten Baseline, Dezeleration und Variabilität zerlegt und jede einzeln im entsprechenden CTG-Extrakt bezüglich der FBA-pH-Werte untersucht. Akzelerationen der FHF werden subpartial nicht berücksichtigt. Dies entspricht dem Vorgehen anderer Arbeiten, deren Begründung darin liegt, dass es bisher nicht gelungen ist, schlafähnliche Ruhephasen des Feten von hypoxie-induziertem Bewegungsmangel sicher zu unterscheiden. Des Weiteren bewegen sich deutlich gefährdete Feten - z.B. bei Nabelschnurumschlingungen - oft lebhaft, obwohl die pH-Werte bereits deutlich abgesunken sein können (Roemer et Walden 2006).

4.3.4.1 Sensitivität und Spezifität

Bei Betrachtung der FBA-pH-Verteilung auf die FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch, zeigt sich für die Einzelkomponenten Folgendes (Tab.3.8):

Bezüglich der Baseline fällt auf, dass entsprechende CTGs azidotischer FBA-pH-Werte von „Trium CTG Online“ nicht als pathologisch bewertet werden. Über die Hälfte der pH-Werte $\leq 7,20$ gehen mit einer normal, und kein einziger Wert mit einer pathologisch bewerteten Baseline einher. Dagegen werden höhere FBA-pH-Werte anhand der „Baseline-Bewertung“ entsprechender CTG-Extrakte besser widerspiegelt. Diese Tatsache verdeutlicht die niedrige Sensitivität und hohe Spezifität der Komponente Baseline (Abb.3.16-17).

Mit der Einzelkomponente Variabilität verhält es sich ähnlich. Entsprechende CTG-Extrakte azidotischer FBA-pH-Werte werden in keinem Fall als pathologisch, und nur in wenigen Fällen als suspekt bewertet. Dementsprechend fällt die Sensitivität hier ebenfalls sehr gering aus, während die Spezifität wiederum hohe Werte aufweist (Abb.3.16-17).

Zusammenfassend lässt sich bezüglich der Komponenten Baseline und Variabilität sagen, dass sich - aufgrund der hohen Spezifität - unter den FIGO Befunden Normal und Suspekt tatsächlich vorwiegend normazide FBA-pH-Werte finden. (Prä-)azidotische FBA-pH-Werte werden jedoch kaum aufgedeckt.

Anders verhält es sich bei der FIGO-Klassifizierung von Dezelerationen. Hier wird die Mehrheit aller FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ anhand eines pathologischen FIGO Scores im entsprechenden CTG-Extrakt erkannt. Dies spiegelt sich in einer hohen Sensitivität wider. Normazide FBA-pH-Werte ($\geq 7,25$) werden von „Trium CTG Online“ anhand des CTGs dagegen schlechter erkannt. Die Spezifität liegt somit bei dieser Einzelkomponente tiefer.

Vergleicht man die Sensitivitäts-Werte aller Einzelkomponenten für den Befund „Pathologisch“ mit dem Befund „Suspekt plus Pathologisch“, zeigt sich erwartungsgemäß für Letztgenanntes ein jeweils höherer Wert (Abb.3.16). Die Erklärung liegt darin, dass begleitende FHF-Muster azidotischer FBA-pH-Werte in vielen Fällen von „Trium CTG Online“ als suspekt, nicht aber sofort als pathologisch, eingestuft werden. Demnach deckt die Kombination aus den Befunden „Suspekt plus Pathologisch“ deutlich mehr auffällige FBA-pH-Werte auf als der singuläre Befund „Pathologisch“. Bei der Spezifität liegen dementsprechend die Werte für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ bei allen Komponenten deutlich tiefer als für den Befund „Pathologisch“, da sich unter den suspekten Mustern auch ein Großteil normazider FBA-pH-Werte „verstecken“.

Dieses Verhalten zeigte sich bereits gleichermaßen für die Werte der Sensitivität und Spezifität des Gesamt-Scores in Kapitel 4.3.1.

4.3.4.2 Trendanalysen und ROC-Kurven

Betrachtet man erneut die FBA-pH-Verteilung innerhalb der FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch anhand der Boxplots (Abb.3.15), erkennt man bei der Dezeleration und Baseline – analog zum FIGO Gesamt-Score – ein Absinken von Median und 25%-Quantil bei pathologischer Bewertung. Bezüglich der Variabilität ist dies nicht zu erkennen. Ebenso ist das Absinken des Mittelwerts bei Verschlechterung der FIGO Klasse nur für die Dezeleration und die Baseline, nicht jedoch für die Variabilität, zu beobachten (Tab.3.8).

Die Trendanalysen der Boxplots weisen anhand der p-Werte für alle Einzelkomponenten einen Zusammenhang zwischen FIGO Score und FBA-pH nach, wobei die Komponente Dezeleration am besten und die Variabilität auch hier wieder am schlechtesten korreliert (Tab.3.9).

Diese Tatsache kann mittels Verlauf der ROC-Kurven aller Einzelkomponenten bestätigt werden. Die Dezeleration weist eine deutlich größere Fläche unter der Kurve (AUC) auf - und dadurch ein höheres Maß an Güte - als die Baseline (Abb.3.21). Diese wiederum zeigt eine minimal größere AUC als die Variabilität, dessen Werte auf der Diagonalen liegen. Folglich sind die Werte der Variabilität als rein zufällig und der Test als unbrauchbar zu werten.

Zusammenfassend für alle Einzelkomponenten gilt, dass die Variabilität subpartual - im Gegensatz zu antepartualen Untersuchungen - bei der computergestützten CTG-Bewertung bezüglich gemessenen FBA-pH-Werten keine Rolle spielt.

Auch die Bewertung der Baseline durch die Software „Trium CTG Online“ ist nur von geringer Bedeutung. Dies steht im Gegensatz zu einer Arbeit von Tejani et al. (1975), der die Baseline als wichtigen Parameter für die Abschätzung des fetalen Zustands - und dementsprechend für den fetalen pH - sieht. Für die Tatsache, dass es bei einem pathologischem Befund der Baseline nur in seltenen

Fällen zur FBA kommt, kann die Ursache einerseits darin liegen, dass hier keine weitere Abklärung des CTGs mittels FBA nötig ist. Der Geburtshelfer erkennt selbst, wann Handlungsbedarf aufgrund der Baseline besteht, da die visuelle Interpretation der Baseline meist keine Probleme darstellt (Donker et al. 1992). Andererseits kann die Ursache für den seltenen Befund pathologischer Baseline-Muster im Kollektiv auch darin liegen, dass es erst mit zeitlicher Verzögerung nach dem fetalen pH-Wert zur Verschlechterung der Baseline - und dementsprechend zur pathologischen Bewertung durch „Trium CTG Online“ - kommt. Das heißt, der FBA-pH verschlechtert sich bereits bei normalen oder suspekten Baseline-Befunden. Bis es zu einem pathologischen Befund kommen würde, ist das CTG bereits aufgrund anderer Indikation abgeklärt bzw. die Entbindung oder andere Konsequenzen bereits eingeleitet.

In den meisten Fällen ist die Einzelkomponente Dezeleration der Trigger dafür, dass CTGs von „Trium CTG Online“ als suspekt oder pathologisch bewertet und folglich mittels FBA weiter abgeklärt werden. Dementsprechend gilt, dass eine potentielle fetale Gefährdung mit erniedrigten FBA-pH-Werten in diesem Kollektiv hauptsächlich von Dezelerationen im FHF-Muster begleitet bzw. angekündigt wird.

Diese Tatsache entspricht wiederum den Ergebnissen oben erwähnter Studien. Die Kurzzeitvariation spielt in diesem Kollektiv jedoch keine Rolle (siehe Kapitel 4.3.5).

4.3.4.3 Vergleiche zwischen FIGO Gesamt-Score und Einzelkomponenten

Wird nun der FIGO Gesamt-Score bezüglich der Sensitivität mit den jeweiligen Einzelkomponenten verglichen, fällt auf, dass für einen FBA-pH $\leq 7,20$ der Gesamt-Score und die Einzelkomponente Dezeleration gleich gut - und besser als die anderen Einzelkomponenten und die Kombination Baseline/Dezeleration - abschneiden (Abb.3.6, 3.16 und 3.18).

Für den Bereich FBA-pH $< 7,25$ fällt die Sensitivität des Gesamt-Scores im Vergleich zu allen Einzelkomponenten - einschließlich der Dezeleration - am besten aus.

Bezüglich der Spezifität gilt für beide pH-Bereiche ($\leq 7,20$ und $< 7,25$) das Gleiche: Der Gesamt-Score zeigt deutlich schlechtere Werte als alle Einzelkomponenten und die Kombination „Baseline plus Dezeleration“ (3.6, 3.17 und 3.18). Diese Verhaltensweisen gelten sowohl für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ als auch für den Befund „Pathologisch“.

Breuker et al. (1980) sind der Meinung, dass ein Gesamt-Score bei der CTG-Analyse bessere Ergebnisse bringt als die jeweiligen Einzelkomponenten. Dieser Aussage kann nur bedingt zugestimmt werden, zumal die Arbeiten aufgrund unterschiedlicher Methodik nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Breuker et al. zerlegten den Hammacher-Score in seine Einzelkomponenten und verglichen diese dann mit postpartualen NS-pH-Werten und nicht, wie in dieser Arbeit, mit subpartualen FBA-pH-Werten.

Bezüglich der Sensitivität trifft die Überlegenheit des Gesamt-Scores gegenüber den Einzelkomponenten für den pH-Bereich $< 7,25$ in diesem Kollektiv zu. Dagegen zeigen sich für FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ identische Werte für Gesamt-Score und Dezeleration. Und im Vergleich entsprechender ROC-Kurven fällt die Fläche unter der Kurve (AUC) für die Einzelkomponente Dezeleration sogar größer aus als die des Gesamt-Scores (Abb.3.22). Somit zeigt sich ein höheres Maß an Güte und dementsprechend eine höhere Signifikanz. Folglich ist bei „Trium CTG Online“ die Bewertung von Dezelerationen - bezüglich

der Einschätzung azidotischer FBA-pH-Werte ($\leq 7,20$) anhand entsprechender FHF-Muster –gegenüber der Bewertung durch den Gesamt-Score überlegen.

4.3.4.4 Untergruppen des Kollektivs

Alle bisher aufgeführten Fakten bezüglich der Einzelkomponenten gelten für alle FBAs des Kollektivs (Gruppe 1).

Bei Betrachtung der Komponente Dezeleration fallen die gleichen Verhaltensweisen für die Untergruppen auf, die bereits im Rahmen des FIGO Gesamt-Scores (Kap.4.3.3) erörtert wurden: Die Gruppen 2 (Patientinnen mit einer FBA), 5 (Letzte FBA aller Patientinnen) und 7 (Letzte FBA von Patientinnen ≥ 2 FBAs) zeigen erneut bessere Werte für die Sensitivität und weisen eine größere AUC auf - und damit ein höheres Maß an Güte als die restlichen Gruppen (Abb.3.23). Gruppe 2 (Patientinnen mit einer FBA) zeigt wiederum den besten ROC-Kurven-Verlauf, Gruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen ≥ 2 FBAs) den schlechtesten (Abb.3.25).

Die Einzelkomponente Baseline weist im Vergleich zur Dezeleration und zum Gesamt-Score in allen Untergruppen schlechtere Kurvenverläufe auf. Daraus resultiert für alle Untergruppen wiederum eine geringere Signifikanz zwischen computergestützter Baseline-Analyse und FBA-pH. Geringe Differenzen zwischen den Untergruppen sind hier nicht von Bedeutung.

Ähnliches gilt für die Variabilität: Alle ROC-Kurven-Verläufe liegen nahe der Diagonalen, was einem sehr geringem Maß an Güte entspricht. Zwischen den Gruppen untereinander zeigen sich auch hier keine relevanten Unterschiede.

Das Faktum, dass für alle Untergruppen ein Zusammenhang zwischen der FIGO Bewertung der Einzelkomponenten und dem FBA-pH besteht, ist mittels Trendanalyse nachgewiesen (Tab.3.9).

4.3.5 Kurzzeitvariation

Neben der „online“ Auswertung des CTGs nach den FIGO-Kriterien wird in den Leitlinien der DGGG der Einsatz der computergestützten CTG-Analyse nach den Normalitätskriterien von Dawes und Redman als weitere reliable Methode empfohlen. Das Kernstück der Normalitätskriterien bildet die Kurzzeitvariation (STV) der fetalen Herzfrequenz.

Bereits Hammacher et al. (1974) erkannten einen Zusammenhang zwischen STV und fetalem Zustand und berücksichtigten die Oszillationsamplitude ebenso in ihrem Score wie Roemer et Walden (2004). Zahlreiche andere Arbeiten beschäftigen sich ebenfalls mit der STV. So kann zum Beispiel nachgewiesen werden, dass die Kurzzeitvariation bei einer Episode fehlender hoher Variation gut mit dem Auftreten einer metabolischen Azidose und einem intrauterinem Fruchttod korreliert (Street et al. 1991). Auch Dawes et al. (1992) zeigten, dass bei einer STV < 3 ms die Rate metabolischer Azidosen und intrauterinem Fruchttod signifikant ansteigt. Anceschi et al. (2003) können für Feten < 34 .SSW bei einer STV $> 5,1$ ms eine Azidose nahezu ausschließen.

Die automatische STV-Berechnung der Software „Trium CTG Online“ wird mittels Publikationen von Dawes und Redman programmiert. Es ist gelungen, die anerkannten Parameter der Dawes/Redman STV mit dem FIGO Score zu verknüpfen, und die Korrelation zwischen „Dawes/Redman STV“ und

„Trium CTG Online STV“ konnte nachgewiesen werden. Letztere bietet noch ein zusätzliches Sicherheitspolster, da sie konservativer berechnet wird. Das heißt, im Mittel liegt die STV hier um 0,73 ms tiefer (Schiermeier et al. 2006).

In dieser Arbeit kann keine Korrelation zwischen FBA-pH und berechneter STV der „Trium CTG Online“-Software nachgewiesen werden (Abb.3.29). Auch anhand berechneter Mittelwerte der STV für die einzelnen pH-Klassen lässt sich keine Bedeutung der Kurzzeitvariation für die computergestützte CTG-Analyse erkennen (Tab.3.10).

4.4 Veränderung des FIGO Scores im Geburtsverlauf

Verändert sich der FIGO Score im Verlauf einer CTG-Aufzeichnung, stellt sich die Frage, ob sich der fetale pH-Wert gleichermaßen verändert. Entsprechend einer Arbeit von Goeschen et al. (1984) zeigt sich, dass eine Normalisierung eines vorher suspekten oder pathologischen CTG-Befundes nicht immer mit einer Normalisierung der FBA-pH-Werte gleichzusetzen ist.

In diesem Kollektiv kommt es bei einer Normalisierung des Scores in nur 36% der Fälle zur Verbesserung des FBA-pH, bei 57% dagegen zu einem Absinken. Der Folge-pH liegt in den meisten Fällen weiterhin innerhalb des Normbereichs (Tab.3.11).

Betrachtet man im Gegensatz dazu CTGs, die sich im Verlauf der Ableitung verschlechtern, d.h. von einem normalen FIGO Score in einen suspekten oder pathologischen abrutschen, muss man in 78% der Fälle tatsächlich mit einem Absinken des FBA-pH rechnen. Die Mehrzahl der Folge-pH-Werte bleibt auch hier innerhalb des Normbereichs (Tab.3.12). Generell gilt, wenn sich der FBA-pH nur innerhalb der Normwerte verändert, ist das Risiko für „schlechte“ Outcome-Parameter erwartungsgemäß geringer, als wenn der FBA-pH im weiteren Geburtsverlauf unter Werte $< 7,25$ fällt (Tab.3.19).

4.4.1 FIGO Score vor postpartueller Azidose

„Eine postpartuale Azidose kündigt sich erst innerhalb von 30 Minuten vor der Entbindung durch eine Score-Verschlechterung an, während mit zunehmendem zeitlichem Abstand der Anteil an normalen CTG-Befunden steigt“. Zu diesem Schluss kamen Goeschen et al. (1984), indem subpartuale CTGs retrospektiv anhand des Hammacher Scores bewertet wurden.

Werden bei azidotischen Neugeborenen dieses Kollektivs die entsprechenden CTG-Extrakte durchgeführter FBAs bezüglich ihrer FIGO Bewertung durch „Trium CTG Online“ und dem zeitlichem Abstand zur Geburt untersucht, zeigt sich eine Übereinstimmung mit dem zweiten Teil der Aussage: Von den Neugeborenen mit einem NS-pH $< 7,15$, bei denen innerhalb der letzten 60 Minuten vor Entbindung eine FBA durchgeführt wurde, weisen tatsächlich alle entsprechenden CTG-Extrakte pathologische FIGO Befunde auf. Bei FBAs, die länger als 60 Minuten vor der Entbindung durchgeführt wurden, liegt der Anteil pathologischer CTG-Befunde nur noch bei 36%, während sich vermehrt normale oder suspekta Befunde zeigen (Tab.3.13).

Bezüglich des ersten Teils von Goeschens Aussage gilt, dass sich eine postpartuale Azidose in diesem Kollektiv bereits früher als 30 Minuten vor der Entbindung durch die Bewertung von „Trium CTG Online“ anzukündigen scheint.

4.5 FIGO Score – Entbindungsmodus und fetales Outcome

Patientinnen, die während der gesamten CTG-Ableitung ausschließlich normale FIGO Muster aufweisen, haben eine deutlich kleinere Rate an operativen Entbindungen als Patientinnen, deren CTG mindestens einmal von „Trium CTG Online“ als pathologisch klassifiziert wurde (41% vs. 60%). Dies entspricht den Erwartungen, und dementsprechend gegensätzlich verhält es sich mit der Anzahl der Spontangeburt. Die Rate sinkt von 59% bei Patientinnen mit ausschließlich normalem Score auf 40% bei Patientinnen mit pathologischem Score ab (Tab.3.14).

Des Weiteren lässt sich eine sinkende Tendenz der FBA-pH- und NS-pH-Werte von der Gruppe „FIGO Normal“, über „FIGO Suspekt“, bis „FIGO Pathologisch“ erkennen. Im Vergleich zu Studien, in denen es in 15-20% aller Fälle mit pathologischem CTG im Geburtsverlauf zur Geburtsazidose kommt (Goeschen et al. 1984, Steer 1989, Dumler et al. 1993), zeigt sich in diesem Kollektiv eine Rate von nur 6%.

Eine klinische Depression (Apgar 5`-Wert < 7) findet sich bei Neugeborenen mit ausschließlich normalen CTG-Befunden im Geburtsverlauf gleichermaßen wie bei Kindern mit pathologischen CTG-Befunden.

Erneut wird deutlich, dass die computergestützte CTG-Bewertung weder den fetalen Zustand, noch das fetale Outcome in jedem Einzelfall richtig wiedergeben bzw. vorhersagen kann. Hier spielt der zeitliche Abstand zwischen CTG-Befund und Geburt ebenfalls eine wichtige Rolle, auf die im weiteren Verlauf der Arbeit noch näher eingegangen wird (Kap.4.8.3.1).

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen FIGO Score und fetalem Outcome interessiert die Frage, wie es Kindern postpartal ergeht, wenn sich im Geburtsverlauf ein pathologischer CTG-Befund findet, die pH-Werte der FBA jedoch im normaziden Bereich ($\geq 7,25$) liegen.

Es zeigt sich ein leicht erhöhtes Risiko einer neonatalen Depression und Azidose für diese Kinder verglichen mit dem Gesamtkollektiv (Tab.3.15). Eine mögliche Erklärung dafür, dass Kinder mit pathologischem CTG-Befund - trotz normazidem FBA-pH - etwas häufiger schlechte Outcome-Parameter aufweisen, könnte wiederum in der bereits erwähnten Hypothese liegen, dass sich eine (Prä-)Azidose bereits in den FHF-Mustern widerspiegelt, während eine Verschlechterung der FBA-pH-Werte erst mit einiger Verzögerung eintritt (Wood et al. 1967, Goeschen et al. 1984).

Goeschen et al. (1984) verglichen die Outcome-Parameter der Gruppe „Score Pathologisch, normazider FBA-pH“ ebenfalls mit dem Gesamtkollektiv. Die CTGs wurden mit einem Hammacher Score ≥ 5 als pathologisch und die FBA, wie in dieser Arbeit, mit einem pH $\geq 7,25$ als normazid bewertet. Es fanden sich mit diesem Kollektiv vergleichbare Differenzen zwischen den beiden Gruppen. Aufgrund der Tatsache, dass schlechte Outcome-Parameter nur in sehr geringem Maße häufiger ausfielen, wurde daraus von Goeschen et al. folgender Schluss gezogen: Wenn auffällige FHF-Alterationen im CTG auftreten, ist es für das Kind nicht zwangsläufig besser, die Geburt operativ zu beenden bevor bzw. ohne dass der pH-Wert erniedrigt ist.

Dies entspricht den DGGG-Leitlinien, die besagen, dass in Fällen normazider FBA-pH-Werte vorerst keine weiteren Handlungskonsequenzen indiziert sind. Erst bei persistierender FHF-Abnormalität ist eine erneute FBA durchzuführen. Würde man die Indikation zur operativen Entbindung bei jedem pathologischen CTG-Befund stellen, wäre die Sectio-Rate immens hoch – so war es früher der Fall.

4.6 FIGO Score und Fetalblutanalyse – Senkung der OP-Frequenz

CTGs, die von „Trium CTG Online“ als pathologisch bewertet werden, weisen häufig normazide FBA-pH-Werte auf. Ursache hierfür ist die bereits erwähnte niedrige Spezifität der computergestützten CTG-Interpretation mit einer daraus resultierenden hohen Rate an falsch-positiven Befunden. Hier kann die FBA dazu beitragen, pathologische CTG-Befunde verlässlich zu relativieren, um dadurch die OP-Frequenz zu senken, ohne die Unversehrtheit des Neugeborenen zu gefährden (Queißer et al. 2006).

Welche Rolle die FBA in diesem Kollektiv bezüglich des Geburtsmodus spielt, wird durch den Begriff der „OP-Einsparung“ veranschaulicht (Tab.3.14): Bei allen Patientinnen, die im Verlauf pathologische CTG-Befunde aufweisen, hätte es ohne FBA aufgrund des erhöhten Risikos einer fetalen Gefährdung schnellstmöglich, also meist operativ, zur Entbindung des Feten kommen müssen - obwohl nur 8% dieser Kinder tatsächlich potentiell gefährdet (FBA-pH $\leq 7,20$) gewesen wären. Durch den Einsatz der FBA konnte in 40% eine Spontangeburt abgewartet werden. Das macht eine „OP-Einsparung“ von 40%-Punkten. Bei Patientinnen, die im Verlauf suspekta FHF-Muster aufweisen, konnten sogar 54% nach Abklärung des fetalen Zustandes mittels FBA spontan entbinden. Eine höhere OP-Frequenz wäre auch hier bei nur 1% tatsächlich gefährdeter Kinder unnötig gewesen. Betrachtet man Patientinnen, deren CTG von „Trium CTG Online“ sowohl als suspekt als auch als pathologisch bewertet wurden, kam es zu einer „OP-Einsparung“ von 46%-Punkten.

Goeschen et al. (1984) finden eine Senkung der OP-Frequenz durch den Einsatz der FBA von 46%-Punkten in der Eröffnungsperiode und 41%-Punkten in der Austreibungsperiode. Diese Zahlen sind mit denen dieses Kollektivs vergleichbar. Andere Studien zeigen jedoch geringere Zahlen auf, wie z.B. eine „OP-Einsparung“ mittels FBA von nur 10% (Young et al. 1980).

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die Zahlen der „OP-Einsparung“ nur als grobe Richtwerte zu sehen sind, da es ebenso aufgrund einer Vielzahl anderer Indikationen, d.h. „CTG-unabhängig“, zur Sectio caesarea bzw. zur Spontangeburt kommen kann. In dieser Darstellung wird der Geburtsmodus jedoch ausschließlich in Bezug zur FBA-Durchführung und FIGO-Bewertung des entsprechenden CTG-Extrakts untersucht.

4.7 Der pH-Wert der Fetalblutanalyse

4.7.1 Klinisches Vorgehen bei bestimmten FBA-pH-Werten

Die Leitlinien der DGGG geben vor, wie bei bestimmten FBA-pH-Werten weiter vorgegangen werden soll, um möglichst viele operative Entbindungen zu vermeiden, ohne dabei ein erhöhtes Risiko der fetalen Gefährdung einzugehen.

Bei FBA-pH-Werten $\leq 7,20$ ist laut DGGG die rasche Entbindung indiziert - insbesondere bei einer metabolischen Azidose. Dieses Verhalten spiegelt sich im Kollektiv wider. Die Geburtshelfer gehen kein Risiko ein und beenden die Geburt schnellstmöglich. Entsprechend wird die Mehrzahl der hier untersuchten Geburten im Anschluss an die FBA operativ beendet (Tab.3.16). Die 3 Spontangeburt, welche trotz der niedrigen FBA-pH-Werte zustande kommen, erklären sich anhand der Akte folgendermaßen: In den ersten beiden Fällen kommt es sofort nach der FBA zur Spontangeburt. Im

dritten Fall sind die kurz darauf folgenden Kontrollwerte wieder im Normbereich und daher wird auf eine operative Geburtsbeendigung verzichtet. Der niedrige FBA-pH-Wert ist hier Folge eines Caput succedaneum.

In 2 Fällen, bei denen ein pH-Wert von $\leq 7,20$ gemessen wird, kommt es dennoch zur Wiederholung der FBA (Tab.3.17) – laut Akte bestätigt sich der Verdacht eines Messfehlers.

Bei FBA-pH Werten zwischen 7,21 und 7,24 empfiehlt die DGGG die Wiederholung der FBA innerhalb von 30 Minuten. Hier ist Vorsicht geboten, vor allem wenn sich auf dem Kardiotokogramm anhaltend suspektes/pathologische Muster darstellen oder die wiederholten FBA-pH-Werte eine sinkende Tendenz aufweisen. Bei starkem Abfall des pH-Wertes seit der letzten Messung soll die Entbindung in Erwägung gezogen werden (DGGG 2004). Dies ist bei 6 Patientinnen (23%) der Fall. Die FBA wird nicht mehr wiederholt und die Geburt rasch beendet: 5 operative Entbindungen und eine Spontangeburt, welche kurz auf die FBA folgt.

Im Verlauf der restlichen Geburten dieser pH-Klasse (77%) kommt es zur Wiederholung der FBA, um den fetalen Zustand besser abschätzen zu können. Die Mehrzahl dieser Kinder kommt auch hier operativ zur Welt, selbst wenn sich die darauf folgenden FBA-pH-Werte nicht wesentlich bzw. gar nicht verschlechtern. Ursache hierfür ist laut Patientenakte ein - trotz konservativer Maßnahmen wie z.B. Lagerungswechsel oder Tokolyse - persistierendes suspektes/pathologisches CTG-Muster, der Eintritt eines Geburtsstillstandes und/oder die mütterliche Erschöpfung bei protrahiertem Geburtsverlauf. Des Weiteren ist anzunehmen, dass kein Geburtshelfer das Risiko einer fetalen Hypoxie eingehen will und lieber einmal zuviel auf Nummer sicher geht, indem die Geburt frühzeitig operativ beendet wird.

An dieser Stelle sind auch kritische Stimmen zu nennen, die eine FBA-pH-Grenze von 7,25 für einen Interventionsbedarf zu hoch einschätzen. Wird die postnatale Mortalität als „hartes“ Outcome-Kriterium angesetzt, scheint erst ein FBA-pH-Wert $< 7,00$ als angemessen (Roemer 1997). Doch auch wenn „nur“ die Vermeidung einer schweren Azidose im Vordergrund steht, waren einige Autoren bereits vor Erstellung der DGGG-Leitlinien der Meinung, die pH-Grenze von 7,25 zur Interventionsnotwendigkeit sei angemessen (Schneider et Beller 1997).

Bei FBA-pH-Werten $\geq 7,25$, welche generell gegen eine fetale Hypoxie sprechen, besagt die Leitlinie der DGGG, dass die FBA nur bei persistierenden CTG-Abnormalitäten wiederholt werden soll.

In 36% der Fälle kommt es im Kollektiv tatsächlich zur Wiederholung. Neben der Hauptindikation „persistierende CTG-Auffälligkeiten“ finden sich in der Akte meist die Gründe „prolongierter Geburtsverlauf“ und/oder „Planungs-FBA“; Dies bedeutet eine Kontrolle des pH-Wertes, um das weitere Vorgehen planen zu können.

Auch hier verschlechtern sich die Wiederholungs-Werte, bis auf wenige Fälle, kaum oder gar nicht. Dennoch werden selbst in dieser FBA-pH-Klasse immer noch knapp die Hälfte (48%) aller Geburten operativ beendet. Hauptindikationen hierfür sind erneut: Pathologisches CTG und/oder Geburtsstillstand. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die DGGG-Leitlinien für alle FBA-pH-Werte im Kollektiv weitgehend befolgt worden sind. Eine verlässliche computergestützte CTG-Analyse wie die Software „Trium CTG Online“ kann dabei helfen, das CTG präziser auszuwerten und somit einige Fetalblutanalysen einzusparen - vor allem in der mittleren pH-Klasse, in der sehr viele FBAs wiederholt werden, ohne dass sich die pH-Werte im Verlauf verschlechtern.

4.7.2 Entbindungsmodus bestimmter FBA-pH-Werte

Teilt man alle Patientinnen des Kollektivs anhand der gemessenen FBA-pH-Werte analog der DGGG Leitlinie in 3 pH-Klassen ein - wobei der jeweils niedrigste Wert bei wiederholten FBAs ausschlaggebend ist - fällt auf, dass die Sectio-Rate erwartungsgemäß von der niedrigsten pH-Klasse zur höchsten abnimmt, während die Anzahl Spontangeburt steigt (Abb.3.32). Bezüglich der hohen Anzahl operativer Geburtsbeendigungen in allen 3 FBA-pH-Klassen muss beachtet werden, dass es sich hier um ein „verschobenes Kollektiv“ handelt. Geburten, bei denen im Verlauf eine FBA durchgeführt wird, tragen allein aufgrund der Indikationsstellung (suspektes/pathologisches CTG, protrahierter Geburtsverlauf usw.) bereits ein gewisses Risiko in sich. Diese Geburten werden folglich häufiger operativ beendet als Risikolose.

Nach der Datenanalyse zeigen sich im Kollektiv als Hauptindikationen einer Sectio sowohl der protrahierte Geburtsverlauf, als auch der Geburtsstillstand. Hier finden sich häufig begleitend suspektes und/oder pathologische FHF-Muster. Diese stellen dann in den meisten Fällen eine Nebendiagnose dar, aber nicht die Sectio-Indikation an sich. Ausnahmen bilden natürlich anhaltende Bradykardien oder sonstige Notfallsituationen.

4.7.3 Korrelation zwischen Sectio-Frequenz und der Häufigkeit von Fetalblutanalysen

Zahlreiche Publikationen bestätigen, dass eine Vielzahl operativer Geburtsbeendigungen per Sectio caesarea durch den Einsatz der FBA parallel zur CTG-Kontrolle verhindert werden können (Spencer 1993, Brandt-Niebelschütz et al. 1994, Mandruzzato et al. 1994, Vintzileos et al. 1995, Larsen 1996, Queißer et al. 2006). Auch die kontrolliert randomisiert prospektiven Studien von Haverkamp et al. (1979) und McDonald et al. (1985) bestätigen diesen Sachverhalt.

Goeschen (1992) zeigt in einer retrospektiven Analyse aller Geburten aus 5 Kliniken eine negative Korrelation zwischen FBA-Frequenz und Sectio-Rate: Krankenhäuser mit niedriger FBA-Frequenz weisen hohe Kaiserschnittraten auf und umgekehrt. Dieser Meinung schließen sich Stein et al. (2003 et 2006) nach einer Datenanalyse der Hessischen Perinatalstatistik an: Hier findet sich ebenfalls signifikant eine kontinuierliche Zunahme der (vaginal-)operativen Entbindungen in den Gruppen mit niedrigerer FBA-Rate. Dagegen beobachtet Roemer (1997) in einer ebenfalls retrospektiven Studie eine signifikante positive Korrelation zwischen FBA-Frequenz und OP-Rate. Auch Geraedts et al. (2003) behaupten, eine Steigerung der Sectio-Frequenz und vaginal-operativen Entbindungen sei wahrscheinlich. Jedoch wurden die Ergebnisse beider letztgenannten Studien aufgrund ihrer Methodik häufig kritisiert und die Aussagekraft ist somit allgemein mit Zweifeln behaftet. Eine retrospektive Studie von Goodwin et al. (2004) zeigt eindrucksvoll, dass eine Absenkung der FBA-Frequenz eine signifikante Reduktion der gesamten Sectio-Rate ergab. Dieser Erfolg wurde jedoch vom Autor selbst relativiert, da bereits bei Beobachtungsbeginn eine jährliche FBA-Rate von 2% vergleichsweise gering war. Inwieweit die unterschiedlichen Ergebnisse all dieser Studien damit als Empfehlung für die Geburtshilfe eine Rolle spielen, sei dahingestellt.

Bei näherer Betrachtung der Werte des FBA- und Sectio-Anteils verschiedener Klinikarten aus der BAQ-Detailstatistik (Kap.3.1) stellt sich für die Jahre 2000-2002 weder die von Goeschen beschriebene negative Korrelation, noch die von Roemer beobachtete positive Korrelation dar (Abb.3.33).

Werden die Zahlen innerhalb der Frauenklinik Rechts der Isar im Verlauf der Jahre 2000 bis 2003 untersucht, lässt sich ein Trend in Richtung „weniger FBAs - höhere Sectio-Rate“ erkennen. Eine Korrelation kann jedoch nicht abschließend belegt werden (Abb.3.34).

4.7.4 Alter der Mutter im Zusammenhang zu pathologischen FBA-pH-Werten

Risikoschwangerschaften sind definiert als Schwangerschaften, bei denen aufgrund der Vorgeschichte oder erhobener Befunde mit einem erhöhten Risiko für Leben und Gesundheit von Mutter und Kind zu rechnen ist. Da Erstgebärende über 35 Jahre dazu gehören, kann die Vermutung aufkommen, dass der Geburtsverlauf bei „älteren“ Frauen vermehrt mit Schwierigkeiten verbunden ist und dadurch häufiger azidotische pH-Werte bei der Fetalblutanalyse auftreten. In diesem Kollektiv ist das nicht der Fall. Es sind keine Unterschiede der FBA-pH-Werte bezüglich des Alters der Mutter erkennbar (Tab.3.18).

4.8 „Outcome“ des Neugeborenen

4.8.1 Nabelschnurarterien-pH und Apgar-Wert

Die Bestimmung des Säure-Basen-Status ist ein wichtiger Indikator für das fetale „Outcome“. Es besteht eine Korrelation zwischen dem NS-pH und der während Wehentätigkeit und Geburt durchgemachten Hypoxie (Schneider et al. 2006). Nachdem festgestellt wurde, dass sich der pH-Wert (anders als der CO₂-Partialdruck) sowohl nach 180 Minuten noch unverändert zeigt, als auch ein Heparineffekt ab einer Menge von 0,5ml nicht mehr nachweisbar ist (Künzel 2002), wurde die Messung des NS-pH als robuster Outcome-Parameter eingestuft.

Der normale pH-Wert eines lebensfrischen Neugeborenen liegt bei $\geq 7,30$. pH-Werte zwischen 7,20 und 7,29 erfordern Beobachtung, und bei einer Nabelschnurazidose von $< 7,20$ können weitere Maßnahmen notwendig werden (Schneider et al. 2006). Meist erholt sich der pH-Wert innerhalb der ersten 30 Minuten postpartum sehr schnell, wenn sich das Neugeborene adaptiert hat.

Bei dem allgemein verwendeten Begriff „schlechtes Outcome“ des Neugeborenen muss Vorsicht geboten werden. Die Grenze des NS-pH, welche eine Gefährdung für die Entwicklung des Kindes vorhersagen soll, hat in den letzten Jahren eine quantitative Entwicklung erfahren und ist nicht einheitlich definiert. Je nach Autor liegt die pH-Grenze zwischen $< 7,00$ (SOGC 2002) und $\leq 7,20$ (Van den Berg et al. 1987, Spencer 1991).

Zur weiteren Beurteilung der Vitalität des Neugeborenen hat sich der nach einer amerikanischen Anästhesistin benannte APGAR-Score bewährt. Er gilt als Routineparameter für die frühkindliche Entwicklung bzw. deren Gefährdung (Apgar et James 1962). Vor allem dem Apgar 5'-Wert scheint eine prognostische Bedeutung zuzukommen. In zahlreichen Studien wird ein Apgar-Wert < 7 als Outcome-Parameter für eine mögliche Gefährdung angeführt (Brandt-Niebelschütz et Saling 1994, Westgren et al. 1998, Strachan et al. 2000, Amer-Wahlin et al. 2001). Manche Autoren setzen die Grenze bei ≤ 7

(Westgate et Greene 1994) oder sogar erst bei ≤ 5 (Goodwin et al. 1994). Insgesamt hat sich die kritische Grenze vom Apgar 5'-Wert bei < 7 etabliert, und eine eindeutige Beziehung zwischen NS-pH und Depressionszustand der Neugeborenen konnte nachgewiesen werden (Simmons et Lieberman 1972, Brandt-Niebelschütz et Saling 1994).

4.8.2 Fetales Outcome im Kollektiv

In dieser Arbeit wird ein „schlechtes fetales Outcome“ durch folgende Werte definiert:

NS-pH $< 7,15$, BE < -10 und Apgar 5'-Wert < 7 .

Es wurde bereits darauf eingegangen, wie sich die Kinder mit schlechten Outcome-Parametern auf die FIGO Klassen Normal, Suspekt und Pathologisch aufteilen, wenn jeweils der schlechteste Befund im gesamten Verlauf der CTG-Ableitung für die Einteilung ausschlaggebend ist (Tab.3.14). Werden die Outcome-Parameter nun dem jeweils niedrigsten pH-Wert aller im Geburtsverlauf durchgeführten FBAs zugeteilt, finden sich erwartungsgemäß deutlich mehr azidotische Kinder in der FBA-pH-Klasse $\leq 7,20$ als bei Kindern, deren FBA(s) pH-Werte von $\geq 7,25$ aufweisen (Tab.3.19). Die höchste Anzahl von Kindern mit einem NS-pH $< 7,15$ findet sich jedoch in der präpathologischen FBA-pH-Klasse (7,21 - 7,24). Folglich kommt es hier erst nach der FBA im weiteren Geburtsverlauf zur pH-Verschlechterung.

Mit dem Apgar 5'-Wert verhält es sich in dieser FBA-pH-Klasse gegensätzlich: Von Kindern mit einem präpathologischem FBA-pH fällt kein einziges mit einer postpartualen klinischen Depression auf. Ein schlechter Apgar-Wert geht demnach nicht zwangsläufig mit azidotischen NS-pH-Werten einher. Bezüglich der FBA-pH-Klassen $\leq 7,20$ und $\geq 7,25$ verhält sich die Anzahl klinisch depressiver Kinder identisch wie die Anzahl Kinder mit postpartueller Azidose. Dies entspricht wiederum den Erwartungen, dass ein „schlechtes Outcome“ vermehrt bei Kindern mit niedrigen FBA-pH-Werten auftritt. Wie bereits erwähnt, muss hier jedoch mit der Aussage „schlechtes Outcome“ vorsichtig umgegangen werden. Die Beurteilung des Neugeborenen basiert auf unterschiedlichen Faktoren und das Augenmerk darf nicht nur auf einzelne Werte gerichtet werden.

Zusammenfassend weist die Zuteilung der Outcome-Parameter auf die entsprechenden FBA-pH-Werte darauf hin, dass von einem guten bzw. schlechten FBA-pH nicht immer zwangsläufig auf einen bestimmten NS-pH oder Apgar-Wert (Abb.3.35) geschlossen werden kann. Die Sensitivität für FBA-pH-Werte $< 7,20$, ein klinisch deprimiertes Neugeborenes (Apgar 5'-Wert < 7) zu erkennen, liegt bei nur 10%. Die Spezifität fällt mit 97% deutlich besser aus (Tab.3.20).

4.8.3 Korrelation zwischen FBA-pH und NS-pH

Die Korrelation zwischen FBA-pH und NS-pH zur Zeit der Entbindung ist bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (Simmons et Lieberman 1972, Boenisch et Saling 1976, Nickelsen et Weber 1991). Weber (1983) findet in seinem Kollektiv, dass kein Kind mit abnormalen CTG-Mustern und einem FBA-pH $> 7,20$ eine klinische Asphyxie aufweist. Laplanche et al. (1996) finden eine Spezifität des FBA-pH bezüglich der Azidosevorhersage (NS-pH $< 7,25$) von 98,50%, Brandt-Niebelschutz et Saling (1994) von 90% (NS-pH $< 7,20$).

In diesem Kollektiv liegt die Spezifität für FBA-pH-Werte, um Kinder mit einem NS-pH-Wert $\geq 7,15$ zu identifizieren, bei 96,96% (Tab.3.20). Die Grenzen wurden leicht versetzt angelegt, dennoch zeigen sich vergleichbare Ergebnisse.

Aufgrund der hohen Spezifität gilt die FBA als „Goldstandard“ für die Überprüfung des fetalen Säure-Basen-Status und die Verifizierung einer Azidose (Goeschen 1996, Saling 1996). Die Sensitivität fällt jedoch – analog dem Apgar 5'-Wert – sehr niedrig aus (6,25%).

4.8.3.1 Normazider FBA-pH bei azidotischem NS-pH

Der niedrige Wert der Sensitivität ist nicht weiter erstaunlich, da die Geburt durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst wird. Ein FBA-pH im Normbereich bedeutet nicht, dass sich der Säuren-Basen-Haushalt des Feten im weiteren Geburtsverlauf nicht verschieben kann. Es gibt zahlreiche Ursachen für eine Verschlechterung des fetalen Kreislaufsystems, wie z.B. vermehrte Wehentätigkeit, Nabelschnurumschlingung, maternale Azidose, eine verlängerte Pressphase oder eine (vaginal-) operative Entbindung. Zum anderen muss beachtet werden, welche Zeitspanne zwischen der FBA und der Entbindung liegt. Der gemessene FBA-pH-Wert gibt nur punktuell Aufschluss über den Zustand des Feten und sagt nichts über mögliche Veränderung aus (Hartley 1974).

Je größer die Zeitdifferenz zwischen FBA und Entbindung ausfällt, desto größer auch die Differenz zwischen FBA- und NS-pH-Wert (Abb.3.37-38). Folglich kann von einem FBA-pH-Wert nicht auf den NS-pH-Wert geschlossen werden, wenn eine lange Zeitspanne zwischen beiden Ereignissen liegt. Dieser Sachverhalt kann gut anhand der Untergruppe 6 (Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs) des Kollektivs verdeutlicht werden: Während bei allen anderen Gruppen eine signifikante Korrelation zwischen FBA-pH und NS-pH nachweisbar ist, fällt die Korrelation bei Gruppe 6 deutlich schlechter aus (Kap.3.9.2, Abb.3.36). Die Erklärung hierfür findet sich bei Betrachtung der Zeitdifferenz zwischen FBA und Entbindung. Diese fällt bei Gruppe 6 im Vergleich zu allen anderen Gruppen am höchsten aus – genau wie die Differenz zwischen FBA- und NS-pH.

Die Zeitdifferenz zwischen FBA und Entbindung ist bereits Gegenstand anderer Arbeiten, welche ihr ebenfalls eine große Bedeutung zukommen lassen. So können Beard et al. (1967) nur für die letzten 30 Minuten vor Entbindung nachweisen, dass sowohl FBA-pH-Werte $< 7,16$ mit einem klinisch deprimierten Kind, als auch FBA-pH-Werte $\geq 7,25$ mit einem lebensfrischen Kind assoziiert sind. Young et al. (1980) setzen die Grenze bei 60 Minuten und vertreten die Meinung, dass nur ein FBA-pH-Wert, der innerhalb dieser Zeitspanne gemessen wird, auf das fetale Outcome schließen lässt.

Die Tatsache, dass dieser Zeitspanne auch bezüglich des FIGO Scores bei Kindern mit postpartueller Azidose eine große Bedeutung zukommt, wurde bereits in Kapitel 4.4.1 erörtert.

4.8.3.2 Azidotischer FBA-pH bei normazidem NS-pH

Unter falsch-negativen FBA-pH-Werten versteht man per definitionem einen normaziden NS-pH ($\geq 7,30$) unmittelbar nach präazidotischem ($7,21 - 7,24$) bzw. azidotischem FBA-pH ($\leq 7,20$). In der Literatur trifft dies bei ca. 6% aller FBAs zu (Brandt-Niebelschütz et Saling 1994, Schneider 2000). In diesem Kollektiv fällt nur ein einziges Kind (0,4%) in diese Kategorie. Die anderen 8 Kinder der Konstellation FBA-pH \leq

7,24 und NS-pH $\geq 7,3$ sind nicht als falsch-negative Messungen im klassischen Sinn zu werten, da es nicht unmittelbar nach der FBA zur Entbindung kam, sondern erst nach einer zeitlicher Verzögerung.

Eine Möglichkeit für falsch-negative FBA-pH-Werte sind verfälschte Messergebnisse, z.B. durch schlecht gewartete Blutgasanalytoren. Des Weiteren können falsch zu niedrige FBA-pH-Werte aufgrund einer Blutentnahme aus einem Caput succedaneum (Boenisch et Saling 1976), Fruchtwasserbeimengung oder aufgrund zu starker Heparinisierung der Kapillare zustande kommen. Jedoch werden trotz aller Fehlerquellen in nur ca. 1% der Messungen Ungenauigkeiten $> 0,07$ pH-Einheiten beobachtet (Schneider 2000).

Außer einer verfälschten Messung gibt es noch weitere Ursachen dafür, dass Feten mit einem FBA-pH $\leq 7,20$ dennoch mit einem normaziden NS-pH auf die Welt kommen – vor allem, wenn die Zeitspanne zwischen FBA und Entbindung relativ lang ausfällt, wie es bei den meisten Kindern dieses Kollektivs der Fall ist: Wird ein niedriger FBA-pH-Wert gemessen, wird sofort versucht, die fetale Kreislaufsituation mittels Tokolyse, Periduralanästhesie, Lagerungswechsel oder Sauerstoffgabe der Mutter wieder zu verbessern - und dies in den meisten Fällen mit Erfolg.

Mehrmals wurde nun erwähnt, dass von bestimmten FBA-pH-Werten nicht zwangsläufig auf den NS-pH geschlossen werden kann. Dennoch soll hier die Durchführung einer FBA nicht angezweifelt werden. In zahlreichen Studien konnte belegt werden, dass das fetale Outcome mithilfe der FBA positiv „beeinflusst“ werden kann. So beschreibt Goeschen (1992), dass die kindliche Mortalität nach erfolgter Abklärung des fetalen Zustandes mittels FBA mit 0,3% geringer ausfällt als bei 1,6% der Kinder ohne durchgeführter FBA. Auch die kindliche Morbidität, sowie die Verlegung in die Pädiatrie nehmen mit steigender FBA-Frequenz signifikant ab (Misselwitz 2005). Am Beispiel von drei Multizenter-Studien konnten Westgren et al. (1998) die Evidenz aufzeigen, dass eine hohe FBA-Rate mit einer verringerten Inzidenz Neugeborener mit niedrigem NS-pH einhergeht (Sykes et al. 1983, Steer 1987, van den Berg et al. 1987). So auch die Meinung von Stein et al. (2006), welche anhand der Hessischen Perinatalstatistik bestätigen, dass das neonatale Outcome (gemessen an den Parametern Apgar 5'-Wert < 5 und NS-pH $< 7,0$) bei Geburten mit pathologischen FHF-Mustern mittels Durchführung einer FBA verbessert werden kann.

4.9 Indikation zur Durchführung einer FBA

Studien bezeichnen die Kombination aus CTG und FBA als bestmögliche intrapartuale Betreuung (Kubli et Rüttgers 1969, Beard et al. 1971, Renou et Wood 1974) mit den Vorteilen einer signifikanten Reduktion der Sectio-Rate, neonatalen Frühmorbidität und der perinatalen Mortalität (Goeschen 1996). Auch in den Leitlinien der DGGG ist „der Stellenwert der FBA in der kombinierten Geburtsüberwachung mit dem CTG zu sehen. In Fällen nicht interpretierbarer oder abnormer FHF-Muster gibt die Bestimmung der Parameter des Säuren-Basen-Haushalts die notwendige diagnostische Sicherheit“ (DGGG 2004). Doch was genau versteht man unter „abnormen“ FHF-Mustern? Wann muss tatsächlich eine FBA durchgeführt werden, um kein erhöhtes Risiko einer fetalen Gefährdung einzugehen?

Um die Indikation zur Durchführung einer FBA präzisieren zu können, ist es wichtig zu wissen, *wie* sich subpartual am besten auf den fetalen Zustand und auf den postpartualen NS-pH schließen lässt.

Die FBA ist der Goldstandard zur Abklärung des fetalen Zustandes (Goeschen 1996, Saling 1996). Aufgrund der in dieser Arbeit nachgewiesenen signifikanten Korrelation zwischen FIGO Score und FBA-pH, kann auch der FIGO Score, bzw. die Software „Trium CTG Online“, zur Beurteilung des Feten herangezogen werden.

Zur Abschätzung des postpartualen NS-pH zeigen sich wiederum in dieser Arbeit sowohl eine Korrelation zwischen FBA-pH und NS-pH, als auch zwischen FIGO-Score und NS-pH. Auch die Kombination aus beiden Parametern zeigt einen Zusammenhang mit dem NS-pH. Für alle FBAs des Kollektivs (Gruppe 1) zeigt sich anhand der p-Werte, dass die signifikante Korrelation „FBA-pH ~ NS-pH“ am besten ausfällt. Am schlechtesten, aber dennoch fast signifikant, fällt die Korrelation „FIGO Score ~ NS-pH“ aus. Die Kombination aus „FIGO Score plus FBA“ liegt erwartungsgemäß dazwischen (Kap.3.10).

Dies bedeutet in der Praxis, dass man sich zur Einschätzung des fetalen Zustandes im ersten Schritt gut am FIGO Score (bzw. „Trium CTG Online“) orientieren kann. Ist man sich dennoch unsicher, kommt die FBA zur weiteren Abklärung zum Einsatz. Aufgrund der (besseren) signifikanten Korrelation lässt sich hier - noch genauer als mit dem FIGO Score - auf den fetalen Zustand schließen.

4.9.1 Indikation mittels FIGO Gesamt-Score

Um in Zukunft FBAs im Geburtsverlauf einzusparen, könnte man aufgrund genannter Korrelationen, sowie aufgrund der hohen Sensitivität des FIGO Scores für die Befunde „Suspekt plus Pathologisch“ sagen, bei einem von „Trium CTG Online“ als normal bewerteten CTG sei keine FBA nötig.

Untersucht man das Kollektiv nun retrospektiv in der Annahme, die Indikation für die Durchführung einer FBA wäre bei den FIGO Befunden „Suspekt“ und „Pathologisch“ gestellt worden – also nicht bei normal bewerteten CTGs – wäre es bei 22,38% aller FBAs zur Einsparung gekommen. Nur ein geringer Anteil niedriger FBA-pH-Werte und schlechter Outcome-Parameter wäre „übersehen“ worden (Tab.3.22, Abb.3.42).

In den DGGG-Leitlinien wird ein invasiver Handlungsbedarf bei auffälligen FHF-Mustern jedoch nur dann empfohlen, wenn das CTG anhand der FIGO-Kriterien als pathologisch klassifiziert wird. Im Gegensatz dazu wird die Mehrzahl der FBAs im untersuchten Kollektiv bei normaler oder suspekter CTG-Bewertung durchgeführt. Untersucht man demnach das Kollektiv retrospektiv in der Annahme, nur bei einer pathologischen CTG-Bewertung durch „Trium CTG Online“ wäre es zur weiteren Abklärung mittels FBA gekommen, hätten sogar bis zu 62% der FBAs eingespart werden können. Die Zahl „übersehener“ Präazidosen und Azidosen wäre ebenfalls gestiegen (Tab.3.23, Abb.3.42). Während sich jedoch die Einsparungsrate der Indikation „FIGO Pathologisch“ im Vergleich zur Indikation „FIGO Suspekt plus Pathologisch“ nahezu verdreifacht, steigt die Rate übersehener Präazidosen und Azidosen nur sehr gering an. Die Anzahl „übersehener“ schlechter Outcome-Parameter wird bei steigender Einsparungsrate sogar kleiner - ebenfalls ein Argument für die Einsparung vieler FBAs.

Da auch bei völlig normalem, bzw. wieder normalisiertem CTG fetale Azidosen in einer Frequenz von 2% (Goeschen et Koepke 2003) vorkommen und die FBA gewisse Risiken in sich birgt, muss man sich bei einer Nutzen-Risiko-Abwägung fragen, wie viel unerkannte (Prä-)Azidosen in Kauf zu nehmen sind. Kubli et al (1969) halten eine Frequenz von 5% unerkannter Präazidosen und Azidosen für tolerierbar. Damit

liegt die Anzahl von 5,47% „übersehener“ (Prä-)Azidosen für die Indikation zur FBA bei ausschließlich pathologischer CTG-Bewertung nur knapp darüber, während über die Hälfte der FBAs (62,29%) hätten eingespart werden können.

4.9.2 Indikation mittels FIGO Einzelkomponenten

Anstatt die Indikation für die Durchführung einer FBA aufgrund des FIGO Gesamt-Scores zu stellen, besteht ebenso die Möglichkeit, sich nach der Bewertung der Einzelkomponenten zu richten. Es wurde bereits aufgezeigt, dass die Komponenten Dezeleration und Baseline eine höhere Sensitivität als die Variabilität aufweisen und stärker mit niedrigen FBA-pH-Werten korrelieren. Demnach werden diese zwei Komponenten kombiniert. Es zeigt sich, dass die Sensitivität dieser Kombination für den Befund „Suspekt plus Pathologisch“ geringer ausfällt, während sich die Spezifität im Vergleich zur Einzelwertung beider Komponenten bessert (Abb.3.18).

Die Indikation zur FBA wird nun bei folgenden 3 Befunden angenommen: Suspekte plus pathologische Befunde der Komponente Dezeleration, nur pathologische Befunde der Dezeleration und die Kombination „Suspekte plus Pathologische Befunde von Baseline und Dezeleration“:

Die höchste Einsparungsrate findet sich bei der Kombination aus „Baseline und Dezeleration“ (82,48%). Die zweithöchste FBA-Einsparung mit 63,99% findet sich bei dem Befund „Dezeleration Pathologisch“ und nur noch 41,85% bei „Dezeleration Suspekt plus Pathologisch“ (Tab.3.24, Abb.3.43). Wieder verhält sich die Anzahl übersehener Azidosen ($\leq 7,20$) insofern gleich, als dass sie bei steigender FBA-Einsparungsrate ebenfalls, jedoch auch wieder im Verhältnis viel geringer, zunimmt. Unerwartet zeigt sich das Maximum übersehener Präazidosen ($< 7,25$) bei der Einsparungsrate von 63,99% (Dezeleration Pathologisch) und nicht bei der höchsten Einsparungsrate von 82,48% (Kombination Baseline und Dezeleration). Die Anzahl schlechter Outcome-Parameter fällt auch hier bei steigender FBA-Einsparungsrate sogar ab.

Setzt man die tolerierbare Grenze für übersehene (Prä-)Azidosen bei genau 5%, kann man sich bezüglich der Einzelkomponenten nur nach der Indikation „Dezeleration Suspekt plus Pathologisch“ richten. Somit könnten nur vergleichsweise wenig FBAs eingespart werden und die Anzahl schlechter Outcome-Parameter läge vergleichsweise hoch. Hält man auch die Grenze von 5,6% übersehener (Prä-)Azidosen noch für vertretbar, könnte eine enorme Anzahl FBAs (82,48%) anhand der Indikation „Baseline und Dezeleration Suspekt plus Pathologisch“ eingespart werden. Und neben der hohen Einsparungsrate zeigt sich zusätzlich der Vorteil, dass die Anzahl „übersehener“ schlechter Outcome-Parameter vergleichsweise gering ausfällt.

Die Indikation zur FBA bei dem Befund „Dezeleration Pathologisch“ zu stellen, ergibt wenig Sinn, da die Einsparungsrate geringer, die Anzahl übersehener (Prä-)Azidosen jedoch vergleichsweise größer ausfällt.

4.9.3 Fazit

Zusammenfassend gilt für alle untersuchten Indikationsstellungen: Soll die tolerierbare Grenze übersehener (Prä-)Azidosen von 5% nicht überschritten werden, bleibt zum einen die Möglichkeit, die

Indikation zur FBA bei dem Befund „FIGO Gesamt-Score Suspekt plus Pathologisch“ zu stellen. Die Einsparungsrate fällt hier mit 22,38% jedoch relativ gering und die Anzahl schlechter Outcome-Parameter relativ hoch aus.

Sinnvoller scheint es, die Indikation bei „Dezeleration Suspekt plus Pathologisch“ zu stellen. Während die Anzahl übersehener (Prä-)Azidosen ebenfalls unter 5% bleibt, können hier bis zu 41,85% aller FBAs eingespart werden und die Anzahl schlechter Outcome-Parameter fällt geringer aus.

Sieht man eine Grenze von 5,6% „übersehener“ (Prä-)Azidosen ebenso als vertretbar, zeigt sich die Indikation „Baseline und Dezeleration Suspekt plus Pathologisch“ als sinnvollste Möglichkeit: Hier können mit Abstand die meisten FBAs (82,48%) eingespart werden, während die Anzahl „übersehener“ schlechter Outcome-Parameter sogar geringer ausfällt!

An dieser Stelle muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Indikation für die Durchführung einer FBA nicht immer allein aufgrund auffälliger CTG-Muster gestellt wird - auch wenn dies hauptsächlich der Fall ist. Ebenso können maternale Risikofaktoren, akut eintretende Beschwerden oder protrahierte Geburtsverläufe eine FBA erforderlich machen. Aufgrund dieser „CTG-unabhängigen“ Indikationsstellungen kann es bei einigen FBAs nicht einfach zur Einsparung kommen. Daher ist die Zahl der „eingesparten FBAs“ nur als grober Richtwert zu sehen.

Die Tatsache, dass die niedrige Spezifität des CTGs mittels FBA verbessert werden kann, ist bereits seit langem bekannt (Kubli et al. 1969, Renou et Wood 1974, Tejani et al. 1975) und wird auch in dieser Arbeit hervorgehoben. Doch trotz der Seltenheit auftretender Komplikationen, wie z.B. schwerwiegende Verletzungen des Kindes, Hämatombildung oder Infektionen, ist die FBA ein invasiver Eingriff, der nicht unnötig durchgeführt werden sollte (Goeschen et al. 1984, Hammacher 1984). Je nach persönlicher Nutzen-Risiko-Abwägung übersehener Präazidosen und Azidosen kann hier mithilfe der präzisierten Indikationsstellung eine Vielzahl an FBAs eingespart und die Leitlinien gegebenenfalls angepasst werden!

5. Zusammenfassung

Zahlreiche Studien belegen, dass die niedrige Spezifität der Kardiotokografie (CTG) in Kombination mit der Fetalblutanalyse (FBA) verbessert werden kann. Es fehlen jedoch präzise Leitlinien, wann eine FBA durchzuführen ist. Bei vielen Geburtshelfern führt dies zu einer großen Unsicherheit darin, wann tatsächlich eine FBA von Nöten ist. Eine computergestützte CTG-Analyse entsprechend der FIGO-Kriterien könnte ihnen die Entscheidung erleichtern.

Diese Arbeit fokussiert daher zunächst auf die Validität des computergestützten CTG-Monitoring, indem der Zusammenhang zwischen FHF-Mustern und unmittelbar darauf erhobenem Säure-Basen-Status des Feten untersucht wird. Das Kollektiv besteht aus allen Geburten der Frauenklinik Rechts der Isar in den Jahren 2000-2002, die mindestens einen FBA-pH-Wert mit entsprechendem CTG-Extrakt des elektronischen Archivs aufweisen. Es finden sich 263 Geburten mit insgesamt 416 vollständig dokumentierten FBA-Ereignissen. Ein der FBA vorausgehendes 30-Minuten-Fenster der entsprechenden subpartualen CTGs wird retrospektiv mit dem Klassifizierungsverfahren „Trium CTG Online“ analysiert und die daraus resultierende Bewertung mittels FIGO Score mit den zeitlich korrespondierenden pH-Werten der FBA verglichen. Auch die Short Term Variation (STV) der fetalen Herzfrequenz wird mit jedem FBA-pH-Wert korreliert.

Eine signifikante Korrelation zwischen der automatisierten FIGO FHF-Muster-Analyse nach „Trium CTG Online“ und dem FBA-pH ist eindeutig nachweisbar ($p=0.0003$), während sich kein Zusammenhang zwischen STV und FBA-pH finden lässt. Des Weiteren zeigt sich für den FIGO Befund „Suspekt plus Pathologisch“ die für das CTG-Monitoring typische hohe Sensitivität (92-95%) mit niedriger Spezifität (23-24%) bei FBA-pH-Werten $< 7,25$ bzw. $\leq 7,20$. Für den singulären FIGO Befund „Pathologisch“ liegt die Sensitivität (67-77%) nur gering über den Werten der Spezifität (64-66%). Der negativ prädiktive Wert fällt für alle Befunde mit 95-99% sehr gut aus. Bei Patientinnen mit mehreren FBAs im Geburtsverlauf zeigt sich die Sensitivität für den FIGO Befund „Pathologisch“ bei der ersten FBA erwartungsgemäß niedriger, da bei azidotischen pH-Werten sofort gehandelt werden würde. Während die Einzelkomponente Variabilität bei der computergestützten CTG-Bewertung keine und die Baseline nur eine geringe Rolle spielt, ist die Dezeleration in den meisten Fällen der Trigger dafür, dass CTGs nach den FIGO-Richtlinien von „Trium CTG Online“ als suspekt oder pathologisch bewertet werden und eine potentielle fetale Gefährdung mit erniedrigten FBA-pH-Werten aufgedeckt wird.

Weiterhin zeigt sich, dass eine Normalisierung des FIGO Scores im Verlauf der CTG-Ableitung nicht zwangsläufig mit einer entsprechenden Veränderung der FBA-pH-Werte einhergeht. Im Gegensatz dazu muss man bei Verschlechterung des FIGO Scores in den meisten Fällen ebenfalls mit einem Absinken des FBA-pH rechnen. Mithilfe der FBA kann bei Patientinnen, deren CTG von „Trium CTG Online“ als pathologisch bewertet wird, in bis zu 40% aller Fälle eine Spontangeburt abgewartet werden. Eine Korrelation zwischen Sectio-Frequenz und Häufigkeit von FBAs der Frauenklinik Rechts der Isar kann jedoch nicht abschließend belegt werden.

Bezüglich des fetalen Outcomes fällt eine geringe Sensitivität für FBA-pH-Werte $\leq 7,20$ auf, um Kinder mit einem NS-pH $< 7,15$ (6%) bzw. Apgar 5'-Wert < 7 (10%) zu erkennen. Die Spezifität liegt dagegen für beide Outcome-Parameter bei 97%.

Um die Zahl invasiver Eingriffe mittels FBA möglichst gering zu halten, ohne dabei ein erhöhtes Risiko der fetalen Gefährdung einzugehen, scheint es am sinnvollsten, alle CTGs weiter abzuklären, bei denen sowohl die Einzelkomponente Baseline als auch die Dezeleration von „Trium CTG Online“ als suspekt oder pathologisch bewertet werden. Im Kollektiv hätten mit dieser Indikationsstellung 82% aller FBAs eingespart werden können, wobei die Rate „übersehener“ FBA-pH-Werte $< 7,25$ (5,6%) und schlechter Outcome-Parameter (1,8% Apgar 5`-Wert < 7 und 2,4% NS-pH $< 7,15$) sehr gering ausgefallen wären. Wie bereits von einigen Autoren beschrieben, muss jedoch auch im Rahmen dieser Arbeit betont werden, dass der FBA-pH-Wert allein noch keine Garantie für eine präzise Vorhersage des fetalen Outcomes im Einzelfall darstellt. Je nach persönlicher Nutzen-Risiko-Abwägung übersehener (Prä-) Azidosen kann hier dennoch mithilfe der präzisierten Indikationsstellung eine Vielzahl an FBAs eingespart und die Leitlinien gegebenenfalls - nach Bestätigung der Ergebnisse an einem großen, multizentrischen Kollektiv - angepasst werden.

6. Referenzen

- ACOG (American College of Obstetricians and Gynaecologists)
Fetal heart rate patterns: Monitoring interpretation and management.
ACOG Technical Bulletin No 207.
Int J Gynaecol Obstet 51(1995) 65-74
- Amer-Wahlin I, Hellsten C, Noren H et al Hagberg H, Herbst A, Kjellmer I, Lilja H, Lindoff C, Mansson M, Martensson L, Olofsson P, Sundstrom A, Marsal K
Cardiotocography versus cardiotocography plus ST analysis of fetal electrocardiogram for intrapartum fetal monitoring: a Swedish randomised controlled trial.
Lancet 358 (2001) 534-538
- Anceschi MM, Piazze JJ, Ruozi-Berretta A, Cosmi E, Cerekja A, Maranghi L, Cosmi EV
Validity of short term variation in detection of fetal acidemia.
J Perinat Med 31 (2003) 231-236
- Apgar V, James LS
Further observations on the newborn scoring system.
Am J Dis Child 104 (1962) 419-428
- Axt R
Das intrapartale CTG.
Gynäkologe 30 (1997) 577-580
- Ayres-de-Campos D, Bernardes J, Costa-Pereira A, Pereira-Leite L
Inconsistencies in classification by experts of cardiotocograms and subsequent clinical decision.
Br J Obstet Gynaecol 106 (1999) 1307-1310
- Bayrische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätssicherung in der stationären Versorgung (BAQ)
Gesamtauswertung Bayern 2000, 2001, 2002, 2003
www.baq-bayern.de
- Bear S, Vetter K
Sub partu monitoring of the fetus by cardiotocography and fetal blood analysis.
J Perinat Med 16 (1988) 411-416
- Beard RW, Morris ED, Clayton SG
PH of foetal capillary blood as an indicator of the condition of the foetus.
J Obstet Gynaecol Br Commonw 74 (1967) 811-821
- Beard RW, Filshie GM, Knight CA, Roberts GM
The significance of the changes in the continuous fetal heart rate in the first stage of labor.
J Obstet Gynaecol Br Commonw 78 (1971) 865-881
- Beguín F, Yeh S, Forsythe A, Hon EH
A study of fetal heart rate deceleration areas.
II. Correlation between deceleration areas and fetal pH during labour.
Obstet Gynecol 45 (1975) 292-298
- Berle P, Misselwitz B
Die primäre, die sekundäre und die Notsectio. Inzidenz, mütterliche und kindliche Morbidität und Mortalität.
Gynäkologe 31 (1998) 751-760
- Bernardes J, Costa-Rereira D, Ayres-de Campos D, van Geijn HP, Pereira-Leite L
Evaluation of interobserver agreement of cardiotocograms.
Int J Gynaecol Obstet 57 (1997) 33-37

Bernardes J, Ayres-de-Campos D, Costa-Pereira A, Pereira-Leite L, Garrido A
Objective computerized fetal heart rate analysis.
Int J Gynaecol Obstet 62 (1998) 141-147

Boenisch H, Saling E
The reliability of pH-value in fetal blood samples.
J Perinat Med 4 (1976) 45-50

Bollmann R, Issel ED, Halle H, Ballauf D, Füssel C
Befunde der subpartualen Überwachung, der Zustand des Neugeborenen und die Bewertung der
Kardiotokogrammbefunde.
Zentralbl Gynakol 98 (1976) 3-9

Brand M, Saling E
Rundtischgespräch über intrakranielle Blutungen.
45. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe, Frankfurt, 1984

Brandt-Niebelschutz S, Saling E
Indications for operative termination of labor on cardiotocography and fetal blood analysis: the reliability
of these methods.
J Perinat Med 22 (1994) 19-27

Brann AW
Hypoxic ischemic encephalopathy (asphyxia).
Pediatr Clin North Am 33 (1986) 451-464

Breuker KH, Kriebel J, Haase W, Bolte A
Cardiotocographic scores compared with acid-base status, Apgar-scores and umbilical gas levels.
Arch Gynecol 229 (1980) 45-55

Brown VA, Sawers RS, Parson RJ, Duncan SL, Cooke ID
The value of antenatal cardiotocography in the management of high risk pregnancy: a randomized
controlled trial.
Br J Obstet Gynaecol 89 (1982) 716-722

Bührig H, Schmid J
Die klinische Wertigkeit pathologischer Herzfrequenzmuster sub partu.
Geburtshilfe Frauenheilkd 35 (1975) 343-348

Chaffin D, Goldberg C, Reed K
The dimension of chaos in the fetal heart rate.
Am J Obstet Gynecol 165 (1991) 1425 -1429.

Chawla R, Deppe G, Ahart S, Gleicher N
Hemorrhage after fetal blood sampling.
Am J Obstet Gynecol 149 (1984) 92-95

Cremer M
Über die direkte Ableitung der Aktionsströme des menschlichen Herzens vom Oesophagus und über das
Elektrokardiogramm des Fötus.
Munch Med Wochenschr 53 (1906) 811

Dai MS, Fox H
Electronic Monitoring of Fetal Heart Rate and Determination of Fetal Scalp Blood pH in Prediction of
Intrapartum Fetal Distress.
Chin Med J (Engl) 104 (1991) 132-137

Daumer M
Adaptive drift detection and intelligent alarm systems.
Biomed Tech 43 (1998) 214-215

- Dawes GS, Redman CWG, Smith JH
Improvements in the registration and analysis of fetal heart rate records at the bedside.
Br J Obstet Gynaecol 92 (1985) 317-325
- Dawes GS, Moulden M, Redman CWG
Short term fetal heart rate variation, decelerations, and umbilical flow velocity waveforms before labour.
Obstet Gynecol 80 (1992) 673-678
- Devane D, Lalor J
Midwives' visual interpretation of intrapartum cardiotocographs: intra- and inter-observer agreement.
J Adv Nurs 52 (2005) 133-141
- Devoe L, Golde S, Kilman Y, Morton D, Shea K, Waller J
A comparison of visual analyses of intrapartum fetal heart rate tracings according to the new national institute of child health and human development guidelines with computer analyses by an automated fetal heart rate monitoring system.
Am J Obstet Gynecol 183 (2000) 361-366
- DGGG (Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe),
DGPM (Deutsche Gesellschaft für Perinatale Medizin),
AG für Materno-Fetale Medizin.
Anwendung des CTG während Schwangerschaft und Geburt.
Frauenarzt 45 (2004) 576-607
- Dietrich K, Holzgreve W, Jonat W, Schneider K-TM, Weiss JM
„Gynäkologie und Geburtshilfe“,
Leitung und Überwachung der Geburt (Kapitel 6.6)
Das reife Neugeborene (Kapitel 6.9)
Springer Verlag, Heidelberg, 2000, 1.Auflage
- Donker DK, van Geijin HP, Hasman A
Interobserver variation in the assessment of fetal heart rate recordings.
Obstet Gynecol 80 (1992) 673-678
- Dudenhausen JW, Pschyrembel W
Praktische Geburtshilfe.
De Gruyter, Berlin, 2001, 19. Auflage
- Dumler E, Gnirs J, Kolben M, Schneider H
Anwendbarkeit und Relevanz der fetalen Skalplutalanalyse.
- Kritische Betrachtung von 83 Fällen im Jahr 1992.
Gynakol Geburtshilfliche Rundsch 33 (1993) 155-156
- Enkin M
An overview of guide to effective care in pregnancy and childbirth.
Oxford University press (2002)
- Eskes TK
Fetal heart rate monitoring during the second stage of labour.
In: Critical appraisal of fetal surveillance.
Van Geijn HP, Copray FJA (Hrsg.)
Excerpta Medica, Amsterdam, 1994, 271-273
- Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique (FIGO)
FIGO News : Guidelines for the use of fetal monitoring.
J Obstet Gynaecol 25 (1987) 159-167
- Felser M
Korrelation von Kardiotokographie, foetaler Blutanalyse und Zustand des Neugeborenen während der Geburtsphasen.
Dissertation, Berlin, 1977

- Fischer WM, Stude I, Brandt H
Ein Vorschlag zur Beurteilung des antepartualen Kardiotokogrammes.
Z Geburtshilfe Perinatol 180 (1976) 117-123
- Gardosi JO, FIGO
FIGO News - Intrapartum surveillance: recommendation on current practice and overview of new developments.
Int J Gynaecol Obstet 49 (1995) 213-221
- Geraedts M, Neumann M
Evaluation der Qualitätsindikatoren in der externen vergleichenden Qualitätssicherung nach § 137 SGB V im Leistungsbereich Geburtshilfe (im Auftrag der Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung), 2003
- Gnirs J, Schneider K-TM
Diagnostik der fetalen Bewegungsaktivität, fetaler Stimulationstests und der Komplexitätsanalyse des fetalen EKGs als Ergänzung der intrapartualen CTG-Überwachung.
Gynäkologe 29 (1996) 28-44.
- Gnirs J
Intrapartuale Überwachung
In: „Die Geburtshilfe“
Schneider H, Husslein P, Schneider, K-TM (Hrsg.)
Springer Verlag, Heidelberg, 2006, 3. Auflage, 972-977
- Goeschen K
Combined monitoring of labor: maternal and neonatal results.
Z Geburtshilfe Perinatol 196 (1992) 103-105
- Goeschen K
Fetal monitoring by combined CTG and FBA.
J Perinat Med 24 (1996) 37-41
- Goeschen K
Derzeitiger Stand der intrapartalen Überwachung des Kindes.
Gynäkologe 30 (1997) 525-533
- Goeschen K, Gruner T, Saling E
Stellenwert des Hammacher-Scores und der Fetalblutanalyse bei der subpartualen Überwachung des Kindes.
Z Geburtshilfe Perinatol 188 (1984) 12-20
- Goeschen K, Butterwegge M
Stellenwert der Fetalblutanalyse und Messung der Sauerstoffsättigung am Feten.
Gynäkologe 29 (1996) 22-27
- Goeschen K, Koepcke E
„Kardiotokographie-Praxis“
Interpretation der Kardiotokographie (Kapitel 5)
Kardiotokographie und Fetalblutanalyse (Kapitel 9)
Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, 6.Auflage
- Golias D
Computergestützte CTG-Analyse.
Diplomarbeit, Institut für Informatik der Technischen Universität München, 2000
- Goodwin TM, Milner-Masterson L, Paul RH
Elimination of fetal scalp blood sampling on a large clinical service.
Obstet Gynecol 83 (1994) 971-974

- Grant A
The Dublin Randomised Controlled Trial of intrapartum fetal heart rate monitoring.
Thesis, University of Oxford, 1993
- Hammacher K
Electronic control of fetal life before and during labor.
Arch Gynakol 204 (1967) 270-271
- Hammacher K
Zum Thema: FBA und oder CTG.
Geburtshilfe Frauenheilkd 44 (1984) 608-610
- Hammacher K, Brun del Re R, Gaudenz R, de Grandi P, Richter R
Cardiographic diagnosis of fetal hazard using a CTG-score.
Gynakol Rundsch 14 (1974) 61-63
- Harner N
Validation and Optimization of the FIGO Criteria for CTG Analysis.
Diplomarbeit, Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2004
- Hartley DR
Intensive care in labour. Simultaneous fetal heart monitoring and fetal scalp sampling in 83 patients.
S Afr Med J 48 (1974) 2113-2118
- Haverkamp AD, Orleans M, Langendoerfer S, McFee J, Murphy J, Thompson HE
A controlled trial of the differential effects of intrapartum fetal monitoring.
Am J Obstet Gynecol 134 (1979) 399-412
- Hiatt AK, Devoe LD, Youssef A, Gardner P, Black M
A comparison of visual and automated methods of analyzing fetal heart rate tests.
Am J Obstet Gynecol 168 (1993) 1517-1521
- Hon EH
The electronic evaluation of the fetal heart rate. Preliminary report.
Am J Obstet Gynecol 75 (1958) 1215-1230
- Hon EH
The electronic evaluation of the fetal heart rate. VI. Fetal distress-working hypothesis.
Am J Obstet Gynecol 83 (1962) 333-353
- Jeffrey L, Ecker MD, Fredric D, Frigoletto MD
Cesarean delivery and the Risk-Benefit Calculus
N Engl J Med 356 (2007) 885-888
- Jensen A, Martius G
Überwachung und Leitung der Entbindung.
In: "Geburtshilfe und Perinatologie",
Martius G, Rath W (Hrsg.)
Thieme Verlag, Stuttgart, 1998, 386-442
- Keith RDF, Beckley S, Garibaldi JM, Westgate JA, Ifeachor EC, Greene KR
A multicentre comparative study of 17 experts and an intelligent computer system for managing labour using the cardiotocogram.
Br J Obstet Gynaecol 102 (1995) 688-700
- Kelly V, Kulkarni D
Experiences with fetal monitoring in a community hospital.
J Obstet Gynaecol 41 (1973) 818-824

- Knitza R, Buschmann J, Rall G
Ein neues Verfahren zur kontinuierlichen Messung der fetalen Sauerstoffsättigung sub partu.
Geburtshilfe Frauenheilkd 52 (1992) 319-321
- Krause W, Thumulla C, Gstöttner H, Herrman A, Michels W
Rechenautomatische CTG-Analyse versus visuelle CTG-Analyse (Ergebnisse einer internationalen multizentrischen Studie).
Geburtshilfe Frauenheilkd 48 (1988) 389-396
- Kubli F
Measurement of placental function.
In: "Perinatal Medicine",
Huntingford PJ, Beard RW, Hytten FE, Scopes JW (Hrsg.)
Karger, Basel, 1971, 3-74
- Kubli FW, Hon EH, Khazin AF, Takemura H
Observations on heart rate and pH in the human fetus during labor.
Am J Obstet Gynecol 104 (1969) 1190-1206
- Kubli F, Rüttgers H
Die kontinuierliche Registrierung der fetalen Herzfrequenz bei gleichzeitiger Wehenschreibung,
I. Nomenklatur, Interpretation und klinische Anwendung.
Gynäkologe 2 (1969) 73-89
- Kühnert M, Seelbach-Göbel B, Butterwege M
Kritische Evaluierung der fetalen Pulsoxymetrie im klinischen Einsatz.
Geburtshilfe Frauenheilkd 61 (2001) 290-296
- Künzel W
„Klinik der Frauenheilkunde und Geburtshilfe“
Urban und Fischer, München, 2002, 4. Auflage
- Laplache B, Brandel E, Magnin G
Should pH scalp blood sampling still be done during labor?
J Gynecol Obstet Biol Reprod 25 (1996) 612-616
- Larsen JF
Why has conventional intrapartum cardiotocography not given the expected results?
J Perinat Med 24 (1996) 15-23
- Low JA
The prediction and prevention of intrapartum fetal asphyxia in term pregnancies.
Am J Obstet Gynecol 184 (2001) 724-730
- Lowensohn RI, Yeh A, Forsythe A, Hon EH
Computer assessed fetal heart rate patterns and fetal scalp pH. A preliminary study.
Obstet Gynecol 46 (1975) 190-193
- Mandrizzo GP, Meir YJ, Gigli C
Fetal blood sampling in labor.
J Perinat Med 22 (1994) 485-489
- McDonald D, Grant M, Sheridan-Pereiera M, Boylan P, Chalmers I
The Dublin randomized controlled trial of intrapartum fetal heart rate monitoring.
Am J Obstet Gynecol 152 (1985) 524-539
- Misselwitz B
Einfluss der Fetalblutanalyse auf die Prozess- und Ergebnisqualität in der Perinatalmedizin.
Dissertation, Klinik für Geburtshilfe und Perinatalmedizin der Philipps-Universität,
Marburg, 2005

- Murphy K
Birth asphyxia and the intrapartum cardiotocograph.
Br J Obstet Gynaecol 97 (1990) 470-479
- Nelson KB, Broman SH
Perinatal risk factors in children with serious motor and mental handicaps.
Ann Neurol 2 (1977) 371-377
- Nelson KB, Ellenberg JH
Antecedents of cerebral palsy. Multivariate analysis of risk.
N Engl J Med 315 (1986) 81-86
- Nelson KB, Dambrosia JM, Ting TY, Grether JK
Uncertain value of electronic fetal monitoring in predicting cerebral palsy.
N Engl J Med 334 (1996) 613-618
- Nickelsen C, Weber T
The current status of intrapartum continuous fetal tissue pH measurements.
J Perinat Med 19 (1991) 87-92
- Parer J, King T
Fetal heart rate monitoring: Is it salvageable?
Am J Obstet Gynecol 182 (2000) 982-987
- Paul R, Hon E
Clinical fetal monitoring. V. Effect on perinatal outcome.
Am J Obstet Gynecol 118 (1974) 529-533
- Pellantova S, Roztocil A, Miklica J
Validity of cardiotocography in acute fetal hypoxia - neonatal status after cesarean section.
Ceska Gynekol 65 (2000) 34-38
- Queißer B, Müller K, Gonser M
Senkung der Sectiorate durch Fetalblutanalyse.
Zentralbl Gynakol 128 (2006) 214-216
- RCOG (Royal College of Obstetricians and Gynaecologists)
The use of Electronic Fetal Monitoring. The use and interpretation of cardiotocography in
intrapartum fetal surveillance.
Evidence-based Clinical Guideline, 2001, Number 8
- Renou P, Wood C
Interpretation of the continuous fetal heart rate record.
Clin Obstet Gynecol 1 (1974) 191-216
- Roemer VM
Fetal blood analysis – pro and contra.
Gynakol Geburtshilfliche Rundsch 37 (1997) 191-202
- Roemer VM
Computer-assisted analysis of intrapartum cardiotocodynamographs.
Zentralbl Gynakol 124 (2002) 317-325
- Roemer VM, Walden R
Quantitative Kardiotokographie
Geburtshilfe Frauenheilkd 64 (2004) 805-815
- Roemer VW, Walden R
Quantitative Kardiotokographie – wie sieht sie aus und was dürfen wir von ihr erwarten?
Z Geburtshilfe Neonatol 210 (2006) 77-91

- Saling E
Kardiotokographie mit und ohne Fetalblutanalyse.
Geburtshilfe Frauenheilkd 45 (1985) 190-193
- Saling E
Intensive monitoring of the fetus sub partu - value and false interpretation.
Geburtshilfe Frauenheilkd 55 (1995) 628-633
- Saling E
Comments on past and present situation of intensive monitoring of the fetus during labor.
J Perinat Med 24 (1996) 7-13
- Schiermeier S, Westhof G, Daumer M, Scholz M, Hatzmann W
Die Kurzzeitvariation der fetalen Herzfrequenz und der FIGO-CTG-Score – Erste Erfahrungen in der Kombination dieser Überwachungsparameter.
Geburtshilfe Frauenheilkd 66 (2006) 752-755
- Schiffrin B
Antenatal Fetal Assessment: Overview and Implications for Neurologic Injury and Routine Testing.
Clin Obstet Gynecol 38 (1995) 132-141
- Schindler T
In: "Delayed moving window algorithm for online cardiotocogram analysis. A comparison of computerized CTG Analysis",
Trium Analysis Online (Hrsg.),
Wissenschaftsverlag, Mainz, 2002, 1.Auflage, 1-110
- Schlotter CM, Jäger E, Roemer VM, Conradt A
The relationship between cardiotocographic parameters and fetal and maternal-fetal acid-base equilibrium during the dilatation and expulsion stages of labor (proceedings).
Arch Gynecol 224 (1977) 144-145
- Schlotter CM, Jäger E, Wössner G, Scheub A
Patterns of fetal heart frequency during the second stage of labour and expulsion period – typical patterns, frequency, risk of acidosis and evaluation.
Arch Gynecol 227 (1979) 55-70
- Schneider H
Significance of intrapartum asphyxia for the onset of fetal brain damage.
Geburtshilfe Frauenheilkd 53 (1993) 369-378
- Schneider H
Kritische Evaluation des CTG.
Gynäkologe 29 (1996) 3-11
- Schneider H, Beller FK
Die Bedeutung des Hypoxierisikos bei der Geburt – eine Neubewertung.
Seminar des Frauenarztes 38 (1997) 324-330
- Schneider H, Husslein P, Schneider K-TM
„Die Geburtshilfe“
Springer Verlag, Heidelberg, 2006, 3. Auflage
- Schneider K-TM
Fetale Skalpblutanalyse (Kapitel 6.7.9)
In: „Gynäkologie und Geburtshilfe“
Dietrich K, Holzgreve W, Jonat W, Schneider K-TM, Weiss JM (Hrsg.)
Springer Verlag, Heidelberg, 2000, 1. Auflage, 227-229

Seelbach-Göbel B

Ist die Pulsoxymetrie ein Gewinn für die Überwachung des Feten sub partu?
J Perinat Med 10 (1998) 77-80

Simmons SC, Lieberman B

The combined use of cardiotocography and fetal blood sampling in monitoring the fetus in labour.
Br J Obstet Gynaecol 79 (1972) 816-820

SOGC (Society of Obstetricians and Gynecologists of Canada)

Fetal Health Surveillance in Labour
Clinical Practise Guidelines, 2002, Nr. 112

Spencer JA

Predictive value of a fetal heart rate acceleration at the time of fetal blood sampling in labour.
J Perinat Med 19 (1991) 207-215

Spencer JA

Clinical overview of cardiotocography.
Br J Obstet Gynaecol 100 (1993) 4-7

Steer PJ

Fetal monitoring: present and future.
Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 24 (1987) 115-116

Steer PJ

Interrelationships among abnormal cardiotocograms in labor, meconium staining of the amniotic fluid, arterial cord blood pH, and Apgar scores.
Obstet Gynecol 74(1989) 715-720

Stein W, Misselwitz B, Kühnert M, Schmidt S

Führt der Einsatz der Fetalblutanalyse zu einer Verminderung vaginaloperativer Entbindungen?
– Eine Auswertung anhand der Hessischen Perinatalstatistik (HEPE).
Z Geburtshilfe Neonatol (2003) 207

Stein W, Hellmeyer L, Misselwitz B, Schmidt S

Impact of fetal blood sampling on vaginal delivery and neonatal outcome in deliveries complicated by pathologic fetal heart rate: a population based cohort study.
J Perinat Med 34 (2006) 479-483

Strachan BK, Wijngaarden WJ, Sahota D, Chang A, James DK

Cardiotocography only versus cardiotocography plus PR-interval analysis in intrapartum surveillance: a randomised multicenter trial.
Lancet 355 (2000) 456-459

Street P, Dawes GS, Moulden M, Redman CWG

Short term variation in abnormal antenatal fetal heart rate records.
Am J Obstet Gynecol 165 (1991) 515-523

Sykes GS, Molloy PM, Jonsson P, Stirrat GM, Tumbull AC

Fetal distress and the condition of the newborn infant.
BMJ 287 (1983) 943-945

Tejani N, Mann LI, Bhakthavathsalan A, Weiss RR

Correlation of fetal heart rate - uterine contraction patterns with fetal scalp blood pH.
Obstet Gynecol 46 (1975) 392-396

Thacker SB, Stroup DF, Chang M

Continuous electronic heart rate monitoring for fetal assessment during labor.
Cochrane Database Syst Rev, 2001, Issue no.3

Valentin L, Ekman G, Isberg PE, Polberger S, Marsal K
Clinical Evaluation of the Fetus and Neonate. Relation between Intra-Partum Cardiotocography, Apgar Score, Cord Blood Acid-Base Status and Neonatal Morbidity.
Arch Gynecol Obstet 253 (1993) 103-115

Van den Berg P, Schmidt S, Gesche J, Saling E
Fetal distress and the condition of the newborn using cardiotocography and fetal blood analysis during labour.
Br J Obstet Gynaecol 94 (1987) 72-75

Vintzileos AM, Nochimson DJ, Guzman ER, Knuppel RA, Kale M, Schifrin BS
Intrapartum electronic fetal heart rate monitoring versus intermittent auscultation: a meta-analysis.
Obstet Gynecol 85 (1995) 149-155

Weber T
PH monitoring during labour with special reference to continuous fetal scalp tissue pH.
Dan Med Bull 30 (1983) 215-229

Weiß C
„Basiswissen Medizinische Statistik“
Springer, Berlin, 2005, 3. Auflage

Westgate JA, Greene K
How well is fetal blood sampling used in clinical practise?
Br J Obstet Gynaecol 101 (1994) 250-251

Westgren M, Kruger K, Ek S, Grunevald C, Kublickas M, Naka K, Wolff K, Persson B
Lactate compared with pH analysis at fetal scalp blood sampling: a prospective randomised study.
Br J Obstet Gynaecol 105 (1998) 29-33

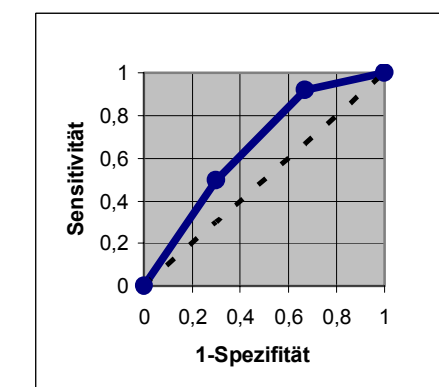
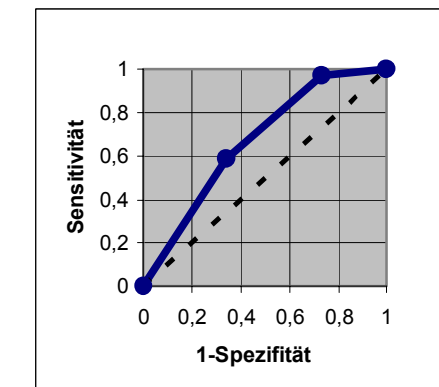
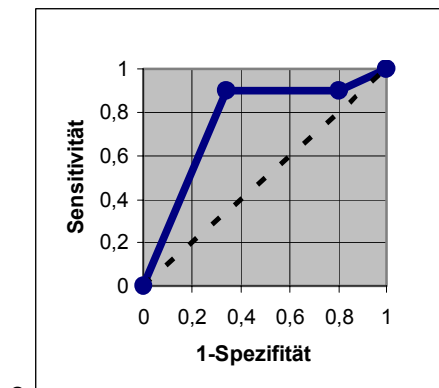
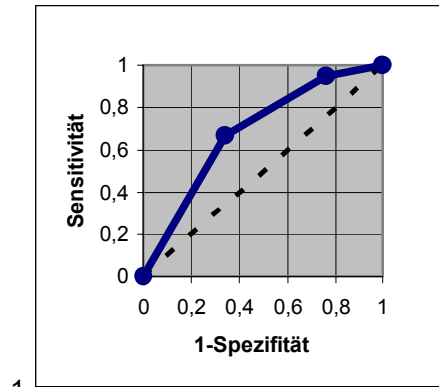
Wood C, Ferguson R, Leeton J, Newman W, Walker A
Fetal heart rate and acid-base status in the assessment of fetal hypoxia.
Am J Obstet Gynecol 98 (1967) 62-70

Young DC, Gray JH, Luther ER, Peddle LJ
Fetal scalp blood pH sampling: its value in an active obstetric unit.
Am J Obstet Gynecol 136 (1980) 276-281

7. Anhang

7.1 ROC-Kurven

Abb.7.1 ROC-Kurven FIGO (oA), FBA < 7,25



**FIGO (oA)
FBA-pH < 7,25**

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

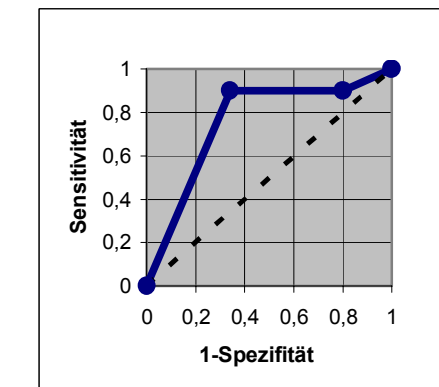
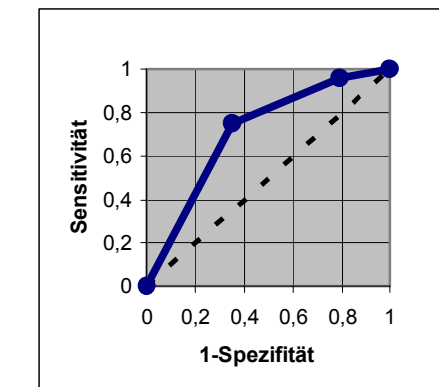
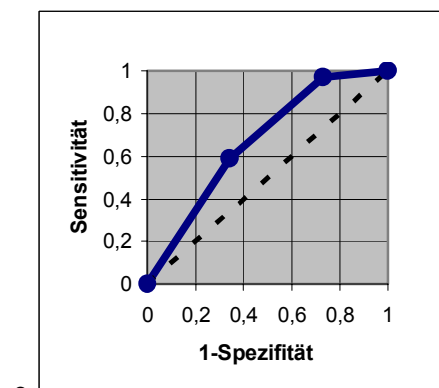
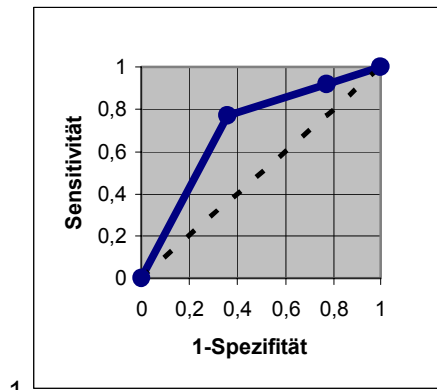


Abb.7.2 ROC-Kurven FIGO (oA), FBA $\leq 7,20$



**FIGO (oA)
FBA-pH $\leq 7,20$**

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

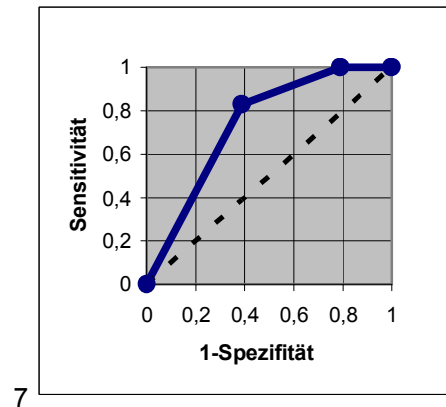
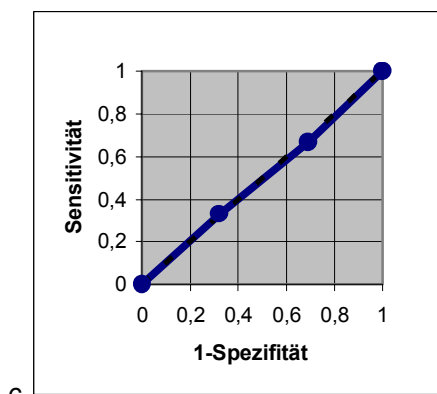
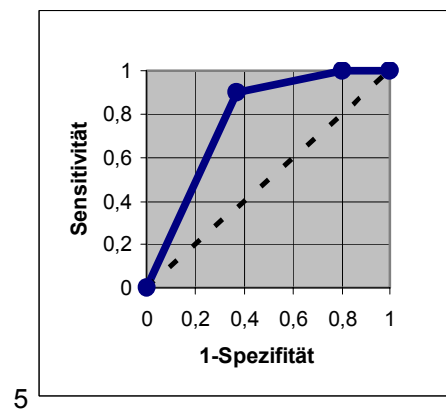
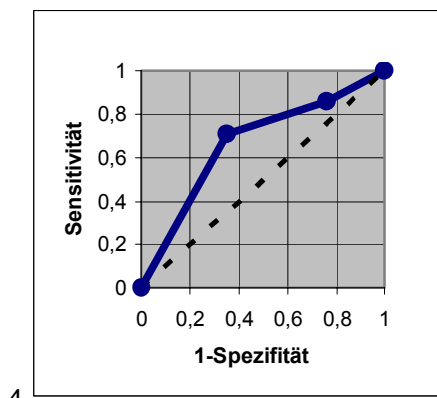
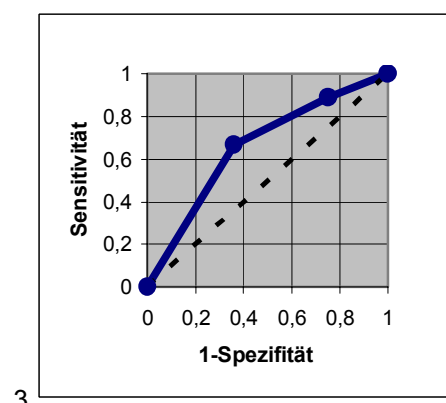
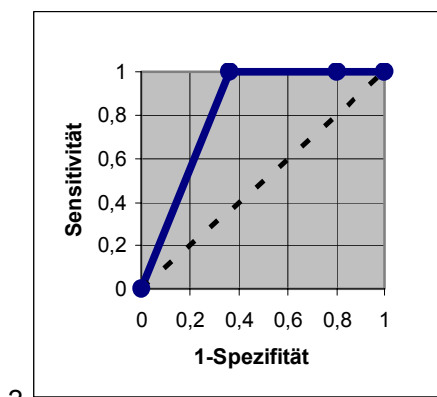
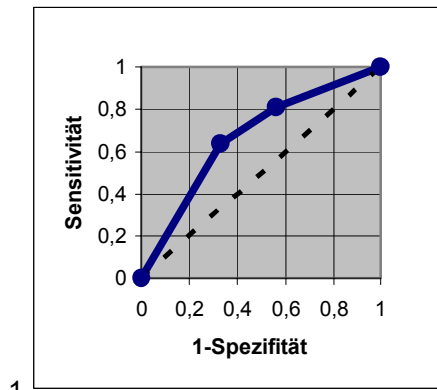


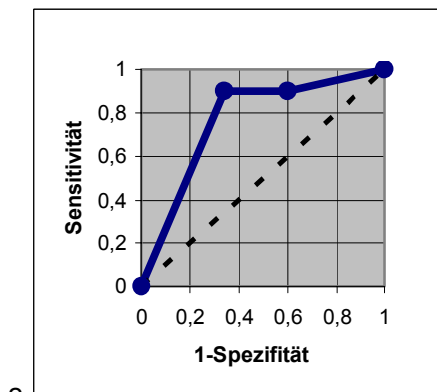
Abb.7.3 ROC-Kurven FIGO Dezeleration, FBA < 7,25



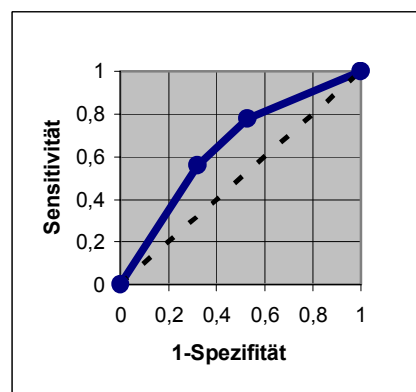
1

**FIGO Dezeleration
FBA-pH < 7,25**

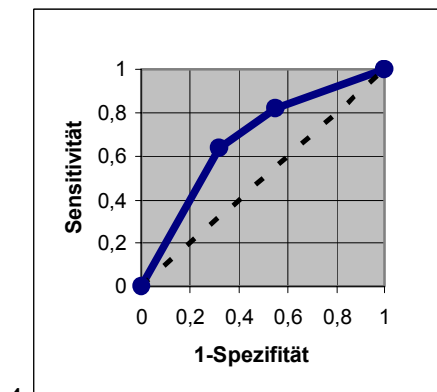
- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs



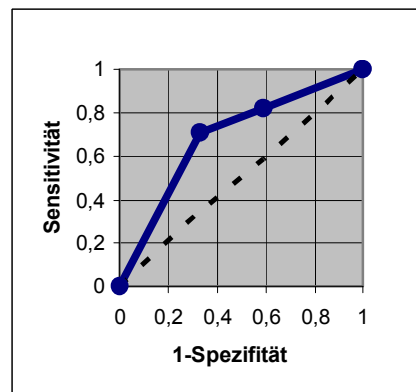
2



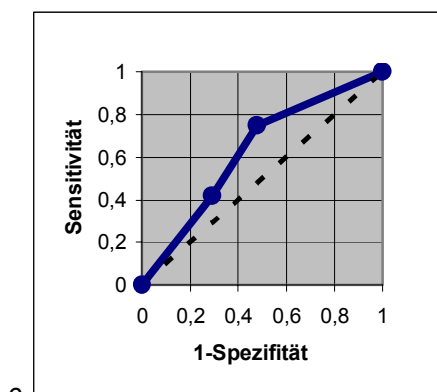
3



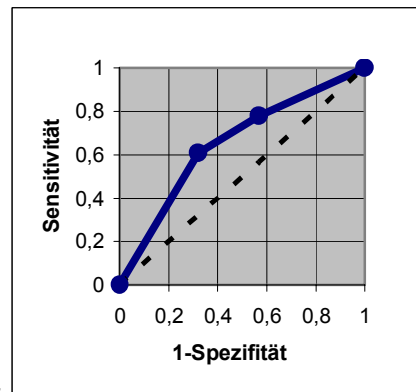
4



5

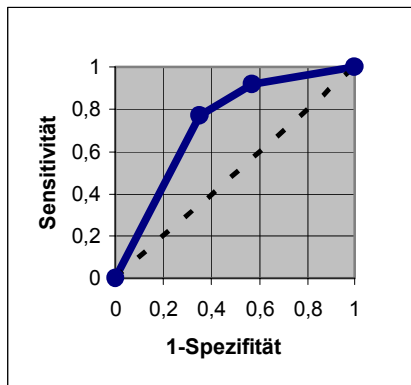


6



7

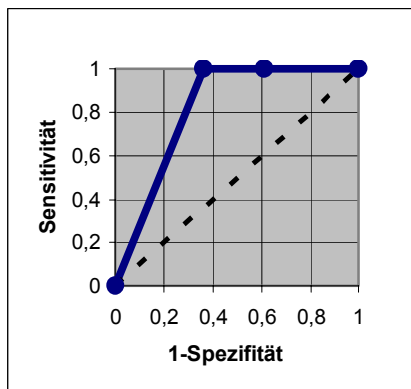
Abb.7.4 ROC-Kurven FIGO Dezeleration, FBA $\leq 7,20$



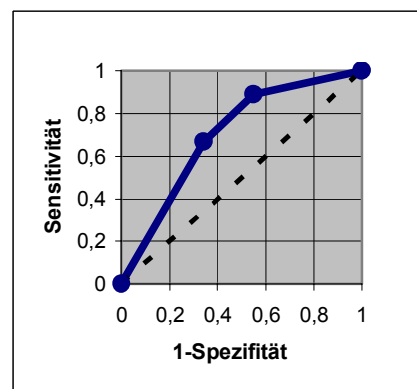
1

**FIGO Dezeleration
FBA-pH $\leq 7,20$**

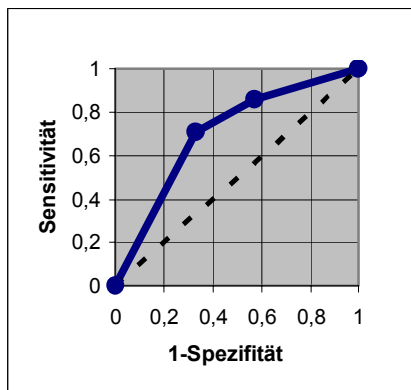
- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs



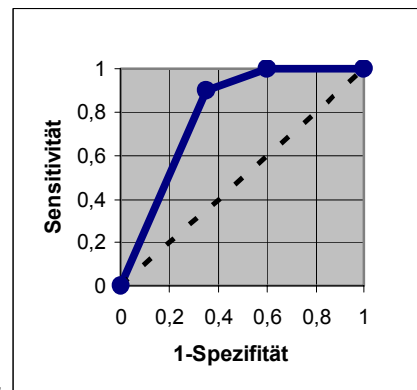
2



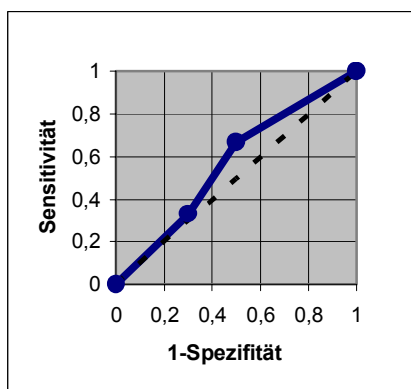
3



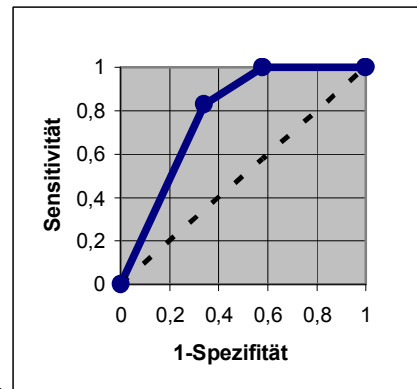
4



5



6



7

Abb.7.5 ROC-Kurven FIGO Variabilität, FBA < 7,25

**FIGO Variabilität
FBA-pH < 7,25**

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

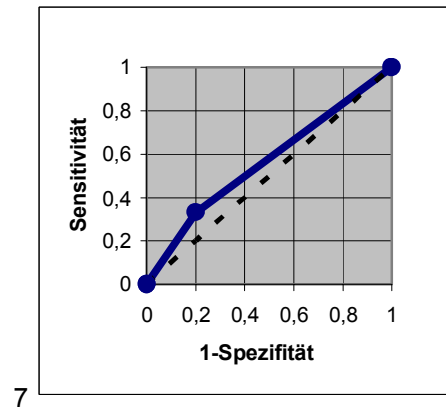
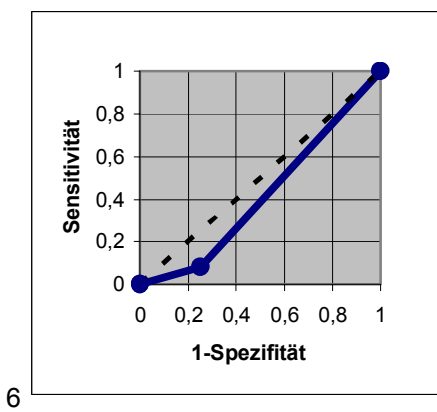
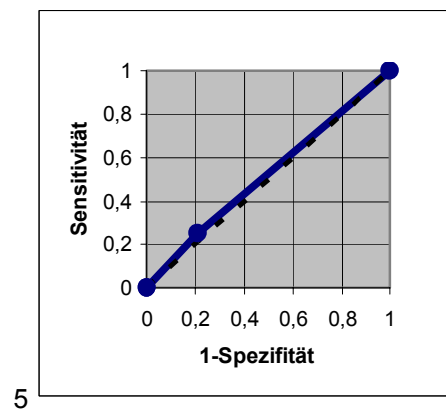
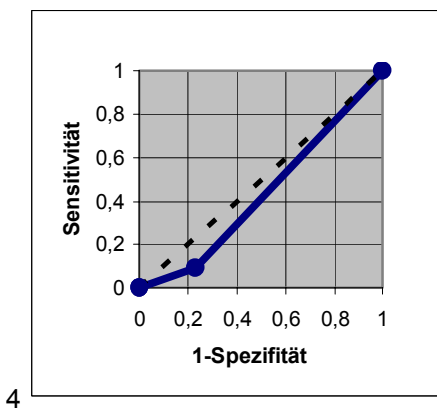
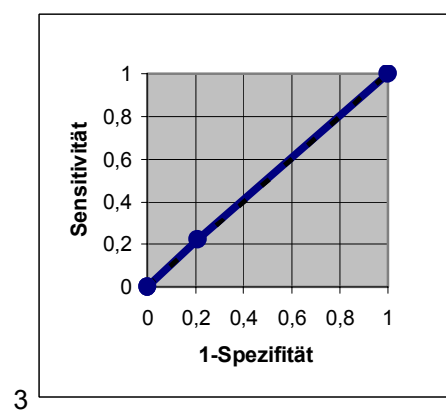
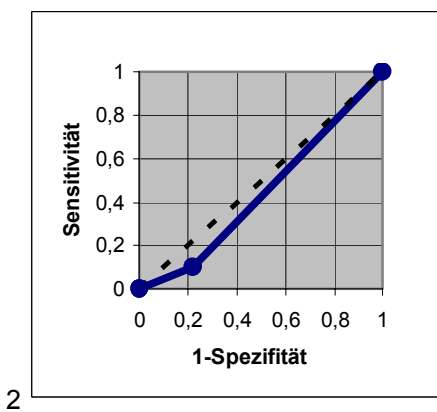
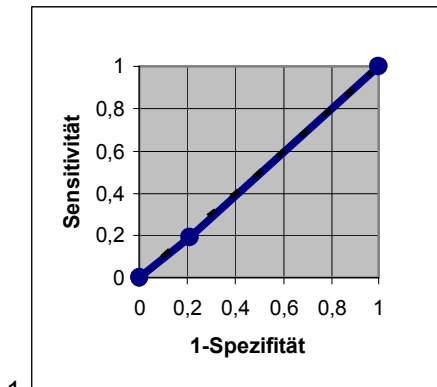
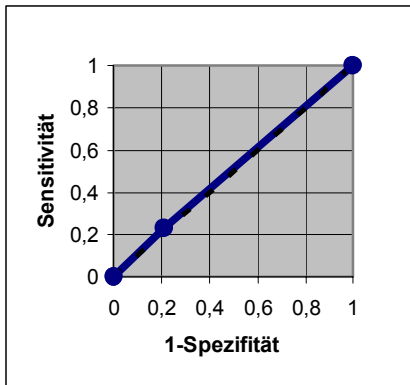


Abb.7.6 ROC-Kurven FIGO Variabilität, FBA $\leq 7,20$



**FIGO Variabilität
FBA-pH $\leq 7,20$**

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

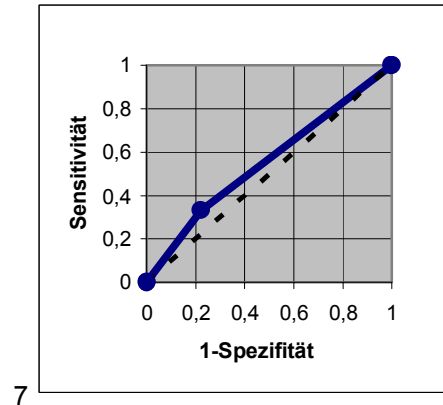
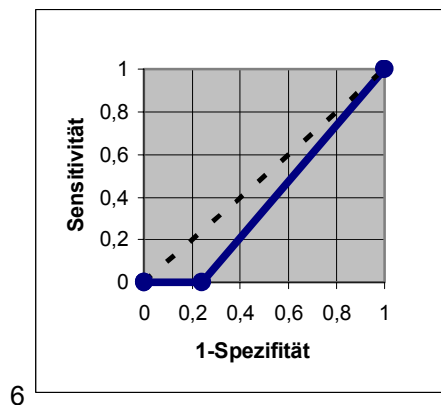
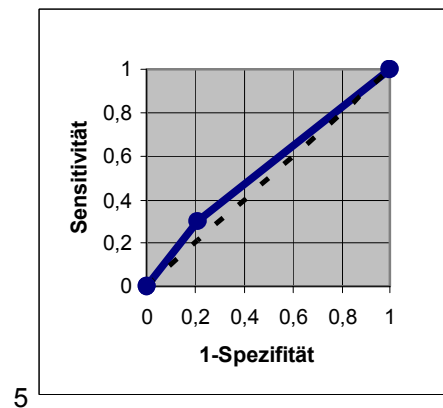
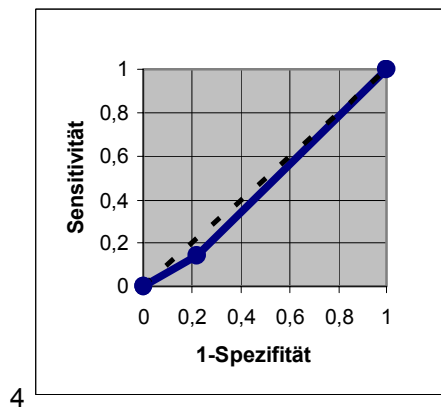
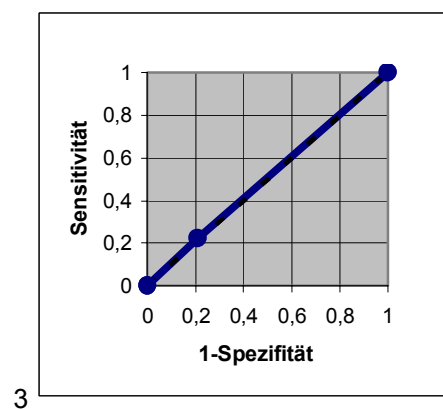
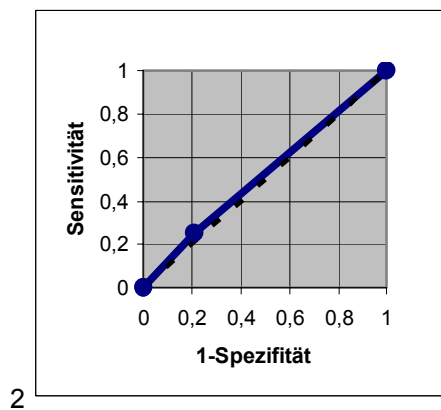
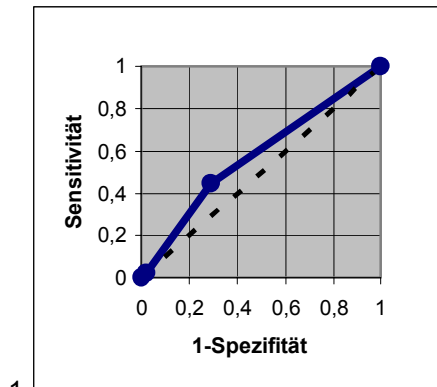


Abb.7.7 ROC-Kurven FIGO Baseline, FBA < 7,25



**FIGO Baseline
FBA-pH < 7,25**

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

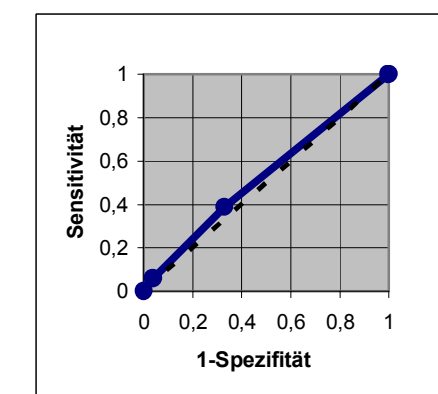
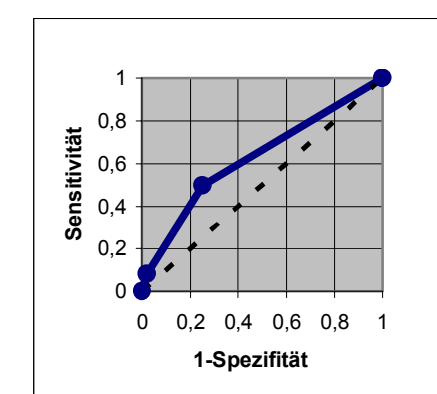
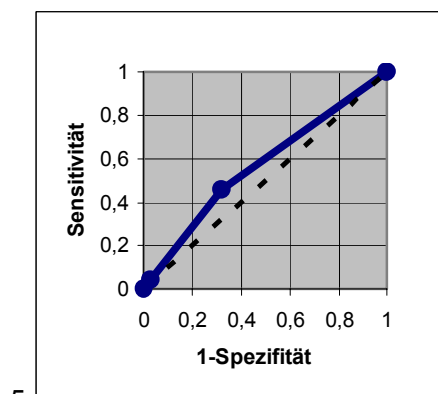
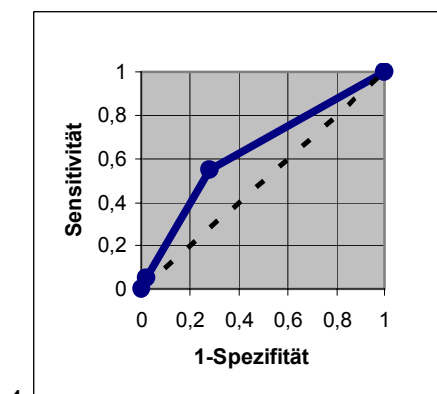
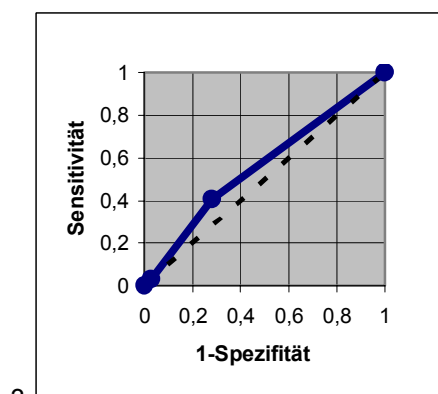
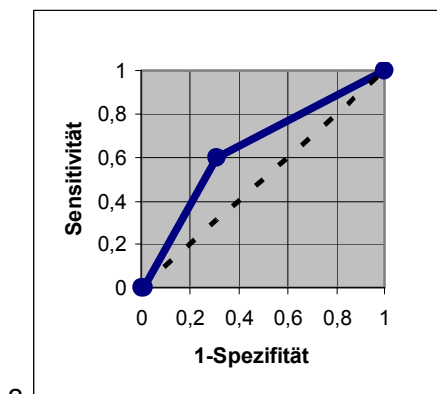
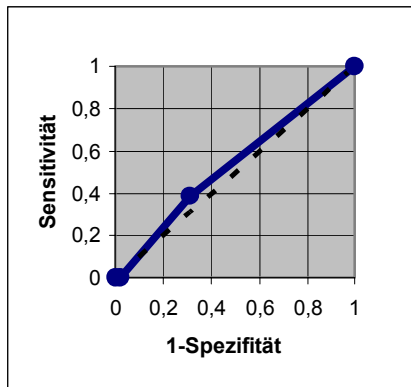


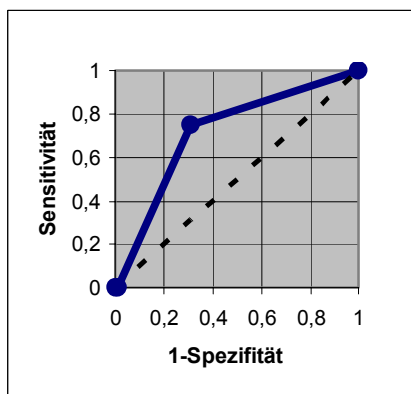
Abb.7.8 ROC-Kurven FIGO Baseline, FBA $\leq 7,20$



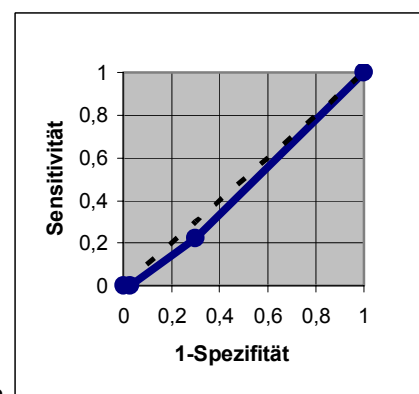
1

**FIGO Baseline
FBA-pH $\leq 7,20$**

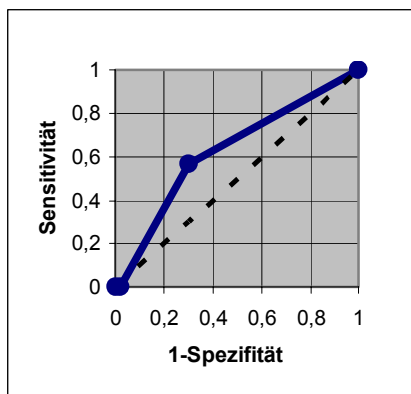
- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs



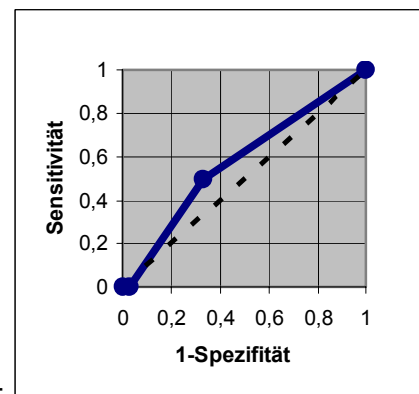
2



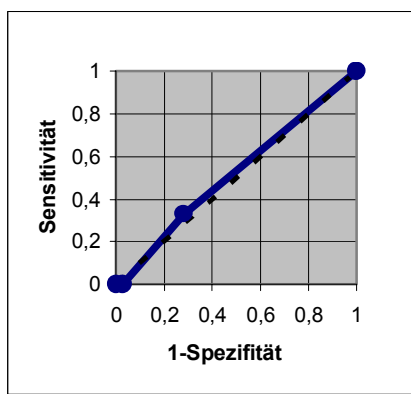
3



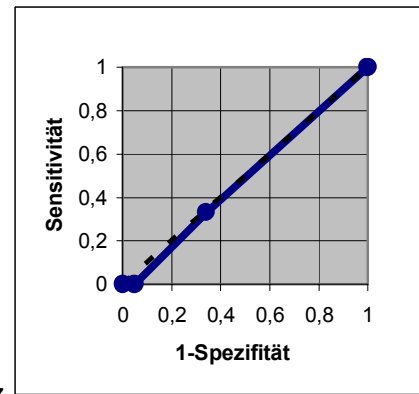
4



5



6



7

7.2 FBA-pH: Mean und Median – Untergruppen

Untergruppen

- 1: Alle FBAs des Kollektivs
- 2: Patientinnen mit 1 FBA
- 3: Alle FBAs von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 4: Erste FBA aller Patientinnen
- 5: Letzte FBA aller Patientinnen
- 6: Erste FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs
- 7: Letzte FBA von Patientinnen mit ≥ 2 FBAs

Gesamt-Score		Untergruppen					
		2	3	4	5	6	7
Mean	N	7,35	7,33	7,35	7,34	7,35	7,33
	S	7,34	7,32	7,34	7,33	7,34	7,31
	P	7,32	7,3	7,31	7,31	7,31	7,29
Median	N	7,35	7,34	7,35	7,34	7,36	7,32
	S	7,34	7,32	7,34	7,33	7,34	7,32
	P	7,33	7,29	7,32	7,32	7,29	7,29

Tab.7.1 Mean und Median der Untergruppen 2-7

Dezeleration		Untergruppen					
		2	3	4	5	6	7
Mean	N	7,35	7,33	7,35	7,33	7,35	7,32
	S	7,35	7,32	7,34	7,33	7,33	7,31
	P	7,32	7,31	7,31	7,31	7,31	7,30
Median	N	7,34	7,33	7,35	7,33	7,35	7,32
	S	7,34	7,32	7,34	7,34	7,32	7,32
	P	7,33	7,30	7,32	7,32	7,30	7,30

Tab.7.2 Mean pH und Median der Untergruppen 2-7

Baseline		Untergruppen					
		2	3	4	5	6	7
Mean	N	7,34	7,32	7,34	7,33	7,34	7,31
	S	7,32	7,31	7,32	7,31	7,33	7,30
	P	7,39	7,28	7,31	7,31	7,26	7,28
Median	N	7,34	7,32	7,34	7,33	7,33	7,32
	S	7,33	7,32	7,33	7,31	7,34	7,31
	P	7,39	7,28	7,29	7,28	7,27	7,28

Tab.7.3 Mean und Median der Untergruppen 2-7

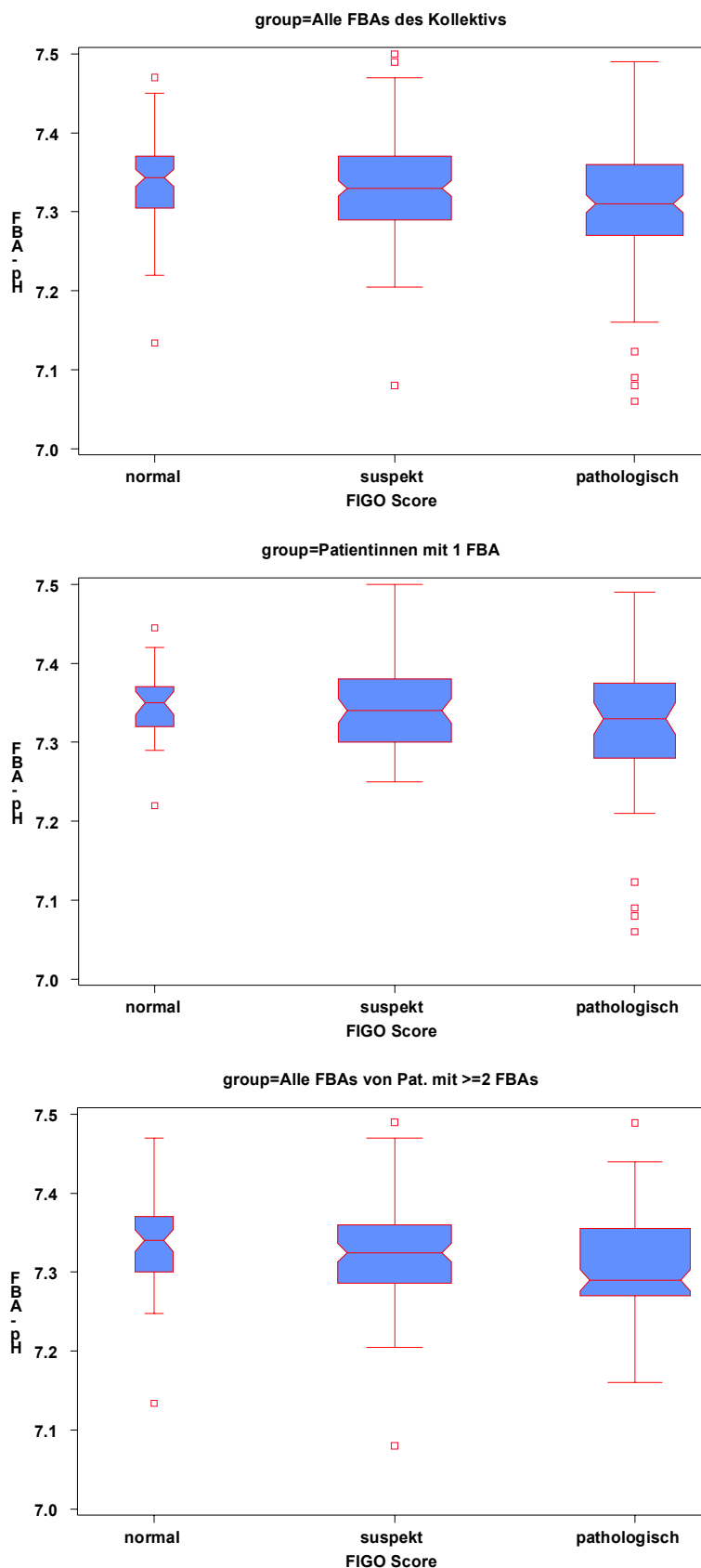
Variabilität		Untergruppen					
		2	3	4	5	6	7
Mean	N	7,34	7,32	7,33	7,33	7,33	7,31
	S	7,33	7,32	7,34	7,32	7,34	7,30
Median	N	7,34	7,32	7,34	7,33	7,33	7,32
	S	7,33	7,32	7,33	7,32	7,33	7,31

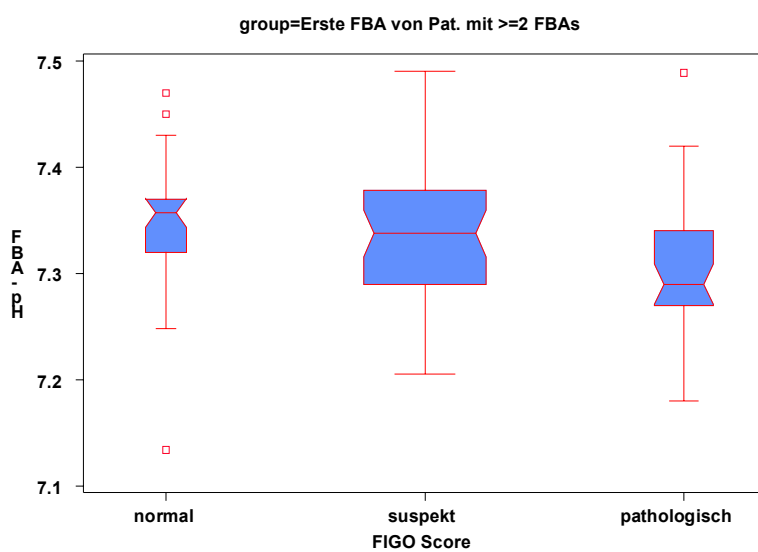
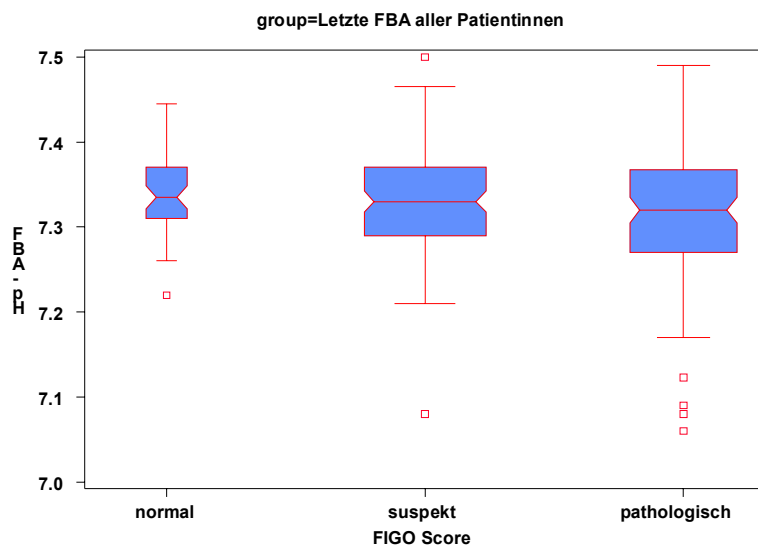
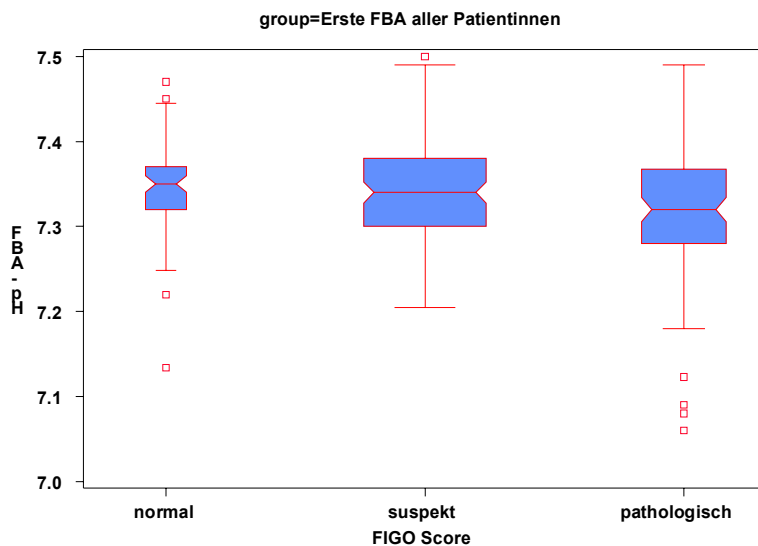
Tab.7.4 Mean und Median der Untergruppen 2-7

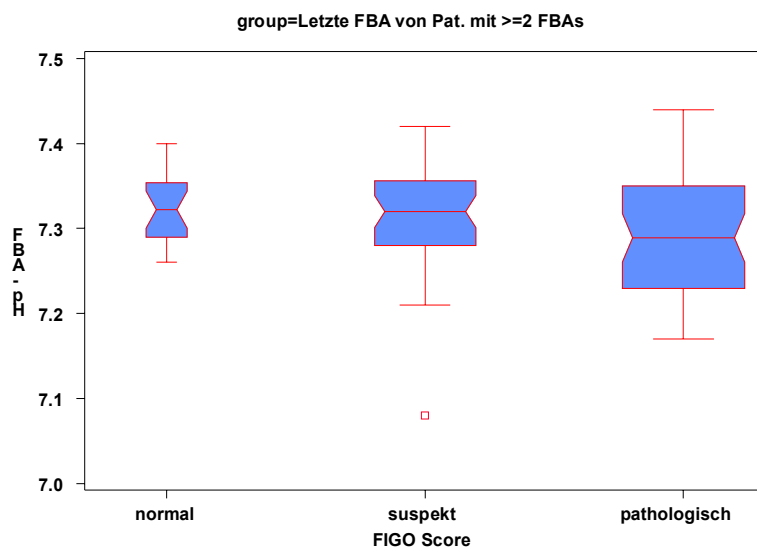
7.3 Boxplots – Untergruppen

7.3.1 FIGO Gesamt-Score

Abb.7.9 Boxplots FIGO Gesamtscore

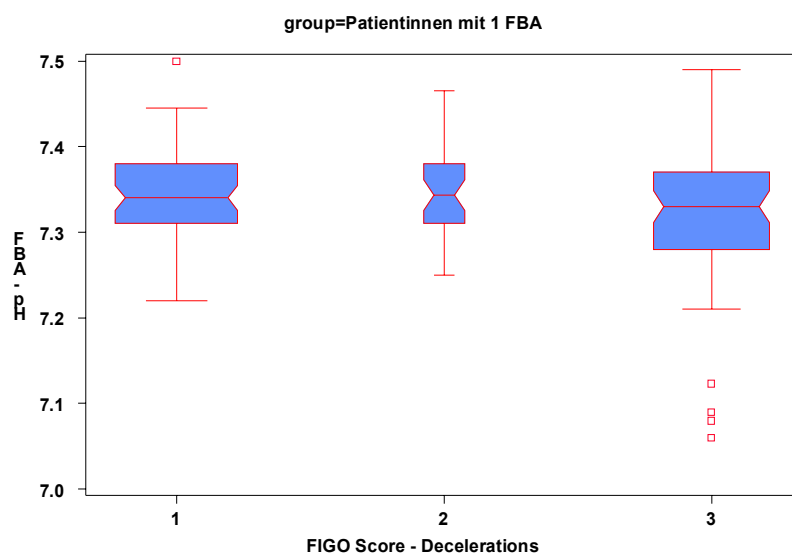
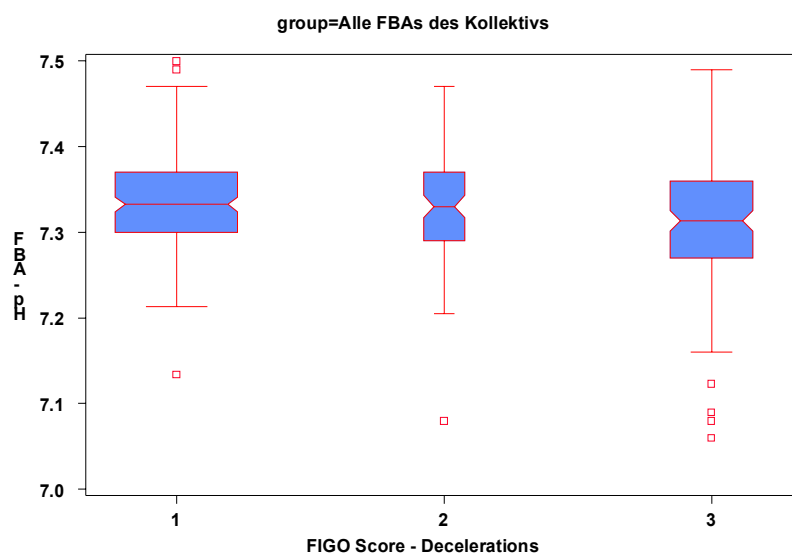


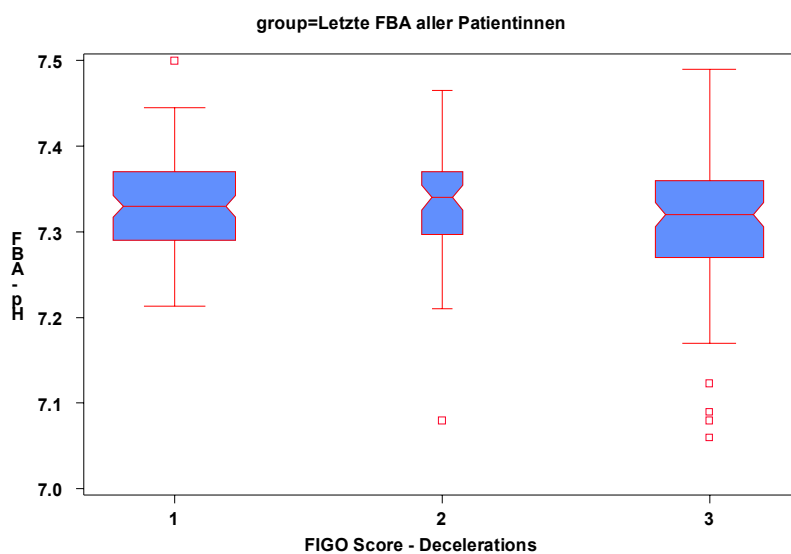
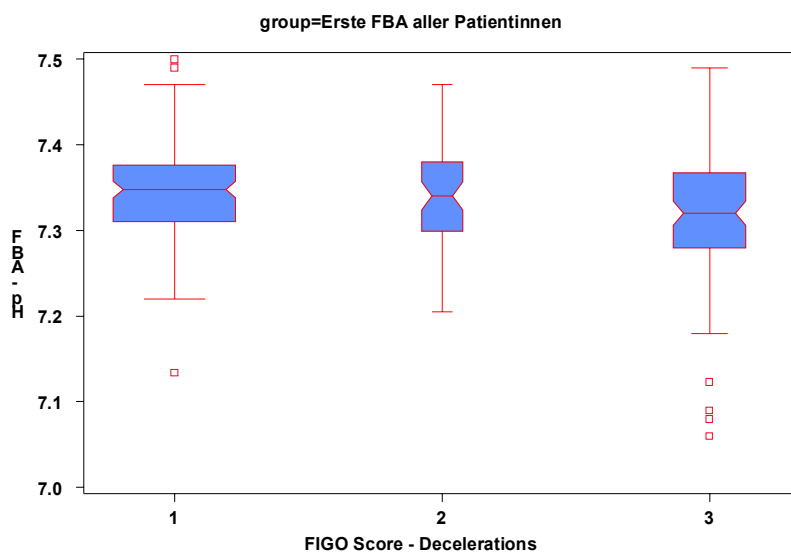
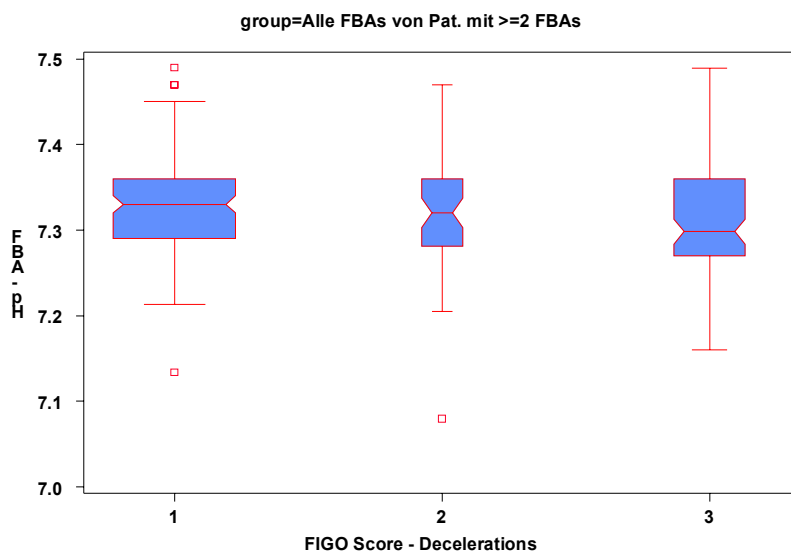


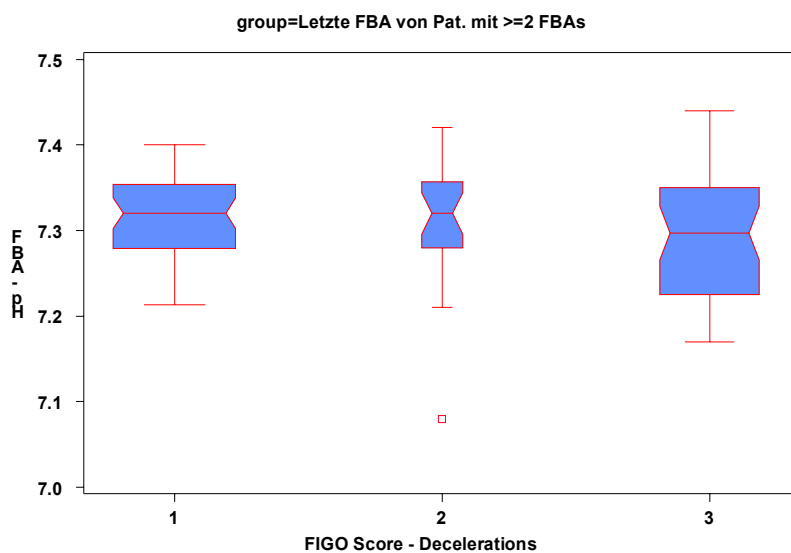
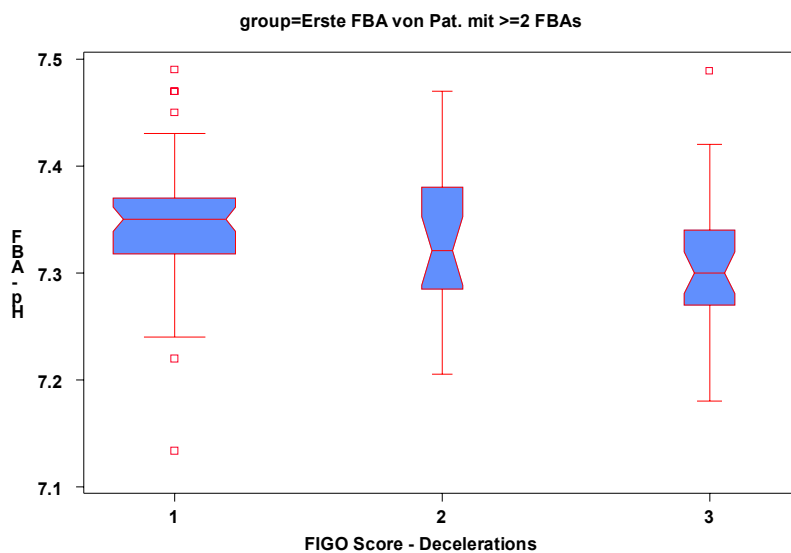


7.3.2 FIGO Dezeleration

Abb.7.10 Boxplots FIGO Dezeleration

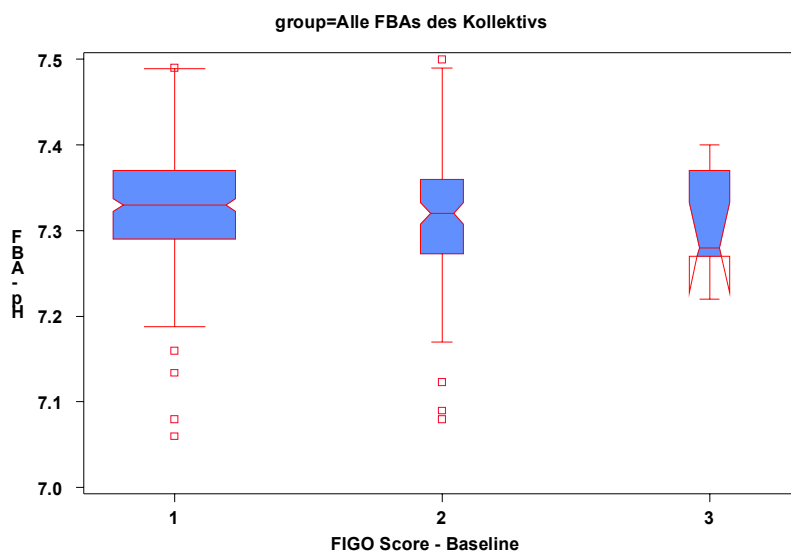


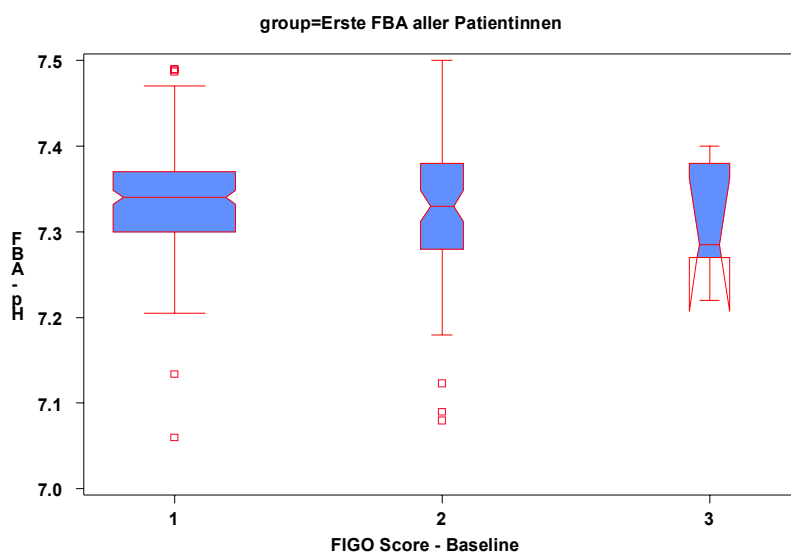
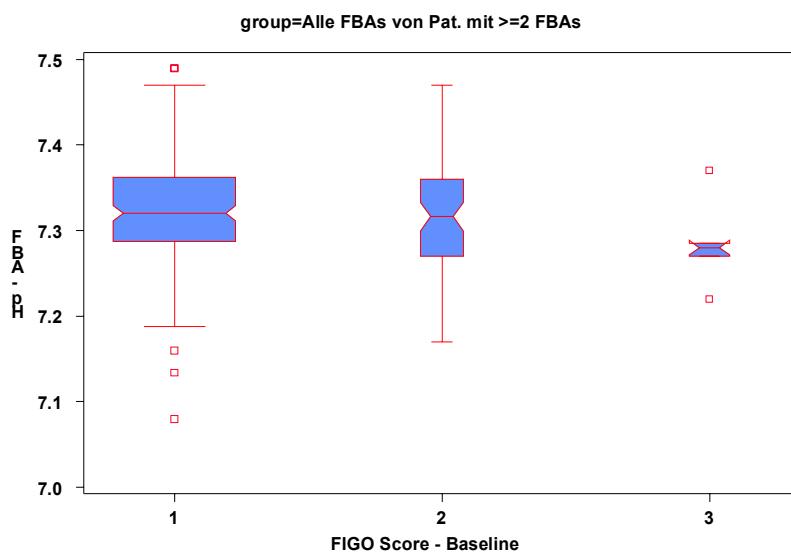
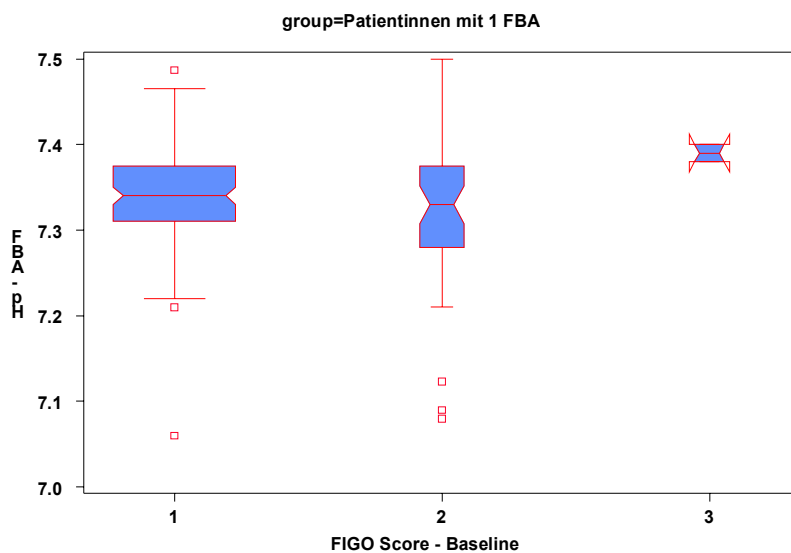


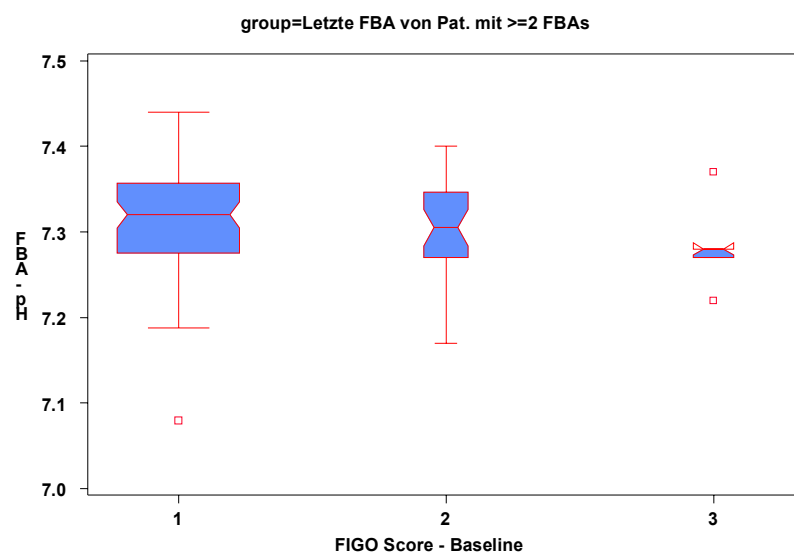
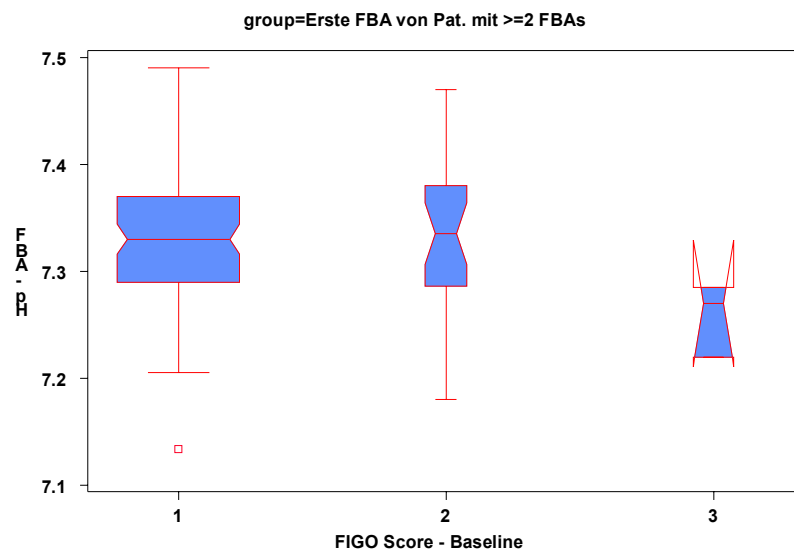
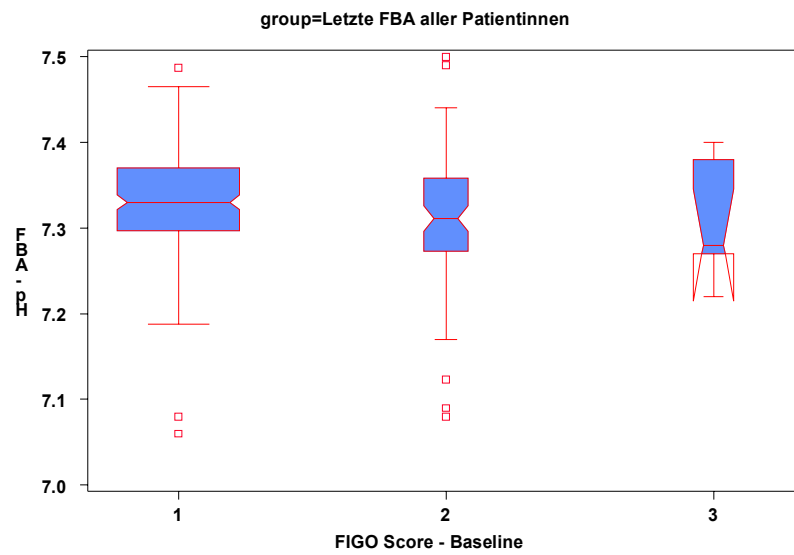


7.3.3 FIGO Baseline

Abb.7.11 Boxplots FIGO Baseline

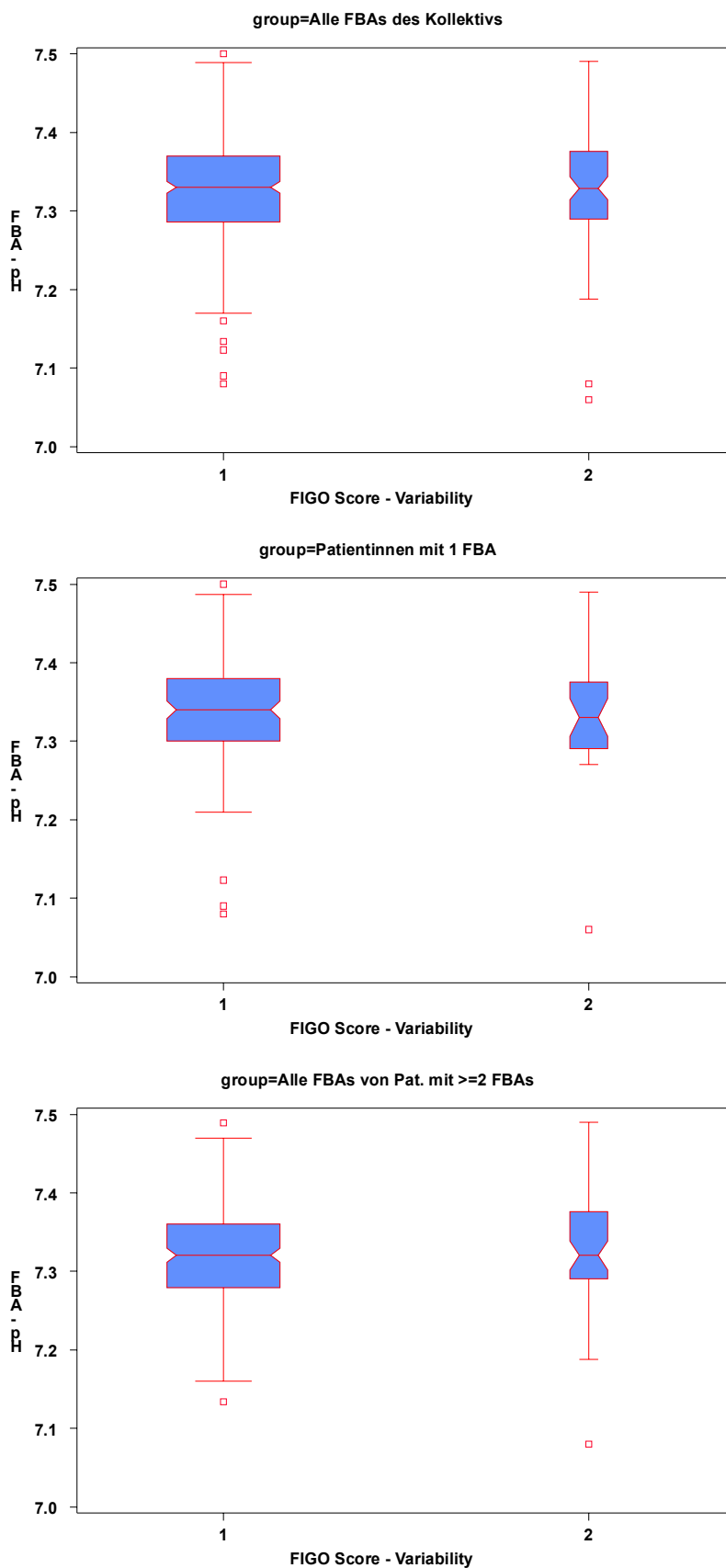


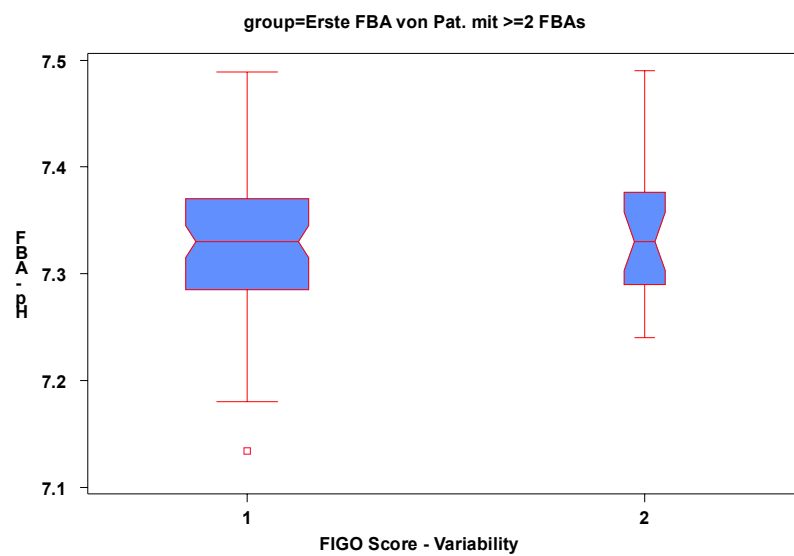
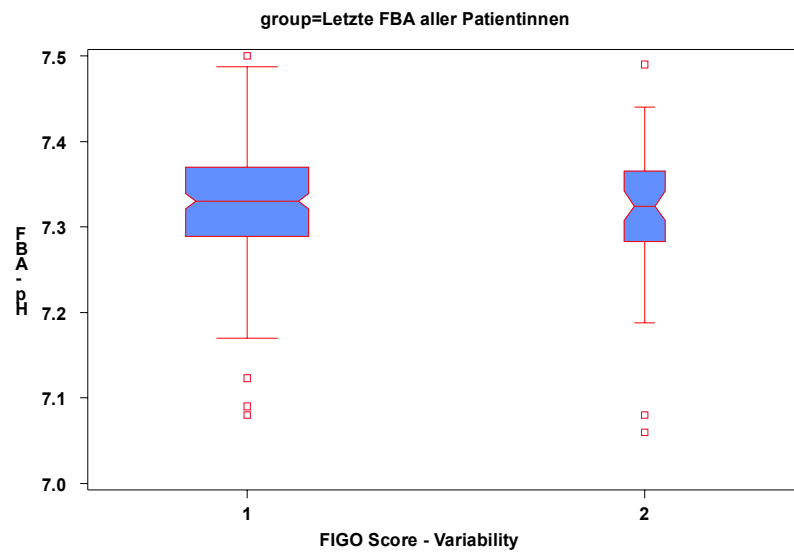
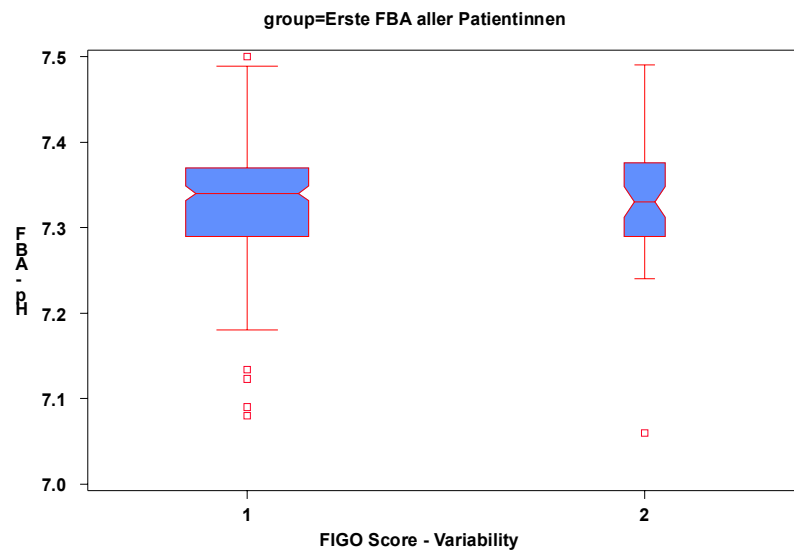


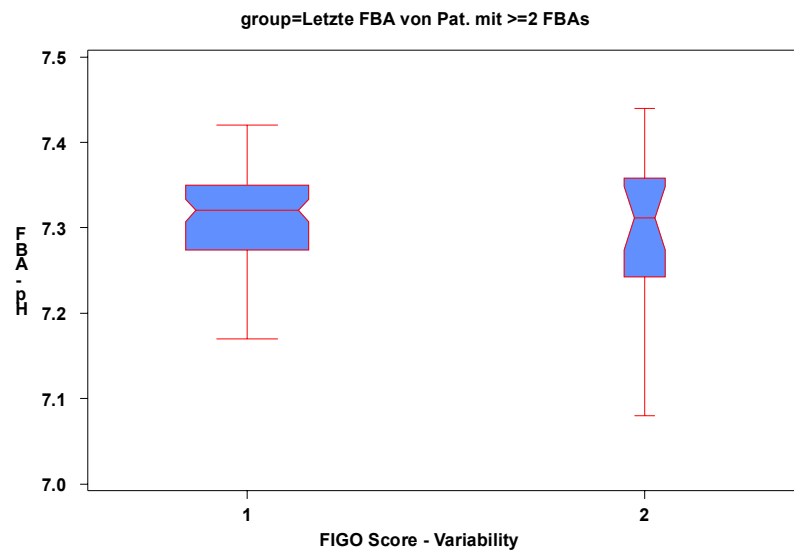


7.3.4 FIGO Variabilität

Abb.7.12 Boxplots FIGO Variabilität

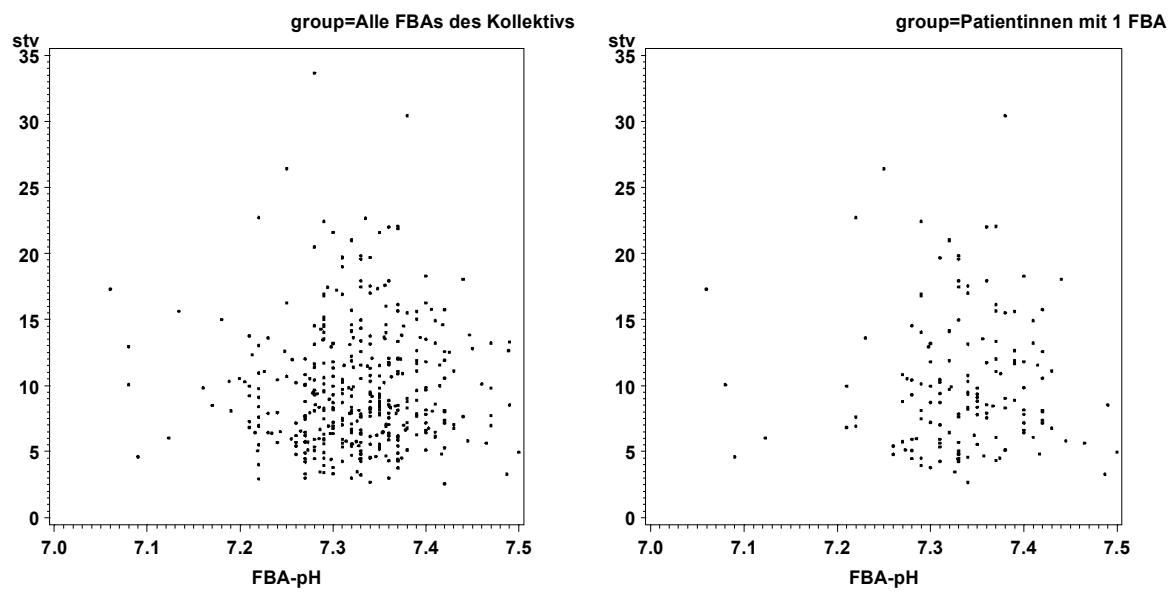


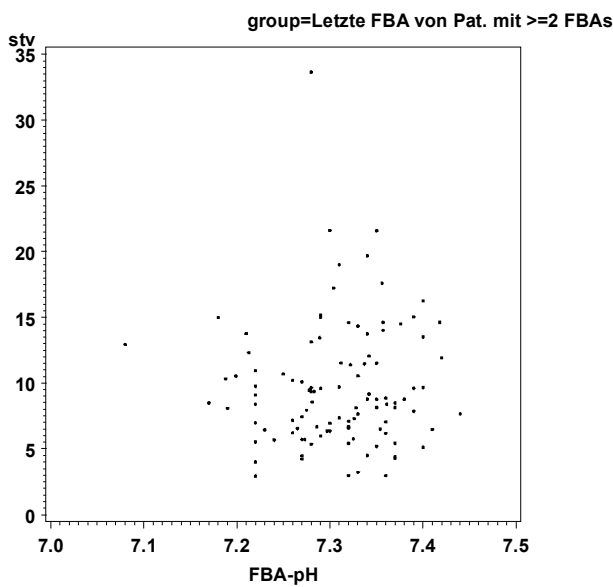
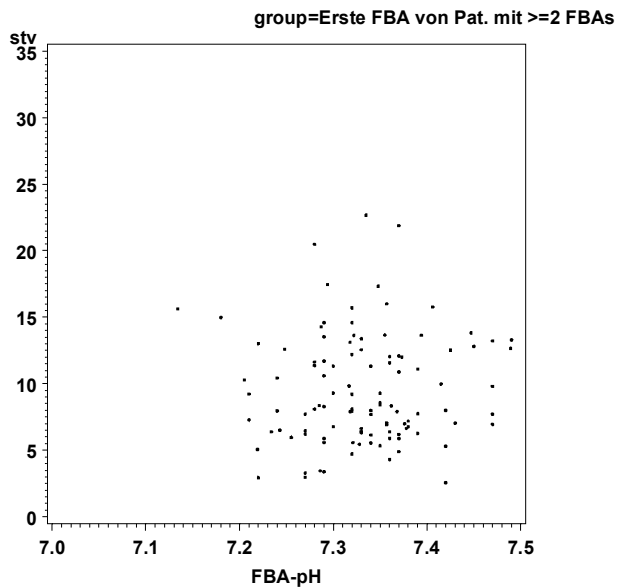
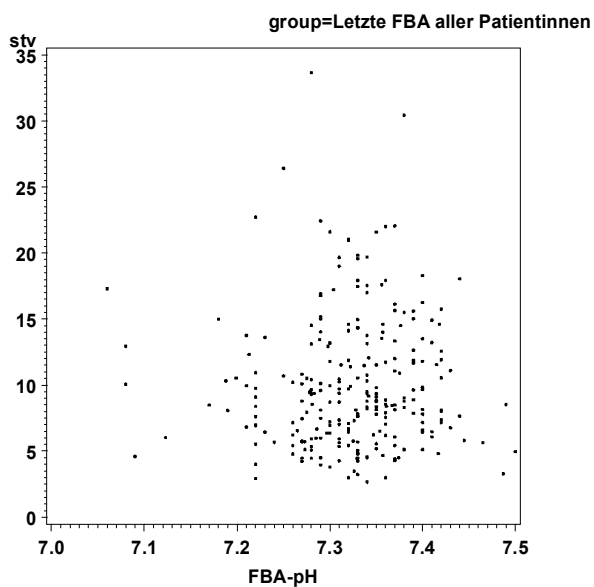
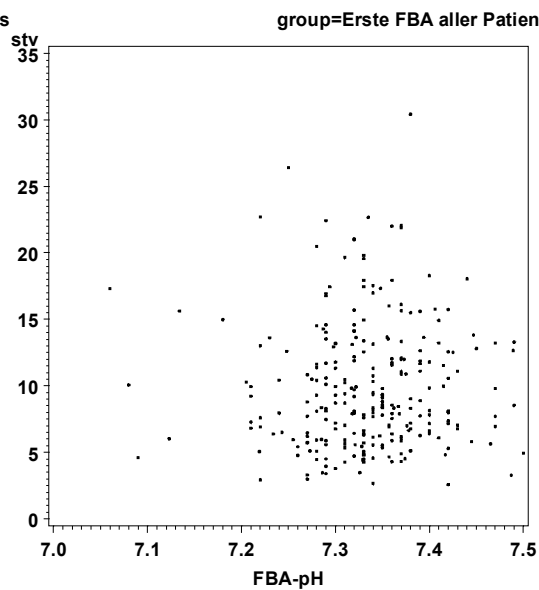
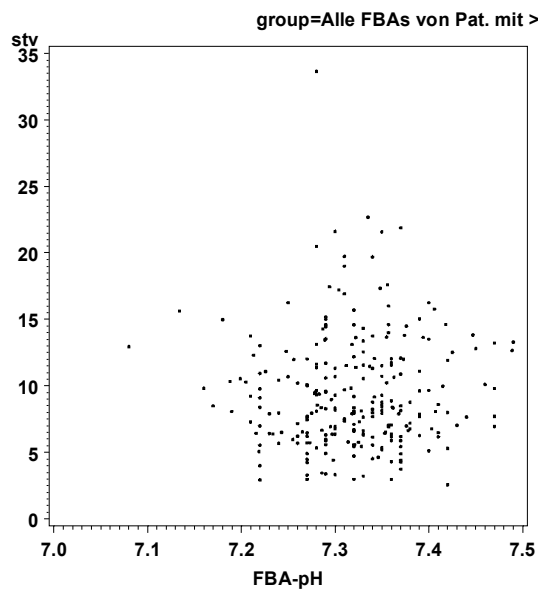




7.4 Korrelation zwischen STV und FBA-pH – Untergruppen

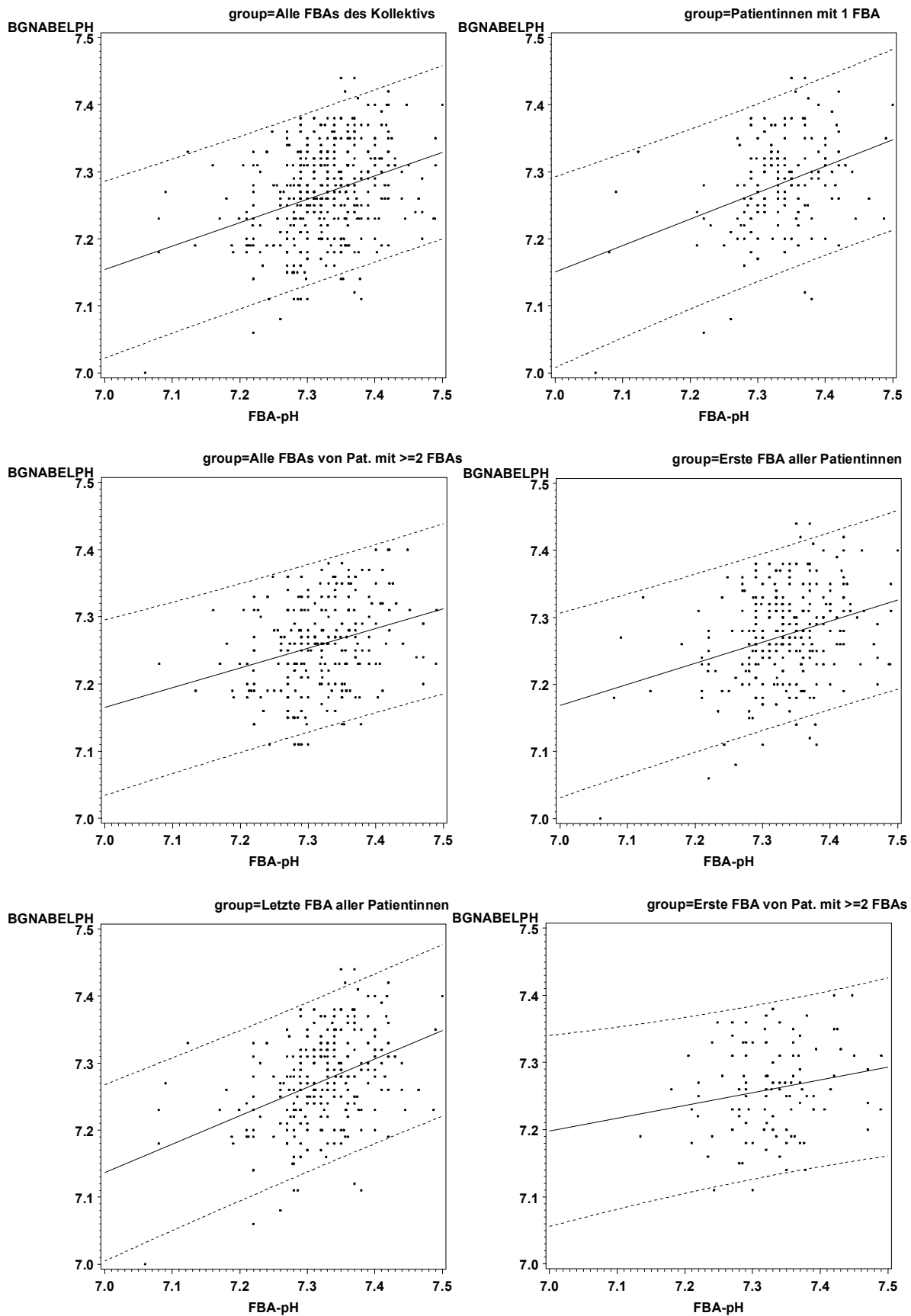
Abb.7.13 Korrelation zwischen STV und FBA-pH in allen 7 Untergruppen

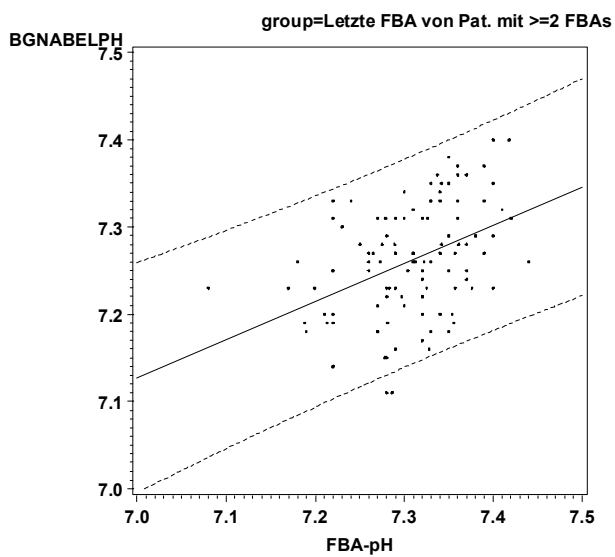




7.5 Korrelation zwischen NS-pH-Wert und FBA-pH-Wert – Untergruppen

Abb.7.14 Korrelation zwischen NS-pH-Wert und FBA-pH-Wert aller 7 Untergruppen





8. LebenslaufPersönliche Daten

Name: Andrea Thieme
Geburtsdatum: 02.04.1980
Geburtsort: Stuttgart
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig
Eltern: Manfred Thieme, Dipl. Betriebswirt (FH)
 Helga Thieme, Hausfrau und Sekretärin

Schulbildung

1986 - 1990 Grundschule; Wolfbuschschule Stuttgart-Weilimdorf
1990 - 1996 Solitude-Gymnasium, Stuttgart-Weilimdorf
1996 - 1997 Douglas High School, Minden, Nevada (USA)
1997 - 2000 Leibnitz-Gymnasium, Stuttgart-Feuerbach
20.06.2000 Allgemeine Hochschulreife (Note: 1,2)

Hochschulausbildung

Oktober 2000 Studienbeginn im Fach Humanmedizin an der
 Eberhard-Karls Universität Tübingen
21.08.2002 Ärztliche Vorprüfung (Note: 2,6)
28.08.2003 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Note: 3,0)
Oktober 2003 Wechsel an die Technische Universität München
26.08.2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Note: 2,0)
25.10.2006 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Note: 3,0)

Klinische Tätigkeiten (Famulaturen / Praktisches Jahr)

Oktober 2003 Chirurgie: Central Hospital Cape Coast, Ghana
März 2004 Gynäkologie: Klinikum Rechts der Isar, München
September 2004 Innere Medizin: Central Hospital Kuching, Malaysia
März 2005 Pädiatrie: Kinderarztpraxis Dr. Böse O'Reilly, München
10/2005 – 12/2005 Chirurgie: Royal North Shore Hospital Sydney
12/2005 – 02/2006 Chirurgie: Klinikum Rechts der Isar München
02/2006 – 06/2006 Innere Medizin: Universitätsspital Zürich
06/2006 – 09/2006 Pädiatrie: Kinderklinik München-Schwabing

9. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. KTM Schneider für seine freundliche und zuvorkommende Art, seine Hilfsbereitschaft, für das schnelle Korrekturlesen, für seine Kompetenz - und allem voraus für die Ermöglichung meiner Promotion!

Bedanken möchte ich mich darüber hinaus bei Herrn Michael Scholz für die engagierte Betreuung und ständige Hilfsbereitschaft. Er war rund um die Uhr erreichbar, stets für alle Fragen offen und sehr kompetent in allen Aspekten der statistischen Seite dieser Arbeit.

Mein Dank geht ebenfalls an Herrn Dr. med. Schiermeier aus der Frauenklinik der Universität Witten/Herdecke. Er zeigte mir wichtige klinische Aspekte auf und war stets offen für Diskussionen und Fragen.

Des Weiteren möchte ich mich bei Frau Dr. med. Pildner von Steinburg bedanken, die mir ebenfalls viele Tipps und Informationen bezüglich der klinischen Seite des Themas übermitteln konnte.

Für die ausdauernde und vielseitige Unterstützung in allen Aspekten der Dissertation danke ich meinen Eltern und meinem Freund von ganzem Herzen!

10. Erklärung im Rahmen des Promotionsverfahrens

Hiermit erkläre ich, Andrea Thieme, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität München zur Promotion eingereichte Arbeit mit dem Titel:

**“Validity of Computerized Fetal Heart Rate Monitoring –
A Comparison with Fetal Acid-Base Status”**

selbständig angefertigt habe, mich außer der angegebenen Hilfsmittel keiner weiteren Hilfsmittel bedient habe, und dass ich alle Erkenntnisse, die ich aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen habe, als solche kenntlich gemacht, sowie nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Die vorgelegte Dissertation wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht.

München, den

Unterschrift