

Frauenklinik und Poliklinik
der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. M. B. Kiechle)

Verbessert sich die Gewichtsschätzung mit Ultraschall durch Einbeziehung der mütterlichen Größe?

Prospektive Evaluierung einer neuen Schätzwichtsformel an einem
unabhängigen Kollektiv

Tanja A.E. Frimmel

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

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

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.- Prof. Dr. K.-Th.M. Schneider
2. Priv.- Doz. Dr. C. Höß

Die Dissertation wurde am 26.05.2004 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 20.10.2004 angenommen.

Inhaltsverzeichnis:

1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	MÖGLICHKEITEN ZUR TATSÄCHLICHEN GEWICHTSSCHÄTZUNG	3
2.1.	ENTWICKLUNG DER SCHÄTZGEWICHTSFORMELN	3
2.2.	VORAUSSETZUNGEN FÜR EINE ZUVERLÄSSIGE GEWICHTSSCHÄTZUNG	6
2.2.1.	Bestimmung des Gestationsalters	6
2.2.2.	Erstellung von Perzentilkurven	7
2.2.3.	Berücksichtigung der Einflussfaktoren	10
2.3.	BEDEUTUNG DER GEWICHTSSCHÄTZUNG	12
2.4.	GRENZEN DER GEWICHTSSCHÄTZUNG	14
2.4.1.	Messgenauigkeit	14
2.4.2.	Zuverlässigkeit	16
3.	PATIENTENKOLLEKTIV UND METHODIK	19
3.1.	PATIENTENKOLLEKTIV	19
3.1.1.	Einschlusskriterien	19
3.1.2.	Ausschlusskriterien	19
3.2.	VERWENDETE ULTRASCHALLGERÄTE	20
3.3.	STUDIENABLAUF	21
3.3.1.	Sonographie	21
3.3.2.	Geburt	24
3.3.3.	Wochenbett	24
3.4.	DATENVERARBEITUNG	25
3.5.	BESCHREIBUNG DES PATIENTENKOLLEKTIVS	26
3.5.1.	Schwangerschaft	26
3.5.2.	Kindliche Daten	29
3.5.3.	Biometriedaten	32
3.5.4.	Mütterliche Daten	33
3.5.5.	Väterliche Daten	37
3.6.	VERWENDETE SCHÄTZFORMELN	37
3.7.	STATISTISCHE DATENAUSWERTUNG	41
3.8.	ENTWICKLUNG EINER NEUEN SCHÄTZFORMEL	42

4.	ERGEBNISSE	43
4.1.	GÜLTIGKEITSBEREICHE DER VIER FORMELN	43
4.2.	KORRELATIONEN MIT DEM GEBURTSGEWICHT	44
4.2.1.	Biometriedaten	44
4.2.2.	Mütterliche Daten	47
4.2.3.	Väterliche Daten	47
4.3.	ERGEBNISSE DER VIER UNTERSUCHTEN SCHÄTZFORMELN	48
4.3.1.	Formel von Hadlock	48
4.3.2.	Formel von Hansmann	51
4.3.3.	Formel von Merz	53
4.3.4.	Formel von Humbert	55
4.4.	ERGEBNISSE DER NEUEN SCHÄTZFORMELN	59
5.	DISKUSSION	62
5.1.	KINDLICHE DATEN	62
5.2.	EINFLÜSSE AUF DAS GEBURTSGEWICHT	63
5.3.	KORRELATIONEN DER BIOMETRIEMAßE MIT DEM GEBURTSGEWICHT	68
5.4.	DIE VIER UNTERSUCHTEN SCHÄTZGEWICHTSFORMELN	70
5.5.	LEISTUNGSVERGLEICH DER VIER FORMELN	73
5.6.	ERKENNUNG WACHSTUMSRETARDIERTER UND MAKROSOMER FETEN	76
5.7.	BEWERTUNG DER EIGENEN FORMELN	78
6.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	82
7.	LITERATURVERZEICHNIS	84
8.	ANHANG	90
8.1.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	90
8.2.	TABELLENVERZEICHNIS	91
8.3.	PERZENTILKURVEN NACH VOIGT-SCHNEIDER	94
8.4.	NORMKURVEN FÜR DEN FETALEN WACHSTUMSVERLAUF	96
8.5.	TECHNISCHE DATEN DER ULTRASCHALLGERÄTE	97
8.6.	ERHEBUNGSBOGEN	97
8.7.	ANAMNESEBOGEN	98
8.8.	TEST AUF NORMALVERTEILUNG DER GEBURTSGEWICHTE	99

Verwendete Abkürzungen:

Abb.	Abbildung
AC	Abdomenumfang/ abdomen circumference
APD	anterior-posteriorer Durchmesser
BPD	Biparietaler Diameter
BMI	Body Mass Index
CTG	Kardiotocographie
FL	Femurlänge
G	Gewicht
GA	Gestationsalter
GKL	Gewichtsklassen
GWM	Gewicht der Mutter
IUGR	Wachstumsretardierung (intrauterine growth retardation)
KGM	Körpergröße der Mutter
KU	Kopfumfang/ head circumference
LGA	Large for gestational age
Max	Maximum
Min	Minimum
pr	primär
Tab.	Tabelle
TQ	Thoraxquerdurchmesser
sek	sekundär
SD	Standardabweichung
SGA	Small for gestational age
SSW	Schwangerschaftswoche

1. Einleitung und Problemstellung

Eine exakte Bestimmung des Kindsgewichtes vor der Geburt ist in der modernen Geburtshilfe für das Management von Schwangerschaft und Geburt von größter Wichtigkeit.

Sowohl klinische Untersuchungen, wie Bauchumfangs- und Fundushöhenstandsmessungen, als auch apparative Messungen mit Hilfe von Röntgenbildern und Ultraschall wurden bisher zur Gewichtsschätzung eingesetzt. Nicht in der klinische Routine eingesetzt wird die Gewichtsbestimmung mittels Kernspinbildern, eine zwar sehr exakte [56], aber auch sehr teure Methode. Auch die noch Mitte des 20. Jahrhunderts praktizierte Röntgenmessung wurde wegen der damit verbundenen Strahlenbelastung wieder verlassen.

Mittel der Wahl ist heute die Ultraschalldiagnostik, als nicht invasive [31], schnell und leicht durchführbare Methode zur kindlichen Gewichtsbestimmung. Hierzu werden ultrasonographische Biometriemaße des Feten abgegriffen und es lässt sich mit Hilfe verschiedener Formeln ein Schätzwert berechnen. Wurden zu Beginn dieser Methode nur kephale Parameter des Kindes zur Gewichtsschätzung herangezogen, so fließen heute mehrere zusätzliche Parameter wie z.B. abdominelle Messwerte und Femurlänge in die Formeln ein. Auch wenn die Überlegenheit der Ultraschalldiagnostik gegenüber der klinischen Gewichtsschätzungen gezeigt werden konnte [37], sollte letztere nicht vernachlässigt werden. Die Symphysen-Fundus-Abstands-Messung nach Westin [63] lässt gute Rückschlüsse auf das Wachstum des Feten zu, wobei die Messung exakt entlang der Längsachse des Feten durchgeführt werden muss. Zur Erkennung akuter Veränderungen wie z.B. Hydramnion sind auch Bauchumfangsmessungen geeignet [37;66].

Wieso ist die Gewichtsbestimmung vor der Geburt so wichtig?

Mit Hilfe der im Ultraschall erhobenen Biometriemaße lässt sich die Entwicklung der Kinder während der gesamten Schwangerschaft beobachten und dokumentieren. Die einzelnen Maße des Feten werden in Normkurven eingetragen. So kann das Wachstum über die Zeit sowie im Vergleich zum Normkollektiv dargestellt werden. Dies geschieht immer in Abhängigkeit von der Schwangerschaftswoche und unter der Voraussetzung, dass diese entweder durch exakte Konzeptionsanamnese oder durch Frühultraschall gesichert wurde. Außerdem trägt man die Schätzwerte abhängig von der Schwangerschaftswoche und dem Geschlecht in Perzentilkurven [60] ein und bestimmt so, ob das Kind normal groß (zwischen der 10. und 90. Perzentile), zu klein „small for gestational age (SGA)“ (unter der 10. Perzentile) oder zu groß „large for gestational age (LGA)“ (über der 90. Perzentile) für das Schwangerschaftsalter ist.

In den Randbereichen kommt es zu erhöhten prä- und postnatalen Morbiditäts- und Mortalitätsraten [40], weshalb beide Bereiche ein besonderes geburtshilfliches Prozedere erfordern.

Bei den SGA-Kindern stellen sich Fragen wie: Ist das Kind nur kleiner als die Norm, aber gesund oder ist es wachstumsretardiert? Würde eine Entbindung dem Kind helfen? Ist das Kind groß und reif genug, um überhaupt entbunden zu werden? Fragen über die Größe und Lebensfähigkeit des Kindes stellen sich auch bei drohender Frühgeburt oder wenn bei einer Mutter z.B. wegen Präeklampsie oder Nephritis die Geburt eingeleitet werden sollte.

Bei den LGA-Kindern ist vor allem der Entbindungszeitpunkt und die Entbindungsart von Bedeutung. Ist das Kind so groß, dass vor Termin eingeleitet werden muss? Soll eine Sectio wegen Risiko von Geburtsverletzungen wie z.B. Schulterdystokie geplant werden oder kann die spontane Entbindung versucht werden? Muss das Kind pädiatrisch nachkontrolliert werden?

Es zeigt sich, wie wichtig es ist, die Gewichte der Kinder richtig einzuschätzen. Auch nachteilige Folgen, die resultieren, wenn normale Kinder fälschlich einem der beiden Randbereiche zugeordnet werden, lassen sich vermeiden.

Bisher konnte keine Schätzwichtsformel gefunden werden, die in allen Gewichtsbereichen gleich gute Ergebnisse liefert. Die meisten Formeln haben ihre größte Genauigkeit im Bereich zwischen 3000 und 4000 Gramm. Einige Formeln sind auch im Bereich unter 3000g sehr gut, ein wirklicher Bedarf liegt jedoch noch im Bereich über 4000g.

Aus diesem Grund versuchte Humbert 1998 in einer neuen Formel durch Einbeziehung der mütterlichen Größe eine Verbesserung in der Erkennung von makrosomen Kindern zu erreichen [22]. Ob dies gelungen ist, wo die Schwächen und Stärken der Formel auch im Vergleich zu anderen gängigen Schätzwichtsformeln liegen, soll in der vorliegenden Arbeit anhand einer nachfolgenden prospektiven Studie überprüft werden.

2. Möglichkeiten zur tatsächlichen Gewichtsschätzung

2.1. Entwicklung der Schätzwichtsformeln

Bereits zu Beginn der klinischen Ultraschalldiagnostik in den 60er Jahren gab es viele Versuche, das fetale Gewicht (G) durch Messungen des biparietalen Durchmessers (BPD) zu bestimmen.

Donald und Browne berichteten 1961 erstmals über die Möglichkeit, den BPD mittels Ultraschall zu messen [8].

Unter der Annahme, dass im letzten Trimester der Schwangerschaft der BPD linear mit der Zeit wächst, erstellten Willocks et al. 1964 durch lineare Regressionsberechnung die erste Formel zur Gewichtsbestimmung [66]. Anstelle des errechneten Geburtsgewichts fand es Willocks für den klinischen Alltag jedoch sinnvoller einen Mindest-BPD anzugeben. Er postulierte, dass bei einem BPD über 8,5cm die Kinder wahrscheinlich über 1 816g und bei einem BPD von 9,0cm über 2 270g wiegen.

In der Folgezeit wurden noch mehrere Schätzwichtsformeln durch lineare Regressionsberechnung des BPD aufgestellt.

		Mittlerer Schätzfehler
1964 Willocks[66]	$G(\text{Unze}) = 30 \cdot \text{BPB} - 177$	n=152 +/-454g in 66% der Fälle
1965 Thompson[54]	$G(g) = 1,060 \cdot \text{BPD} - 6,575$	n= 50 +/-484g in 68%
1967 Kohorn[27]	$G(g) = 613 \cdot \text{BPD} - 2659$	n= 89 +/-490g in 68%
1967 Hellmann[19]	$G(g) = 7722,2 \cdot \text{BPD} - 3973,8$	n=186 +/-346g
1972 Holländer[21]	$G(g) = 95,08 \cdot \text{BPD} - 5712$	n=290 +/-499g

Bei allen Formel konnte eine mittlere Abweichung vom Geburtsgewicht von +/-350g bis +/-500g festgestellt werden. Im Vergleich zu konventionellen Methoden wie Inspektion und Palpation, die u.a. stark durch Unterschiede in der Dicke der Bauchdecke, der Spannung des Uterus und der Fruchtwassermenge beeinflusst sind und die einen mittleren Schätzfehler von +/-500g aufweisen [32], ergaben sich keine signifikant besseren Ergebnisse. Sinnvoll war jedoch der von allen Autoren weiter beschriebene Zusammenhang zwischen einem bestimmten BPD und dem damit mindestens erreichten Geburtsgewicht. Realistisch erscheint

eine Grenze, die Schlensker und Decker 1973 an einem Kollektiv von 2573 Feten bei einem BPD von 9,4 cm für ein Mindestgewicht von 2500g zogen [48].

Thompson et al. führten 1965 die Bestimmung der kindlichen Rumpfmasse in die Biometrie ein [54]. Aus dem thorakoabdominalen (TQ) und anterior-posteriorem Durchmesser (APD) berechneten sie den Thoraxumfang (AC). Dabei stellten sie fest, dass die Streuung und der mittlere Schätzfehler (+/-352g) bei der Verwendung des AC geringer sind als bei der Verwendung des BPD, eine bedeutende Reduktion des mittleren Schätzfehlers aber erst durch die Kombination beider Parameter erreicht werden konnte (+/-333g).

Diese Ergebnisse wurden sowohl von Holländer 1972 [21] als auch von Schlensker und Decker 1973 [48] überprüft und bestätigt

Auch Campbell konnte 1975 nachweisen, dass die abdominellen Parameter besser mit dem Geburtsgewicht korrelieren als die kephalen [3]. Er wies besonders darauf hin, dass durch eine einzige Messung des AC zwischen der 32. und 38. Woche 87% aller Feten mit einem Gewicht unter der 5. Perzentile erkannt wurden, musste aber einräumen, dass dieser Wert ab der 38. Woche auf 63% fällt .

1975 Campbell [3]	$G(g) = e \exp(0,282*AC - 0,00331*AC^2 + 2,344)$
-------------------	--

Aus dieser Erkenntnis heraus wurde nun vermehrt eine systematische Thorakometrie empfohlen. Es wurden durch nicht lineare, polynomiale Regressionsanalysen folgende Formeln entwickelt:

1975 Hansmann [18]	$G(kg) = -1,05775*BPD + 0,649145*TQ + 0,0930707*BPD^2 - 0,020562*TQ^2 + 0,5152263(cm)$
1980 Eik-Nes [18]	$G(g) = BPD^{1,856628} * TQ^{1,34008} * 1,43149 * 10^{-3}$
1988 Merz [34]	$G(g) = -3200,40479 + 157,07186*AC + 15,90391*BPD^2 (cm)$

Hansmann schloss aus seinen Untersuchungen, dass eine zufriedenstellende Gewichtsschätzung die Betrachtung fetaler Abdominalwerte einschließen muss, vor allem, wenn es sich um Frühgeburten oder wachstumsretardierte Kinder handelt [18].

Schillinger et al. konnten 1975 diese Ergebnisse bestätigen [47]. Sie stellten die durch Planimetrie errechneten Flächeninhalte von Abdominalquerschnitten als gute Schätzmethode dar, schränkten jedoch wegen des höheren Arbeits- und Zeitaufwandes die Bedeutung für die Routinediagnostik ein.

In einem völlig anderen Ansatz geht Hansmann davon aus, dass die Gestationswoche (SSW) einen positiven Einfluss auf das Geburtsgewicht hat, welcher sich nicht in herkömmlichen Biometriemaßen widerspiegelt [18]. Die exakte Bestimmung der Schwangerschaftswoche ist bei dieser Gewichtsschätzung eine Voraussetzung, die aber oft nicht gegeben ist.

1979 Schumacher [18]

$$G(g) = -0,001665958*APD^3 + 0,4133629*APD^2 - 0,5580294*APD \\ - 0,01231535*BPD^3 + 3,702*BPD^2 - 330,181*BPD \\ - 0,4937199*SSW^3 + 55,958061*SSW^2 - 2034,3901*SSW + 32768,19$$

1884 führte Hadlock die Femurlänge (FL) als einen weiteren Parameter in die Gewichtsschätzung ein [15].

Durch die Berücksichtigung der Femurlänge konnte er eine signifikante Verbesserung des Schätzwertes erreichen. Bei der Gewichtsschätzung durch AC+FL ergab sich eine mittlere Abweichung vom Geburtsgewicht von 0,3% +/-8,0% SD während bei BPD+AC eine mittlere Abweichung von 1,3% +/-10,1% resultierte.

Durch weitere Berechnungen kam Hadlock zu dem Ergebnis, dass mehr als drei Parameter am günstigsten seien:

1884 Hadlock [15] $G(g) = 10 \exp(1,3596 - 0,0000386*AC*FL + 0,00064*KU \\ + 0,0000061*BPD*AC + 0,00424*AC + 0,0174*FL) \text{ (mm)}$

Einen ganz neuen Ansatz machte Humbert 1998 indem sie mütterliche Parameter in die Gewichtsbestimmung mit einbezog [22]. Die besten Ergebnisse erreichte sie mit der leicht zu erhebenden Körpergröße der Mutter (KGM).

1998 Humbert [22] $G(g) = -31433,9 + 8618,39*\log AC + 0,002328*FL^3 \\ + 13,822*KGM(\text{cm}) + 5073,347*\log BPD \text{ (mm)}$

Es ist das Ziel dieser Arbeit, die Möglichkeiten und Grenzen dieser Schätzformel zu untersuchen.

Von den zahlreichen Ansätzen das Geburtsgewicht vorherzubestimmen sind hier nur einige wichtige Methoden dargestellt worden. Sie alle haben ihre Stärken und Schwächen und so wird noch immer nach der „perfekten“ Methode gesucht.

Oft ist das Problem auch die Durchführbarkeit im klinischen Alltag. Als Beispiele hierzu sollen nur die Gewichtsbestimmung mittels 3-D-Ultraschall [30;46] und Kernspintomographie [56] genannt werden, zwei Methoden mit sehr guter Prädiktion, aber apparativ sehr aufwendig.

2.2. Voraussetzungen für eine zuverlässige Gewichtsschätzung

Bisher wurde gezeigt, welche Ansätze es gibt, um das reale Gewicht des Kindes noch genauer vorhersagen zu können. Um die Güte der Schätzformeln zu erfassen, ist es wichtig, zu hinterfragen, was das geschätzte Gewicht überhaupt aussagt und welche Schlüsse aus dem errechneten Gewicht zu ziehen sind. Der erste Schritt um das Schätzwert überhaupt bewerten zu können ist die genaue Zuordnung zur Schwangerschaftswoche. Erst dann kann man das Schätzwert mit den Perzentilwerten des Normkollektivs vergleichen und so Aussagen über das Wachstum und den Zustand des Kindes machen.

2.2.1. Bestimmung des Gestationsalters

Die Voraussetzung dafür, dass verschiedene Gewichte verglichen werden können, ist die exakte zeitliche Zuordnung zur Schwangerschaftswoche. Dies kann bisweilen recht schwierig sein, wenn der Konzeptionstermin unbekannt und die Zyklusdauer unregelmäßig ist oder die Schwangeren erst im fortgeschrittenen Schwangerschaftsalter zum Arzt kommen.

Sind der Konzeptionstermin und die Zyklusdauer bekannt, so kann der Entbindungstermin mit Hilfe der Nägele-Regel berechnet werden. Sie lautet:

Entbindungstermin = 1.Tag der letzten Periode – 3 Monate + (Zyklusdauer-14) Tage

Bei einer Zyklusdauer von 28 Tagen ist ab dem 1.Tag der letzten Menstruation von einer Schwangerschaftsdauer von 280 Tagen oder 40 Wochen auszugehen.

Eine Entbindung vor Beendigung der 37. Woche wird als Frühgeburt, eine Entbindung nach der 42. Woche als Übertragung gewertet.

Wesentlich genauer lässt sich das Schwangerschaftsalter heute mit der sonographischen Messung der Scheitel-Steißlänge ab der 7.-12. Schwangerschaftswoche (SSW) bestimmen. Robinson und Fleming konnten mit einer einzigen Messung zwischen der 7. und 14. SSW eine Schätzgenauigkeit von $\pm 4,7$ Tagen (95% Zuverlässigkeit) erzielen [42]. Jede anamnestisch festgelegte Terminangabe sollte also im ersten Trimenon sonographisch überprüft werden. Wird dieser Termin überschritten, so ist es auch später noch möglich, wenn auch ungenauer, die Schwangerschaftswoche mit Hilfe kephaler, abdomineller Maße und der Femurlänge zu bestimmen. Nach Hansmann erreicht man bei einem BPD unter 75 mm eine Genauigkeit von 6 ± 1 Tagen, bei einem BPD bis 98mm steigt die Standardabweichung auf 13 Tage an und ab 98mm nähern sich die Mittelwerte einer Konstanten im Bereich von 279 Tagen [16]. Das heißt, je später die Sonographie durchgeführt wird, desto ungenauer wird der bestimmte Entbindungstermin.

Über den Vergleich zur Nägele-Regel schreibt Hansmann: „Berücksichtigt man, dass die Treffsicherheit der Naegel'schen Regel für den 282. Tag post menstruationem nur 3,9 % beträgt und 80% der Geburten in die Zeit von ± 14 Tage zu diesem Termin fallen und dass selbst bei Kenntnis des Konzeptionstermins von einer mittleren Abweichung von 7,6 Tage zu rechnen ist, wird deutlich, dass der rechtzeitig durchgeführten Ultraschallkephalometrie ein hoher Stellenwert zukommt“ (Hansmann 1976, S.145/146). Die Standardabweichungen der anderen Körpermaße z.B. 18 Tage für den Thorax, lagen wesentlich ungünstiger.

2.2.2. Erstellung von Perzentilkurven

Die Gewichte der Kinder nach der Geburt sind ebenso wie die einzelnen Biometriemaße normalverteilt (Abb.1).

Als Normwachstum der Kinder definiert man den Gewichtsbereich zwischen der 10. und 90. Perzentile, wobei die Kinder unter der 10. Perzentile, das sind 10% der Kinder, als „small for gestational age“ (SGA) gelten und Kinder über der 90. Perzentile als „large for gestational age“ (LGA) [60].

Es lässt sich für jede Schwangerschaftswoche eine solche Kurve erstellen.

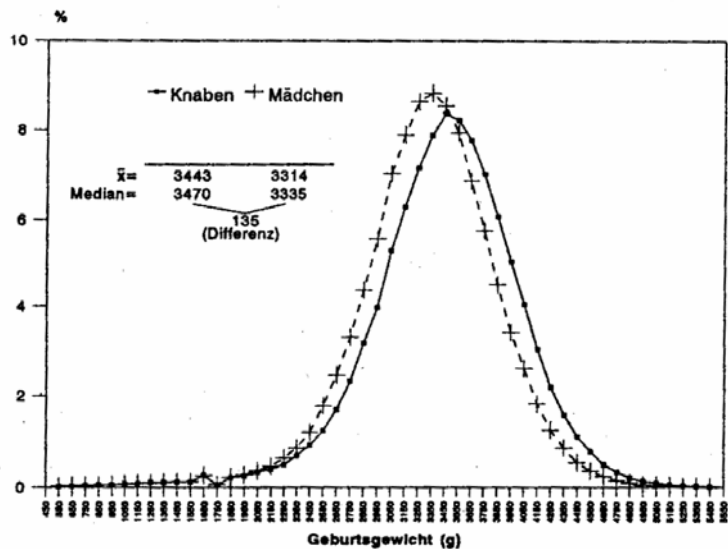


Abb. 1: Verteilung nach dem Geburtsgewicht, BRD, 1992 (aus Voigt et al. 1996)

Um ein Gewicht aus diesen Kurven zu erhalten sind drei Fragen wichtig:

1. Wenn es sich um ein Schätzwert handelt, wie exakt ist die Schätzung?
2. Ist die Schwangerschaftswoche gesichert oder wird mit der falschen Kurve verglichen?
3. Wurde die Kurve an der gleichen Population erstellt?

Genau am dritten Punkt setzten Voigt und Schneider 1996 an [60]. Sie schreiben hierzu: „Da ethnische, genetische, medizinische, sozioökonomische, auch geographische (klimatische) Einflussfaktoren Unterschiede des pränatalen Wachstumsverhaltens bedingen, sind populationsbezogene (nationale) Standards zur Klassifikation des somatischen Entwicklungsstandes Neugeborener erforderlich“ (Voigt 1996, S.557). In einer umfassenden gesamtdeutschen Datenerfassung von 563480 Einlingen ab der 23. SSW entwickelten sie Perzentilkurven. Wie man in Abb.1 erkennen kann, gibt es einen Unterschied in der Gewichtsverteilung von Mädchen und Knaben, wobei letztere im Durchschnitt 150g mehr wiegen. Dieser Tatsache wurde Rechnung getragen, indem Perzentilkurven für jedes Geschlecht getrennt erstellt wurden (siehe 8.3. S.94).

Dies sind seitdem die in Deutschland am meisten verwendeten Perzentilkurven.

Im folgenden wird auf die bisher publizierten Normkurven eingegangen:

- Lubchenco-Kurve (Denver/ Colorado) [33]

Diese Kurve ist für Mitteleuropa nicht geeignet, da sie für eine unterschiedliche ethnische Gruppe und eine andere geographische Höhenlage entwickelt wurde. Außerdem selektierte

Lubchenco ihr Kollektiv, indem sie für die Schwangerschaftswoche zu schwer erscheinende Kinder ausschloss und zusätzlich Frühgeburten mit einbezog. Sie bekam so sehr niedrige Werte.

- 1973 Kyank-Kurve (Ostdeutschland) [29]

Diese Formel beruht auf einem Datensatz von 15589 Kindern, wobei Neugeborene mit unsicherer Tragzeit, Mehrlinge, Totgeburten und Kinder mit Fehlbildungen ausgeschlossen wurden. Um bessere Werte für die frühen Schwangerschaftswochen zu erhalten, schloss Kyank retrospektiv noch 1 227 Frühgeborene mit ein. Diese uneinheitliche Datenerhebung kann ein Grund dafür sein, dass bei Kyank die Werte besonders in der Abgrenzung zum hypertrophen Bereich sehr hoch liegen.

- 1985 Voigt-Eggers-Kurve (Ostdeutschland) [57]

1985 aktualisierten Voigt und Eggers die Kurve von Kyank an 52570 Fällen, unter Berücksichtigung folgender Änderungen. Zum einen konnte das Schwangerschaftsalter nun durch die zusätzliche sonographische Messungen genauer bestimmt werden. Kyank hatte nur die Nägele-Regel verwendet. Weiter wurden die Kurven an einem wesentlich größeren Datensatz erstellt und schließlich waren in den Jahren davor Verschiebungen in der Gesamtgeburtenzahl durch vermehrte Interruptiones und parallel dazu Veränderungen in der Alters- und Paritätsstruktur der Schwangeren aufgetreten. So gab es 1985 mehr Erstgebärende als 1973, was u.a. zur Folge hatte, dass die Geburtsgewichte insgesamt gefallen sind, da die ersten Kinder im Durchschnitt 100g leichter sind als die zweiten Kinder. Der prozentuale Anteil in den einzelnen Gewichtsklassen blieb jedoch gleich.

- 1978 Hohenauer-Kurve (Bundesrepublik Deutschland, Österreich, Schweiz, DDR) [20]

Diese Kurven wurden, obwohl in drei Ländern (BRD, Österreich, Schweiz), nur an einem sehr kleinen Datenkollektiv von 4820 Fällen + 2360 Fällen der DDR Population von Kyank, erstellt. Die Perzentilwerte wurden erst ab der 33. SSW berechnet und es kommt vor allem in den Grenzbereichen zu einer höheren Variabilität und zu Unstetigkeiten im Kurvenverlauf.

- 1988 Weller-Jorch-Kurve (Kammerbereich Westfalen-Lippe) [62]

Diese Kurve basiert auf Daten von 129858 Neugeborenen. Eingeschlossen wurden alle lebendgeborenen Einlinge mit gesichertem Entbindungstermin. Für Mitteleuropa sind diese

geschlechtsspezifischen Kurven gut geeignet, weisen aber im hypotrophen-frühgeborenen Bereich zu kleine Fallzahlen auf.

Einen Vergleich der gesamten Wachstumskurven zeigt Abbildung 2.

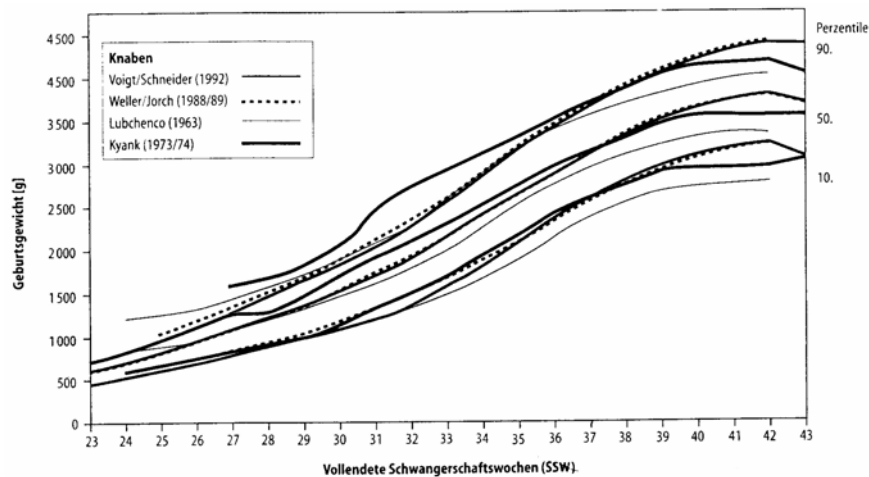


Abb. 2: Wachstumskurven im Vergleich (aus Voigt et al. 1996)

2.2.3. Berücksichtigung der Einflussfaktoren

In den Erörterungen der Perzentilkurven wurde schon deutlich, dass das kindliche Gewicht außer vom Wachstumsalter, durch zahlreiche andere Faktoren beeinflusst wird. Einige Einflussfaktoren sollen im Folgenden herausgestellt werden.

Ethnische Zugehörigkeit

In den verschiedenen ethnischen Gruppen variiert das Gewicht der Neugeborenen. So untersuchten Overpeck et al. die Geburtsgewichte von hispanischen und nicht hispanischen Neugeborenen in der USA und fanden heraus, dass die hispanischen Kinder zwischen der 30.-37. Woche schwerer, aber zwischen der 37.-42. Woche leichter waren als die nicht-hispanischen [39]. Overpeck führte dies sowohl auf die physiologischen, wie auch auf gesellschaftliche Unterschiede zurück.

Auch Gardosi et al. konnten in einer Studie über verschiedene ethnische Gruppen diesen Unterschied zeigen [13] (Abb3.):

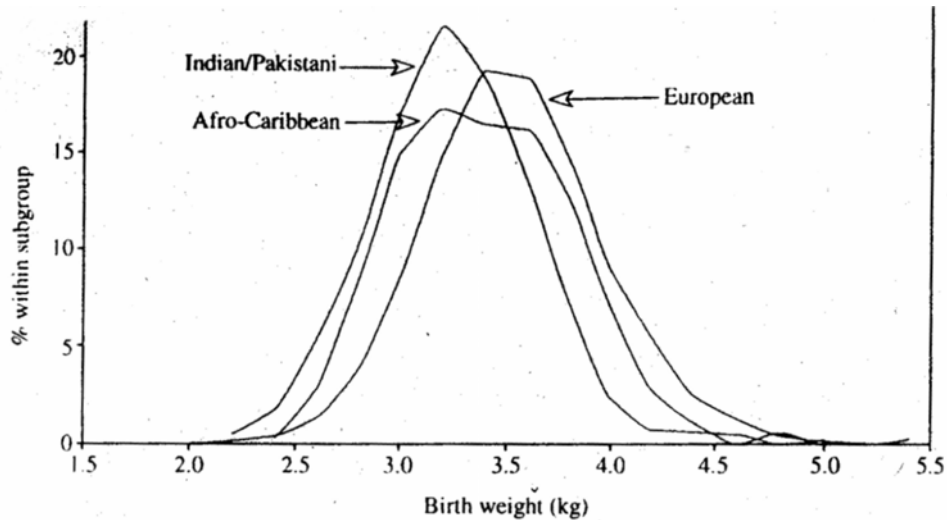


Abb. 3: Prozentuale Verteilung des Geburtsgewichts (280 \pm 7 Tage) in drei ethnischen Gruppen[13]

Geographische Lage

Schon in mehreren Studien ist darauf hingewiesen worden, dass Kinder, die in großen Höhenlagen geboren werden, leichter sind, als Kinder auf Meeresebene. Dies ist auch einer der Gründe, warum die Lubchenco-Kurven, die ihre Kurve in Denver/Colorado auf 5000 Fuß (etwa 1700m über NN) entwickelt hat, in Mitteleuropa eher nicht angewandt werden sollten [7].

Mutter

Mütterliche Faktoren wie Alter [59], Parität [59], Größe [55;59], Ausgangsgewicht [12;55;67], Gewichtszunahme [55] und sogar mütterliches Geburtsgewicht [50;53] haben einen Einfluss auf das kindliche Gewicht. Eine Beziehung mütterlicher Faktoren zum kindlichen Geburtsgewicht zeigt sich auch in abgeleiteten Größen wie z.B. dem Body Mass Index.

Mütterliche Erkrankungen wie z.B. Diabetes mellitus [2;11], Rh-Inkompatibilität, EPH-Gestose und Einwirkung von Noxen wie Alkohol, Nikotin [13], Drogen und Medikamente können ebenfalls zu gestörter Entwicklung führen.

Vater

Erst seit kurzem werden auch paternale Einflüsse auf das Geburtsgewicht untersucht. So konnte Wilcox 1995 eine signifikante Korrelationen sowohl von Größe als auch Gewicht des Vaters mit dem Geburtsgewicht des Kindes zeigen [64]. Diese Daten konnten jedoch bisher nicht bestätigt werden.

Fetus

Auch vom Kind selbst gehen Einflüsse auf sein eigenes Wachstum aus.

So führt z.B. das männliche Geschlecht zu höheren Geburtsgewichten [57;60].

Kongenitale Infektionskrankheiten des Feten, wie Röteln, Toxoplasmose, Herpes simplex, Syphilis oder CMV-Infektion können zu schweren Fehlbildungen und fetalen Wachstumsstörungen führen. Auch genetische Defekte wie die Trisomie 21, Trisomie 18, Trisomie 13, Turner Syndrom, Cri-du-chat-Syndrom und viele andere können für fetale Wachstumsretardierung verantwortlich gemacht werden und sollten bei Verdacht abgeklärt werden.

2.3. Bedeutung der Gewichtsschätzung

Williams et al. konnten 1982 zeigen, dass Mortalitäts- und Morbiditätsraten wesentlich sensitiver gegenüber dem Geburtsgewicht als gegenüber dem Gestationsalter sind, vor allem, wenn es sich um SGA-Feten handelt [65]. Aber für zunehmendes Gestationsalter wurde bei einem festgelegten Geburtsgewicht das Mortalitätsrisiko niedriger. Das Mortalitätsminimum legten sie für Gewichte zwischen 3501g und 4000g und zwischen der 40. und 41. SSW fest.

Bei den als „small for gestational age“ geltenden Kindern unter der 10. Perzentile ist es wichtig, zwischen solchen mit normalem Wachstum und Kindern mit pathologischer Wachstumsretardierung (IUGR) zu unterscheiden. Erstere Entwicklung kann Ausdruck verschiedener schon erwähnter konstitutioneller Faktoren, wie z.B. Größe und Gewicht der Mutter, ethnische Zugehörigkeit usw. sein. Wachstumsretardierung hingegen, die nur bei etwa der Hälfte der SGA-Kinder, aber auch im normalen Perzentilbereich zu finden ist [44], kann Folge von Chromosomenanomalien, Schädigungen durch Infektionen, Toxine, Strahlen, sowie durch chronische Mangelversorgung bei Plazentarinsuffizienz sein. Während sich die genetisch bedingte IUGR nicht beeinflussen lässt, kann die Situation bei durch Mangelversorgung bedingten Formen durch Überwachung und rechtzeitige Entbindung [27] drastisch verbessert werden. Ziel der frühzeitigen Entbindung ist es, die Schädigung fetaler Organe durch chronische Gewebshypoxie zu vermeiden [49]. Besonders hier ist es nun wichtig, ein möglichst exaktes Schwangerschaftsalter und Geburtsgewicht zu bestimmen, um die Folgen der fetalen Schädigung gegenüber denen der Frühgeburtlichkeit abzuwägen.

Das geburtshilfliche Vorgehen wird aber nicht nur aufgrund des Schätzwichts bestimmt, auch CTG-Aufzeichnungen [16] und Doppleruntersuchungen von maternalen (A.uterina), fetoplazentaren (A.umbilicalis) und fetalen (A.cerebri media) Gefäßen werden herangezogen. An diesem Sachverhalt sieht man, wie wichtig es ist ethnische, genetische, maternale Einflussfaktoren in die Erstellung der Perzentilkurven mit einfließen zu lassen, um dann bei Feststellung eines SGA-Kindes sicherer auf Wachstumsretardierung schließen zu können. So konnten Gardosi et al. zeigen, dass ein Viertel der Diagnosen SGA falsch positiv waren, wenn die physiologischen Variablen nicht berücksichtigt wurden [12]. Dies kann nicht nur zu falschen Konsequenzen, sondern auch zur unnötigen Beunruhigung der Eltern führen.

Nach Hansmann lassen sich Wachstumsstörungen i.d.R. am Rumpf des Feten früher und zuverlässiger erkennen als am Kopf [16].

Dies zeigen auch Ergebnisse von Bernaschek und Kratochwil, die feststellten, dass durch alleinige Berücksichtigung des Abdomenumfangs wachstumsretardierte Kinder gleichmäßiger im Plus-Minusbereich geschätzt wurden, während bei Mitberücksichtigung des BPD fast ausschließlich Überschätzungen zu verzeichnen waren [1]. Sie erklärten diesen Umstand durch die auch sonographisch zu beobachtende Reduktion des Volumens der inneren Organe bei intrauteriner Mangelentwicklung, z.B. durch plazentare Störungen.

DeVore beschrieb diesen Umstand als asymmetrische oder „head sparing“ Retardierung und stellt diese v.a. im dritten Trimenon auftretende Retardierungsform der symmetrischen Retardierung gegenüber [7]. Diese tritt meist vor der 28. SSW auf, betrifft alle Messparameter gleichmäßig und man findet häufig kongenitale Infektionen, chromosomale Anomalien und Alkohol-, Nikotin- oder Drogenabusus der Mutter als Ursache.

Die Tatsache, dass auch schwere Kinder >4000g mit erhöhten Risiken einhergehen wird häufig vernachlässigt. Kolben forderte 1990 bereits bei Verdacht auf Makrosomie die Einstufung als Risikogeburt [28]. In einer Untersuchung von 8591 Kindern mit einem Gewicht >4000g konnte er eine erhöhte kindliche und mütterliche Morbidität, nicht jedoch Mortalität zeigen.

Das Hauptproblem der Makrosomie liegt bei der Geburt. So kann es bei vaginaler Entbindung zu protrahierter Geburt, Schulterdystokie, Paresen, atonischen Nachblutungen und vor allem bei vaginal-operativer Entbindung zu Geburtsverletzungen bei Mutter und Kind kommen. Stellt im Hinblick auf kindliche Verletzungen die Sectio wohl das günstigste Entbindungsverfahren dar, so musste Kolben feststellen, dass die Verlegungsrate der makrosomen Kinder in eine Kinderklinik bei Sectio fast doppelt so hoch, wie bei spontaner

Entbindung war. Eine mögliche Erklärung hierfür könnten die häufig anzutreffenden pulmonalen Adaptionsstörungen bei Sectio sein.

Risikofaktoren für Makrosomie [2;11;28] sind Diabetes der Mutter (Faktor 2), das männlichem Geschlecht (männlich-weiblich 2:1), Übertragung, exzessive Gewichtszunahme während der Schwangerschaft, hohes Ausgangsgewicht und Körperlänge der Schwangeren, ebenso wie hohes mütterliches Geburtsgewicht, Multiparität und Geburt makrosomer Kinder in der Vorgeschichte.

Die Tatsache, dass die Inzidenz der Makrosomie eine deutliche Korrelation zur Tragzeit aufweist, lässt eine prophylaktische Geburtseinleitung bei begründetem Verdacht auf beginnende Makrosomie noch vor Erreichen des errechneten Geburtstermins als sinnvolle Maßnahme zu Verringerung der Geburtskomplikationen erscheinen.

Die sonographische Gewichtsschätzung des makrosomen Feten ist mit großen Unsicherheiten behaftet und deshalb sollten klinische Befunde und anamnestische Angaben aufgrund ihrer Korrelation zur Makrosomie vermehrt Beachtung finden [28]. Delpapa ging sogar soweit zu sagen, dass bei Feten, bei denen die Makrosomie nur mit Ultraschall diagnostiziert wird, weder eine Sectio noch eine frühzeitige Induktion induziert seien [6].

Es wird deutlich, dass es auch in diesem Bereich einer besseren Gewichtsschätzung bedarf. Ob dies mit der neuen Formel nach Humbert gelingt, soll gezeigt werden.

2.4. Grenzen der Gewichtsschätzung

Die Grenzen der Gewichtsschätzung liegen in zwei Bereichen. So ist „zwischen der Zuverlässigkeit einer Schätzung für eine nur indirekt bestimmbare Größe, z.B. das Alter des Feten und der Genauigkeit der Messung, z.B. eines korrelierenden Körpermaßes an sich, grundsätzlich zu unterscheiden“ (Hansmann 1976, S.135).

2.4.1. Messgenauigkeit

Die Größenordnung einer sinnvollen Messgenauigkeit in der Ultraschallbiometrie liegt im Millimeterbereich und dementsprechend sollten die Werte auch angegeben werden.

Limitierend für die Messgenauigkeit ist die Trias Gerät, Objekt, Untersucher, wobei Fehler zufälliger oder systematischer Art an jeder beliebigen Stelle auftreten können.

Gerät

Hier entstehen Fehler systematischer Art, welche z.B. durch falsche Kalibrierung des Linealmaßstabes oder durch Abweichung der Bilddehnung im B-Scan und den damit verfälschten Messlängen entstehen. Diese Fehler lassen sich nicht durch wiederholte Messungen beheben [16]. Um verschiedene Messergebnisse zu vergleichen, ist es auch wichtig, auf welche Schall-Laufgeschwindigkeit sich der Maßstab des verwendeten Gerätes bezieht. Hansmann zeigte am Beispiel des BPD, welche Unterschiede verschiedene Schall-Laufgeschwindigkeiten verursachen. So ist der BPD 90mm bei 1500m/sec, 92mm bei 1540m/sec, 95mm bei 1582m/sec und 96mm bei 1600m/sec [16]. Üblicherweise wird die Kalibrierung bei 1540 m/sec., der mittleren Schall-Laufgeschwindigkeit des menschlichen Gewebes bei 37°C, durchgeführt.

Hansmann führte eine biologische Kalibrierung mit der experimentell bestimmten Schall-Laufgeschwindigkeit von 1582 m/sec durch [16]. Holländer löste das Problem, indem er 1972 eine neue Messstrecke für den Abgriff des BPD definierte, von der vorderen Begrenzung der proximalen Kontur bis zur hinteren, der distalen Kontur, also eine „außen/außen“ Messung [21].

Objekt

Das Kind kann durch mehrfachen Lagewechsel während der Messung diese erschweren. Mit zunehmender Größe des Kindes nehmen große Körperlageveränderungen ab, lagebedingt verschlechterte Messbedingungen kommen jedoch hinzu. So kann es z.B. schwer sein, das Köpfchen exakt auszumessen, wenn es bereits tief im Becken eingestellt ist. Beckenendlagenkinder haben wegen der dolichocephalen Kopfform oft einen kleineren BPD, was zu falsch kleinen Schätzwerten führen kann. Hier empfiehlt sich auf die Messung des Kopfumfanges auszuweichen.

Untersucher

Der Ultraschall ist eine sehr untersucherabhängige Methode und hängt maßgeblich von der Erfahrung des Operators und von der verwendeten Zeit ab. Issel stellt die Fehlmessungen durch den Untersucher sogar an erste Stelle der Fehlerquellen für die Gewichtsbestimmung [23]. Zufällige Fehler wie z.B. die falsche Einstellung der Messebene oder irrtümliches Ablesen der Messwerte lassen sich jedoch durch wiederholte Messungen klein halten. Davison und Mitarbeiter [5] verglichen 3 Ultraschallmessungen im Rahmen einer einzigen

Untersuchung und bei Wiederholung der Untersuchung nach 24 Stunden und 4 Wochen. Bei der einzelnen Untersuchung ergab sich eine Standardabweichung von 1,21mm. Der Vergleich der Mittelwerte aus der 24 Stunden-Messung ergab 2,74 mm. Auch bei einem längeren Zeitintervall ergab sich kein größerer Fehler. Die Autoren gaben weiter an, dass je größer die Zahl der Wochen zwischen zwei Untersuchungen, desto geringer der Fehlereinfluss für die Wachstumsrate ist.

Für unsere Studie bedeuten diese Ergebnisse:

- 1.Reduktion des systematischen Fehlers, indem die Messungen am gleichen Gerät durchgeführt werden,
- 2.Reduktion der zufälligen Fehler dadurch, dass erfahrene Ultraschaller die Messungen durchführen oder kontrollieren (siehe 3.3.1. S.21).

2.4.2. Zuverlässigkeit

Nachdem die Schwierigkeiten in der Erhebung der Ultraschalldaten aufgezeigt wurden muss die Zuverlässigkeit der daraus berechneten Schätzwerte diskutiert werden.

1981 suchten Bernaschek und Kratochwil nach der besten Methode zur fetalen Gewichtsbestimmung und verglichen die gängigsten Methoden in einer Serie von 123 Fällen [1]. Sie fanden heraus, dass bei normaler kindlicher Entwicklung eine einfache Schätzung von BPD und TQ (Hansmann 1975) am Geburtstermin die besten Ergebnisse liefert. Für die LGA-Kinder waren die Umfänge von Kopf und Bauch am genauesten (mittlerer Schätzfehler von +/-286g). Die SGA-Kinder wurden auf der anderen Seite am besten durch alleinige Messung von AC (+/-152g) nach Campbell [3] erkannt.

Sowohl Löffler [32] als auch Ong [37] stellten fest, dass durch klinische Gewichtsschätzung mit Palpation kleine Kinder überschätzt und große Kinder unterschätzt wurden. Es erhebt sich die interessante Frage, ob sich diese Beobachtung auch bei die Verwendung der Schätzwerteformeln zeigt.

1981 überprüfte Eik-Nes die 1975 von Hansmann [16] entwickelte Schätzformel prospektiv an einem Kollektiv von 383 Feten [10]. Er erhielt folgende Resultate:

Bei einem mittleren Geburtsgewicht von 3299g streuten die Gewichte der Neugeborenen zwischen 680g und 5070g, wobei 13,5% des Kollektivs unter 2500g wogen. Es zeigte sich, dass die Feten unter 3000g mit einem mittleren Schätzfehler von +182g überschätzt und die Feten über 4000g mit einem mittleren Schätzfehler von -244g unterschätzt wurden. Insgesamt waren die Ergebnisse mit einer mittleren Verschätzung von 6,6% jedoch recht gut. Eik-Nes empfiehlt die Formel nach Hansmann, wenn ein Gewicht von unter 4000g erwartet werden kann. Auch Humbert kam zu diesen Ergebnissen [22].

Hadlock hat 1984 eine Regressionsberechnung von 276 fetalen Daten unter Berücksichtigung von BPD, KU, AC und FL vorgenommen [15]. Er erreichte eine mittlere Abweichung vom Geburtsgewicht von 0,1% +/-7,4% SD. Diese Zahlen können jedoch nur bedingt gewertet werden, da er die Formel am selben Kollektiv überprüft hat, an dem er sie erstellt hat. Auch bei seiner Formel fällt auf, dass niedrige Gewichtsklassen überschätzt und hohe Gewichtsklassen unterschätzt werden und eine gute Schätzzuverlässigkeit nur bei Kindern zwischen 2500g und 3500g erreicht wird. In einer unabhängigen Überprüfung dieser Formel an 88 Feten fand Humbert 1998 einen mittleren Schätzfehler von -9,8% +/-9,52% SD [22]. In kleinen Gewichtsbereichen tendierte die Berechnung nach Hadlock mit sehr geringer Streubreite dazu, die Kinder leicht zu unterschätzen (mittlerer Schätzfehler 147g +/-170g SD unter 2000g Geburtsgewicht), begann in höheren Gewichtsklassen dann aber sehr stark zu unterschätzen (bei über 4000g im Mittel -641g). Humbert schließt, dass Hadlock in mittleren und kleinen Gewichtsbereichen eine sehr gute, über 4000g jedoch keine korrekte Schätzung mehr zulässt.

Auch Merz entwickelte und überprüfte 1988 seine Formel an einem Kollektiv von 196 Feten [22]. Für das Gesamtkollektiv erreichte er eine Schätzzuverlässigkeit von 71,4%, für die Kinder unter 2500g lag diese bei 50,0%, für 3500g wurden 82,3% gefunden. In der Gewichtsgruppe der mindergewichtigen Kinder verschätzte Merz sich im Mittel um 219g, bei den mittelgewichtigen Kindern um 220g und bei über 3500g um 226g. In einer unabhängigen Prüfung nach Humbert konnte eine mittlere Verschätzung von -102g +/-374g SD ausgemacht werden [22]. In der Studie wurde gezeigt, dass sowohl Kinder unter 2000g als auch über 4000g unterschätzt wurden und eine akzeptable Schätzung (-10,76 +/-321g SD) mit geringer Streubreite nur im Bereich zwischen 2000g und 4000g erreicht werden konnte.

Man sieht also, dass die drei bisher beschriebenen Formeln alle die gleichen Vorzüge und Schwachstellen besitzen. Sie schätzen die Kinder sehr gut im mittleren Gewichtsbereich, werden in den Randgruppen jedoch ungenau.

Was bringt nun die neue Formel nach Humbert?

Am eigenen Kollektiv geprüft ergab sich für wachstumsretardierte Feten eine Sensitivität von 62% und eine Spezifität von 98% , für makrosome Feten von 38% und 97% [22]. Am gleichen Kollektiv erhoben lag die Sensitivität für makrosome Feten, berechnet mit der Formel nach Hansmann, bei 25% und nach Merz bei 11%. Auch Humbert unterschätzte die großen Kinder.

Da die Gültigkeit der Formel bisher nur am eigenen und auch sehr kleinen Kollektiv überprüft wurde, sind die Werte nur bedingt aussagekräftig.

Aus diesem Grund soll die Formel in der folgenden Arbeit für ein unabhängiges Kollektiv eingesetzt und überprüft werden.

3. Patientenkollektiv und Methodik

3.1. Patientenkollektiv

Die Erhebung der Daten erfolgte prospektiv zwischen Dezember 2000 und Dezember 2001. Es wurden Frauen eingeschlossen, die in dieser Zeit in der Frauenklinik des Klinikums Rechts der Isar entbunden wurden, bei denen eine Ultraschallbiometrie vor Ort an den Geräten Siemens und Acuson128XP vorlag und die folgende Einschlusskriterien erfüllten.

3.1.1. Einschlusskriterien

Eingeschlossen wurden alle Einlingsschwangerschaften

- mit gesichertem Entbindungstermin (durch Frühultraschall bzw. Konzeptionstermin)
- mit Ultraschallbiometrie weniger als 10 Tage vor Entbindung
- mit Erfassung des BPD, KU, TQ, AC und der FL
- mit Untersuchung an den Geräten Siemens Sonoline Elegra oder Akuson 128XP
- kaukasischer Mütter

3.1.2. Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden alle

- Mehrlingsschwangerschaften
- Schwangerschaften mit unsicherem Entbindungstermin
- Feten mit Fehlbildungen
- Fälle mit unvollständigen fetalren Daten
- Sonographien mit unvollständiger Biometrie
- Sonographien mit anderen Geräten als Siemens und Acuson128XP
- Nichtkaukasische Mütter

3.2. Verwendete Ultraschallgeräte

Beim Ultraschall handelt es sich um eine moderne nicht invasive Methode, mit der Körperstrukturen unterschiedlicher Dichte, sowie Bewegungen dargestellt werden können.

Piezoelektrische Quarzkristalle im Schallkopf des Gerätes werden hierzu durch elektrische Hochfrequenzspannung zur Aussendung mechanischer gleichfrequenter Schwingungen angeregt (Sender), welche sich im Gewebe ausbreiten. Die reflektierten Schallwellen werden von den Kristallen in elektrische Spannung umgewandelt (Empfänger) und über entsprechende Verstärker als Bild dargestellt. Je höher die Frequenz des abgestrahlten Schalls ist, desto besser ist die Auflösung des erhaltenen Bildes, desto geringer ist aber auch die Eindringtiefe in das Gewebe.

In der geburtshilflichen Sonographie kommt vor allem das B-Mode-Verfahren (Brightness-Scan) mit Frequenzen von 3,0 bis 5,0 MHz zum Einsatz. Bei dieser Methode wird der ausgesandte Strahl entlang einer Linie hin und herbewegt, so dass ein Schnittbild entsteht. Die reflektierten Wellen werden an der entsprechenden Stelle als Lichtpunkte dargestellt, welche um so heller sind, je stärker das Echo ist. Der Bildaufbau ist heute wesentlich schneller als das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges, wodurch flimmerfreie Bilder entstehen, die das Untersuchungsobjekt in Echtzeit abbilden (Real-Time Scan). Dies ist z.B. zur Beurteilung der fetalen Herzaktion und der Bewegungen des Feten notwendig.

Bei den verwendeten Schallköpfen handelt es sich um konvexe Sonden mit divergenter Einstrahlung in das Gewebe, welche es ermöglichen, bei kleinem Schallfenster einen großen Körperbereich einzusehen.

Die neueren Geräte verfügen über die Array-Technik, bei der die Schnittbilder durch elektronisch gesteuertes zeitliches Schalten der nebeneinander geordneten Elementarwandler erzeugt wird.

Die für die Studie verwendeten Geräte Siemens Sonoline Elegra Advanced der Firma Siemens und Acuson128XP der Firma Acuson, gehören zu den neuesten und derzeit besten Geräten. Sie verfügen beide über die oben genannten Techniken und sind als gleichwertig anzusehen.

Beide Geräte enthalten Funktionen, die die Durchführung der Biometrie erleichtern und verbessern, so z.B. die Ellipsenfunktion zur automatisierten Messung des Abdomen- und Kopfumfangs. Im System sind überdies Standardtabellen fetaler Wachstumsverläufe aller Biometrieparameter gespeichert, welche es erlauben, untersuchungssynchron das aktuelle

Gestationsalter und das geschätzte Gewicht abzulesen. Zusätzlich sind beide Geräte mit dem Bildverarbeitungssystem der Firma View Point Bildverarbeitungs GmbH verbunden, welches erlaubt, die vermessenen Daten z.B. in verschiedenen Schätzformeln und Perzentilkurven zu verarbeiten, Bilder, so wie die gesamte geburtshilfliche Anamnese zu speichern und bei Bedarf als Arztbrief auszudrucken. Bei beiden Geräten wurde mit der Schall-Laufgeschwindigkeit 1540m/s gearbeitet.

Zu den technischen Daten beider Geräte siehe 8.5.

3.3. Studienablauf

3.3.1. Sonographie

Sonographisch untersucht wurden die Patientinnen an den Geräten Siemens Sonoline Elegra oder Acuson128XP in der Poliklinik des Klinikums Rechts der Isar durch erfahrene Gynäkologen oder jüngere Kollegen, deren Untersuchung durch erfahrene Kollegen beaufsichtigt und ggf. korrigiert wurde.

Der Ultraschall wurde entweder als routinemäßige Kontrolle, wegen Geburtsanmeldung, wegen des erhöhten mütterlichen Alters, zur fetalen Kontrolle nach Termin oder bei passenden Einschlusskriterien elektiv zu Studienzwecken bei Frauen im Kreissaal durchgeführt.

Durchführung der Biometrie

Bei der Ultraschallbiometrie des Feten zur Errechnung des fetalen Schätzwichts wurden der BPD, KU, AC, TQ und die FL gemessen, wobei die Ebenen, in denen diese Biometriemaße abgegriffen wurden, genauestens definiert waren.

Biparietaler Diameter (BPD) und Kopfumfang (KU)

Die ideale Schnittebene, bei der sowohl der BPD als auch der HC abgegriffen werden können, verläuft horizontal durch den Kopf, wobei sich dieser oval, symmetrisch und mit durchgehenden Konturen darstellen soll (Abb.4). Die Ebene ist richtig gewählt, wenn die Falx cerebri als Mittelecho die beiden Hemisphären teilt und ventral durch das Cavum septi pellucidi unterbrochen wird [16].

Beidseits der Falx stellen sich die Thalamuskern als echoarme Strukturen dar. Ist die Schnittebene zu weit nach dorsal abgekippt, so ist bereits das Kleinhirn zu sehen. Sind die Orbitae angeschnitten, so ist die Schnittebene zu weit nach ventral gekippt.

Die Messung des BPD erfolgt von Außenseite zu Außenseite der Kontur des knöchernen Schädels, wobei der Durchmesser senkrecht auf dem Mittelecho stehen sollte. Der Kopfumfang kann in der gleichen Ebene entweder direkt mit der Ellipsenfunktion der Ultraschallgeräte bemessen oder aus dem biparietalen und frontooccipitalen Durchmesser berechnet werden. Die von Hansmann angegebene Formel [17] hierzu lautet:

$$KU=2,325 \times \sqrt{(BPD^2+FOD^2)}$$

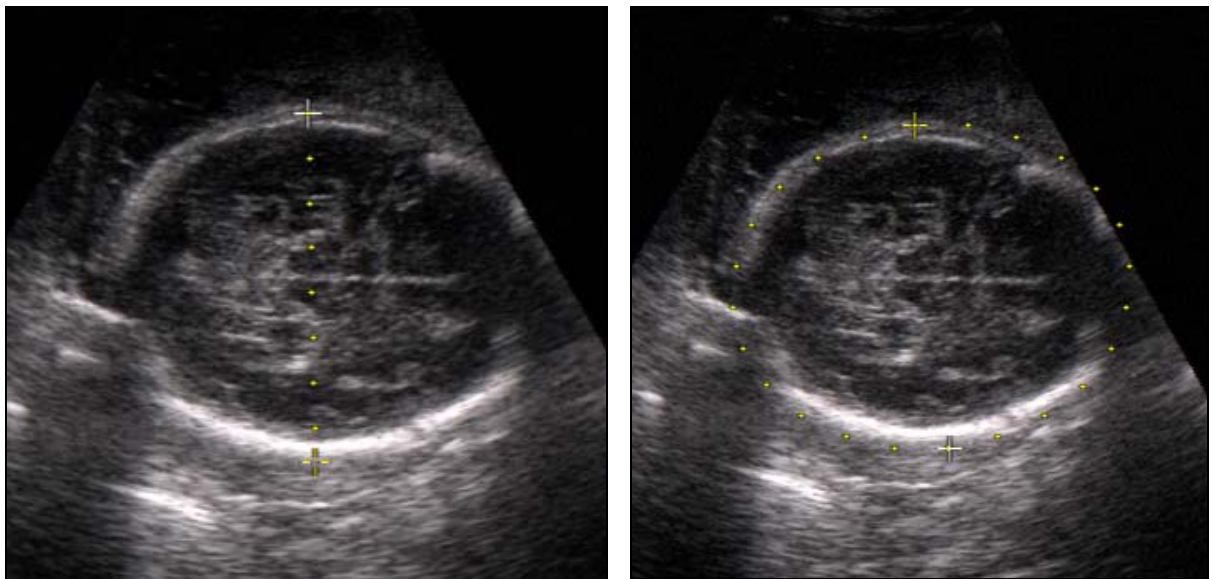


Abb. 4: Exakte Schnittebene für die Biometrie vom Kopf : BPD (li.) und KU (re.)

Thoraxquerdurchmesser (TQ) und Abdomenumfang(AC)

Die von Hansmann (1976) empfohlene Schnittebene verläuft horizontal auf Höhe der Leber an der Einmündungsstelle der V. umbilicalis in den Sinus venae portae (Abb. 5) [16]. Die Vene sollte hierbei im vorderen bis mittleren Drittel des Abdomens liegen und rund oder leicht queroval angeschnitten sein. Die Magenblase und Wirbelsäule lassen sich gut im Querschnitt erkennen und die Rippen sollten symmetrisch von letzterer ausgehen. Um den Thorax möglichst rund darzustellen, muss zum einen ohne Druck auf den maternalen Bauch geschallt werden und zum anderen darf der fetale Thorax nicht schräg angeschnitten werden, was zu falsch großen Werten führen würde .

Schnitte, die Einmündungen der V.umbilicalis an der vorderen Bauchwand erkennen lassen und Nierenanschnitte zeigen, liegen zu weit kaudal. Ist bereits das Herz zu sehen, so ist die Schnittebene zu weit nach kranial gekippt.

Die Messung des TQ erfolgt von der Außenseite der einen zur Außenseite der anderen Rippe. Hieraus lässt sich wiederum direkt mit der Ellipsenfunktion der Abdomenumfang vermessen oder aus der Messung des TQ und anterior-posterioren Durchmessers (APD) berechnen. Die Ellipsenformel lautet [35]:

$$AC = (TQ + APD) / 2 * 3,142$$

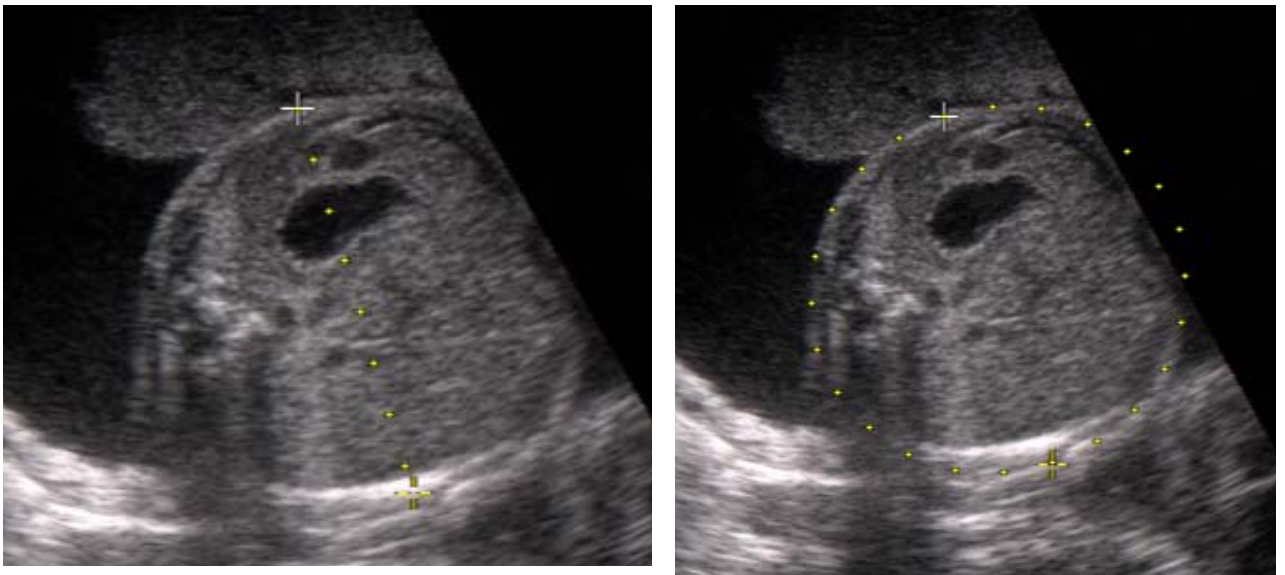


Abb. 5: Exakte Schnittebene für die Biometrie des Abdomens : TQ (li.) und AU (re.)

Femurlänge (FL)

Das Femur findet man, indem man der Längsachse des Feten, d.h. der Wirbelsäule folgt und den Schallkopf auf Höhe des fetalen Beckens um 90° dreht. Das Femur kann nun je nach Lage komplett oder im Querschnitt dargestellt werden (Abb.6). Gemessen wird der Abstand vom Trochanter major bis zum distalen Kondylus ohne Berücksichtigung der Knochenbiegung und des Femurkopfes. Schrägschnitte können zu falsch kurzen,



Abb. 6: Exakte Schnittebene des Femur

Miteinbeziehung der distalen bzw. proximalen Epiphysenkerne zu falsch langen Maßen führen [34].

3.3.2. Geburt

Nach der Geburt wurde das Neugeborene im Kreißsaal erstversorgt, wobei u.a. APGAR Wert, Nabelschnur-pH, Körpergröße, Kopfumfang und Gewicht in der Kinderkurve und in Partogrammen festgehalten wurden. Das Gewicht wurde hierbei mit einer elektronischen Waage gemessen, die vierjährlich nach Klasse III auf $\pm 5g$ geeicht wird.

3.3.3. Wochenbett

Bei Patientinnen, die den Einschlusskriterien entsprachen, wurden nun während ihres stationären Aufenthalts in der Klinik zum einen die Messdaten vom Ultraschalldokument, dem Partogramm und der Kinderkurve in den Erhebungsbogen übertragen und zum anderen der Anamnesebogen mit der Patientin und wenn möglich dem Vater des Kindes zusammen ausgefüllt und eventuell mit dem Mutterpass und der Krankenakte abgeglichen.

Folgende Primärdaten wurden im Erhebungsbogen festgehalten (siehe 8.6. S.97)

- Daten der Biometrie BPD, KU, TQ, AC, FL
- Tag der Sonographie und Abstand zur Geburt (in Tagen)
- Errechneter Entbindungstermin
- Lage des Kindes bei der Sonographie
- Gravität und Parität der Mutter
- Geburtsdatum und Schwangerschaftsalter bei der Geburt
- Geschlecht, Gewicht (in g), Größe (in cm), Kopfumfang (in cm), APGAR-Wert und Nabelschnur pH des Kindes
- Entbindungsmodus
- Frühgeburt und deren Grund
- Lage und Auffälligkeiten der Plazenta

Nur wenn all diese Daten vorhanden waren wurden die Patientinnen in die Studie eingeschlossen

Im Anamnesebogen wurden folgende Daten erhoben (siehe auch: 8.7. S.98)

Mütterliche Daten

- Probandennummer (wegen des Datenschutzes)
- Name und Vorname
- Geburtsdatum und Alter
- Geburtsort und Nationalität
- Körpergröße (in cm)
- Körpergewicht vor der Schwangerschaft und vor der Entbindung (in kg)
- Einflüsse währen der Schwangerschaft. Medikamente, Drogen, Infektionen, Strahlenbelastung, Nikotin, Alkohol, Erkrankungen wie Diabetes mellitus, Herzfehler, Nierenerkrankungen, Bluthochdruck, usw.
- Vorangegangene Schwangerschaften und die Geburtsdaten von diesen Kindern

Väterliche Daten (sofern die Frauen diese wussten)

- Geburtsdatum
- Geburtsort und Nationalität
- Körpergröße (in cm) und Gewicht (in kg)

3.4. Datenverarbeitung

Die gesammelten Daten wurden in das Softwareprogramm Excel der Firma Microsoft eingegeben.

Die Übertragung der Daten von den Erhebungs- bzw. Anamnesebögen in die Excel Tabellen wurden von einer unabhängigen Person auf ihre Richtigkeit überprüft und Übertragungsfehler korrigiert. Bis auf einzelne väterliche Daten waren für das ausgewählte Kollektiv alle Daten vollständig vorhanden. Es erfolgte keine Bereinigung des Kollektivs.

Die Daten wurden nach folgenden Gesichtspunkten bearbeitet.

- I. Aus den mütterlichen Daten und denen der Biometrie wurden die Schätzwichte nach den zu vergleichenden Formeln von Hadlock, Hansmann, Merz und Humbert berechnet, sowie deren absolute Abweichung vom Geburtsgewicht in Gramm und in %. Eine Dezimalstelle der Biometriedaten wurde hierbei berücksichtigt.
- II. Des weiteren wurden die Gewichtszunahme der Mutter und der BMI (Body Mass Index) berechnet. $BMI = \text{Körpergewicht (kg)} : \text{Körperlänge}^2 \text{ (m}^2\text{)}$

III. Die Perzentilwerte der postnatal gewonnenen Geburtsgewichte, so wie die der errechneten Schätzwerte wurden, aufgeteilt nach Geschlecht und Schwangerschaftsalter aus den Perzentilkurven von Voigt und Schneider[60] abgelesen und tabellarisch dargestellt (siehe 8.3. S.94).

In einem nächsten Schritt wurden die Exceltabellen in das Statistikprogramm SPSS (Statistic Program for Social Sciences) der Firma SPSS Inc. Chicago, Illinois übertragen und auch hier auf Übertragungsfehler überprüft. Mit Hilfe dieses Programms ließen sich nun Statistiken zur Häufigkeit der Daten erstellen, Korrelationen der Geburtsgewichte mit Schätzwerten, sowie mütterliche und väterliche Parametern berechnen und die verschiedenen Formeln vergleichen.

3.5. Beschreibung des Patientenkollektivs

Das Kollektiv besteht aus 147 Patientinnen mit Einlingsschwangerschaften, die alle die Einschlusskriterien erfüllen und von denen alle Daten vollständig vorhanden sind.

Die 77 Jungen und 70 Mädchen wurden zwischen der 34. und 42. Woche geboren, wobei insgesamt zehn Kinder unter der 37. Woche geboren wurden. 15 Kinder des Kollektivs (5 Knaben und 10 Mädchen) wurden als wachstumsretardiert, 18 Kinder (11 Knaben und 7 Mädchen) als makrosom eingestuft. Die Gewichte der Kinder lagen zwischen 1625g und 4880g, mit einem Mittel von 3325g.

Zunächst sollen alle Rohdaten beschrieben werden.

3.5.1. Schwangerschaft

Schwangerschaftswochen

Die Schwangerschaftswochen bei Geburt erstrecken sich im Kollektiv von der 34. bis zur 42. abgeschlossenen Schwangerschaftswoche (Abb.7).

Am Termin (40+0 SSW) wurden nur genau vier Kinder (2,7%) geboren. Innerhalb einer Woche um den Termin wurden 43,5% geboren, zwischen der 37. und 41. abgeschlossenen Woche waren es 92,5%.

Im Kollektiv gab es insgesamt 10 Frühgeburten (6,8%), jedoch nur ein Kind mit 42+0 Wochen.

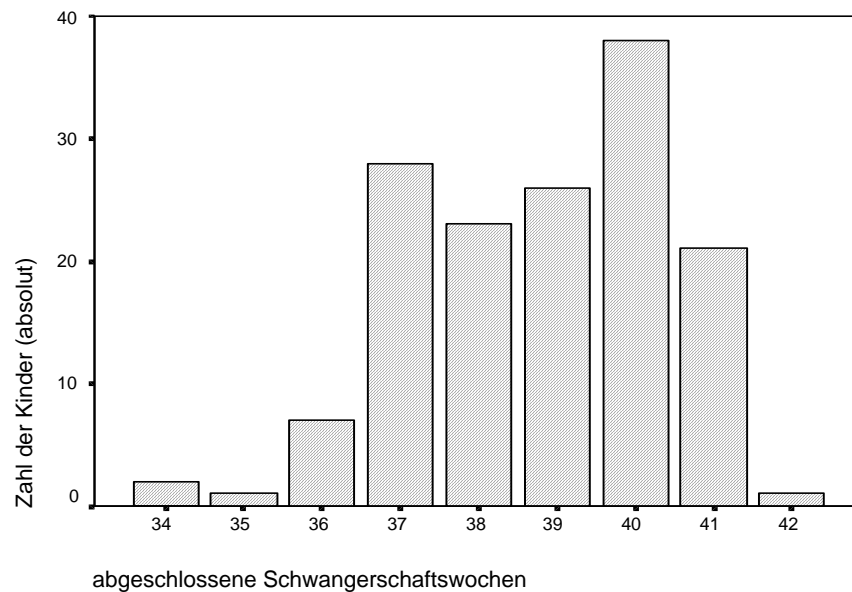


Abb. 7: Abgeschlossene Schwangerschaftswochen bei der Geburt

Geburtsmodus

Insgesamt 69 Kinder (47%) kamen spontan zur Welt.

68 (46%) Kinder wurden per sectionem entbunden, wobei genau gleich viele primäre (pr), wie sekundäre (sek) Sectiones durchgeführt wurden.

10 (7%) Kinder wurden entweder mit Vakuum oder Forceps entbunden.

Betrachtet man die Frühgeborenen alleine, so wurden 40% spontan und 60% per sectionem entbunden. Bei den wachstumsretardierten Kindern unter der 10. Perzentile, verhielten sich die Zahlen genau umgekehrt: 60% spontan versus 40% Sectio. In beiden Fällen waren primäre und sekundäre Sectiones gleich häufig.

Bei den makrosomen Kindern über der 90. Perzentile wurde die Hälfte der Kinder spontan geboren, ein Kind (5,5%) wurde vaginal-operativ mit Forceps entwickelt und die restlichen 44,5% per sectionem. Hier waren jedoch mehr primäre, als sekundäre Kaiserschnitte durchgeführt worden (Tab.1). Gründe für die primären Sectiones waren in zwei Fällen der Verdacht auf Makrosomie und in jeweils einem Fall HELLP-Syndrom der Mutter, Plazenta Prävia, Steißlage und Re-re-re-Sectio. Der Grund für die sekundären Sectiones war der Geburtsstillstand.

Die Mädchen wurden insgesamt tendenziell häufiger spontan entbunden als die Jungen.

Tabelle 1: Vergleich der Entbindungsmodi verschiedener Kollektive

		Spontan	Sectio (pr : sek)
Gesamt	n=147	47% + 7% vaginal-op	46% (1:1)
Frühgeburten	n=10	40%	60% (1:1)
Retardierte	n=15	60%	40% (1:1)
Makrosome	n=18	50% +5% vaginal-op	45% (63% : 37%)
Mädchen	n=70	49% +8% vaginal-op	43% (43% : 57%)
Jungen	n=77	45% +6% vaginal-op	49% (55% : 45%)

Lage bei der Geburt

Im gesamten Kollektiv waren 90% der Kinder in erster, zweiter, dorsoanteriorer oder dorsoposteriorer Schädellage. Nur 10 % hatten eine regelwidrige Lage, wie Beckenend- oder Querlage. Diese Kinder wurden alle per sectionem entbunden.

Bei den Frühgeborenen hatten 40% eine regelwidrige Lage.

Sowohl bei den wachstumsretardierten als auch makrosomen Kindern waren jeweils nur ein Kind in Beckenendlage, was 7% bzw. 6% entspricht. Unter den Mädchen waren es 8 Kinder (11%) und bei den Jungen waren es 9 Kinder (12%).

Abstand der Sonographie zur Geburt

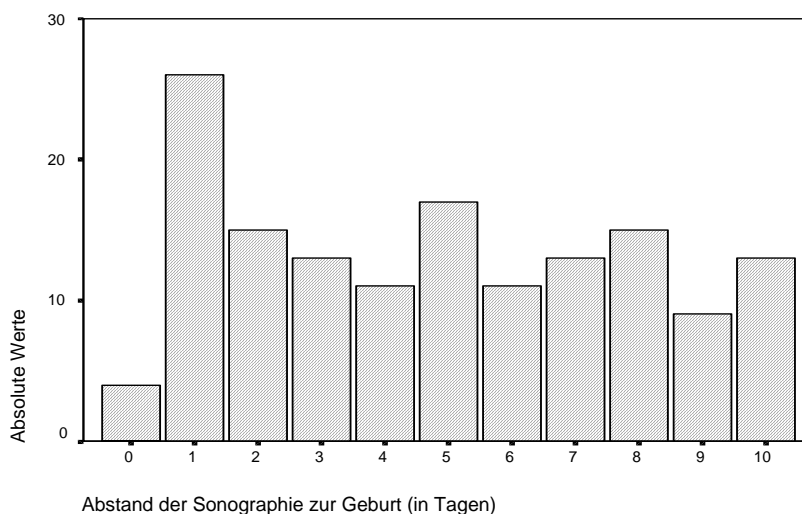


Abb. 8: Abstand der Sonographie zur Geburt

Die Ultraschallbiometrie wurde maximal 10 Tage vor der Geburt durchgeführt. Im Durchschnitt betrug der Abstand zur Geburt 4,8 Tage. Bei 20,4% der Kinder konnte die Ultraschalluntersuchung innerhalb eines Tages vor Geburt gemacht werden (Abb.8).

3.5.2. Kindliche Daten

Die postnatal real festgestellten Geburtsgewichte der Kinder in diesem Kollektiv haben eine große Bandbreite. Im Mittel wogen die Kinder 3325g, wobei das leichteste 1625g, das schwerste Kind 4880g wog. 2% der Kinder wogen unter 2000g, 11% über 4000g.

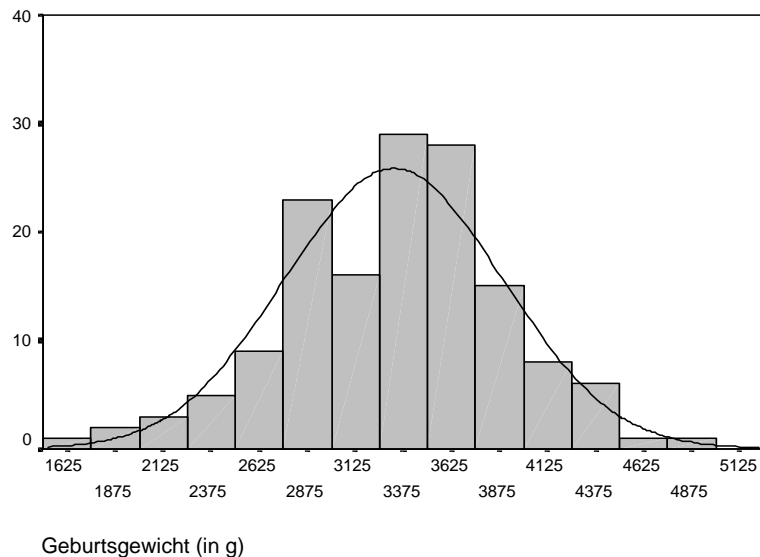


Abb. 9: Verteilung der Geburtsgewichte im Kollektiv

Wie auch in Abbildung 9 zu sehen, entspricht die Verteilung der kindlichen Gewichte im Kollektiv einer Normalverteilung, die nach dem Test von Kolmogorov-Smirnov signifikant ist (siehe 8.8. S.99).

Im gesamten Kollektiv befinden sich 77 Jungen (52,4%) und 70 Mädchen (47,6%).

Nach Geschlechtern aufgeteilt fällt eine deutliche Rechtsverlagerung der Gewichte der Jungen auf (Abb.10). Das mittlere Gewicht bei Mädchen liegt bei 3243g, bei den Jungen bei 3399g, also rund 156 g mehr als bei den Mädchen.

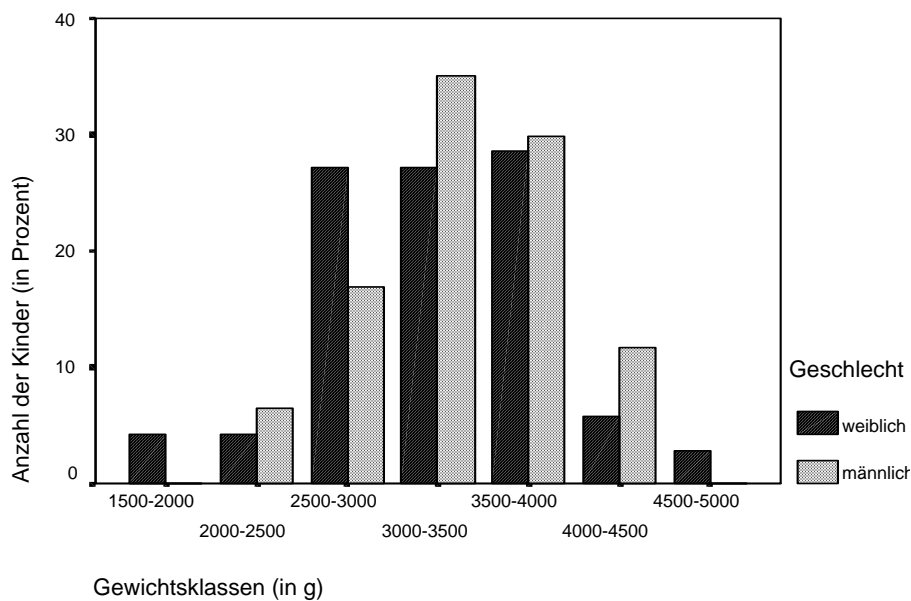


Abb. 10: Verteilung der Gewichte aufgeteilt nach dem Geschlecht

Frühgeburten

Unter den 147 Kindern wurden 10 Kinder vor der 37. SSW geboren. Das mittlere Gewicht der Frühgeborenen betrug 2517 g, wobei das leichteste mit 1755g und das schwerste mit 3020g geboren wurden. Die drei weiblichen Frühgeborenen wogen auch hier im Mittel 403g weniger als die sieben männlichen. Zu bemerken ist, dass das leichteste Kind des Gesamtkollektivs in der 37+1 SSW geboren wurde und somit nicht zu den Frühchen zählt.

Makrosome und wachstumsretardierte Kinder

Als nächstes wurden die Kinder nach Geburtsgewicht, Schwangerschaftswoche und Geschlecht in die Perzentilkurven von Voigt-Schneider [60] eingetragen und in folgende Gruppen aufgeteilt <5.; 5. bis 10.; 10. bis 90., 90. bis 95.; >95. Perzentile (Abb.11).

Eine prinzipielle weitere Auflösung in Perzentilgruppen wurde unterlassen.

15 Kinder (10,2%) lagen unter der 10. Perzentile und wurden demnach als wachstumsretardiert eingestuft. Das Gewicht der Kinder lag zwischen 1625g und 3080g mit einem Mittel von 2454g. Die Tragzeit dieser Kinder war im Mittel 39 abgeschlossene Schwangerschaftswochen, wobei kein Kind unter der 36. SSW geboren wurde.

Ohne das eine Frühgeborene wurden 9,5% der Kinder als wachstumsretardiert eingestuft.

Unter den wachstumsretardierten Kindern fanden sich 5 Jungen und 10 Mädchen. Insgesamt galten also 7% der Jungen und 14% der Mädchen als wachstumsretardiert.

18 Kinder (12%) lagen über der 90. Perzentile und wurden demnach als makrosom eingestuft. Ihr Gewicht betrug im Mittel 4180g, mit einem leichtesten Kind von 3620g und einem schwersten von 4880g. Das mittlere Schwangerschaftsalter dieser Kinder betrug 39 Wochen, wobei kein Kind frühgeboren war. Bei den makrosomen Kindern sind 11 Jungen und 7 Mädchen betroffen. Der Anteil an makrosomen Kindern bei den Jungen beträgt 14% und bei den Mädchen des Kollektivs 10%.

Abbildung 11 fasst alle Aussagen über die Perzentileinteilung und die Gewichte zusammen. Je 20% der wachstumsretardierten Kinder befinden sich in den Gewichtsbereichen 1500-2000 und 2000g bis 2500g, 53% befinden sich im Bereich 2500g bis 3000g und 7% im Bereich über 3000g. Bei den makrosomen Kindern befinden sich 33% zwischen 3500 und 4000g, 56% zwischen 4000 und 4500g und 11% liegen über 4500g.

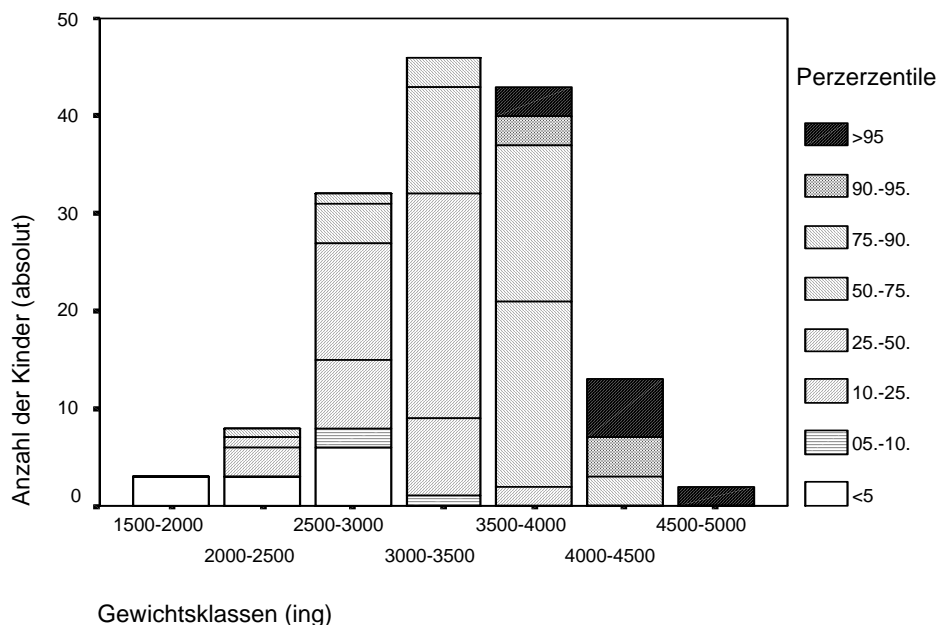


Abb.11: Aufteilung der Neugeborenen nach Perzentilen und Gewichtsklassen

Es wird besonders deutlich, dass wachstumsretardierte Kinder auch im Gewichtsbereich über 2500g zu finden sind, ebenso wie makrosome Kinder auch unter 4000g vorkommen. Auch sind makrosome Kinder in niederen und wachstumsretardierte Kinder in höheren Schwangerschaftswochen zu finden (Abb.12).

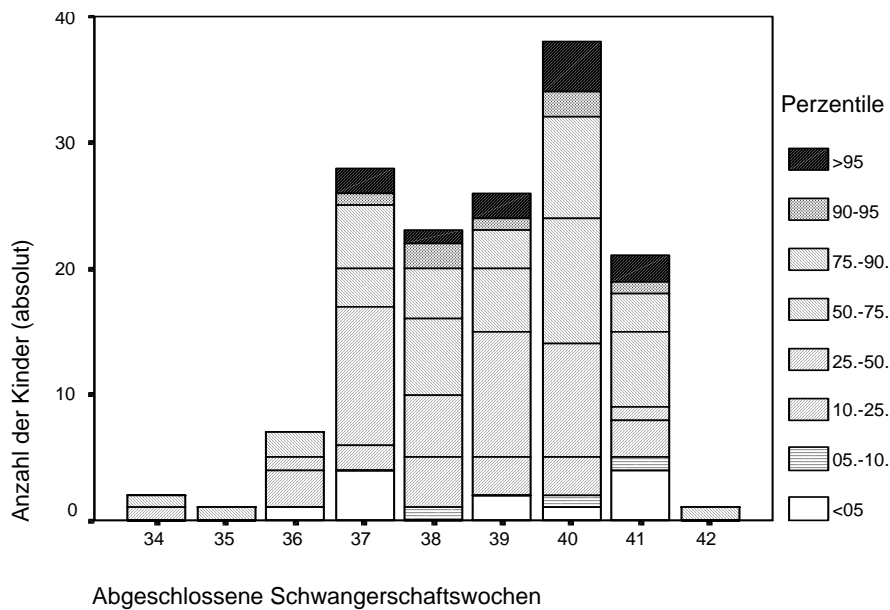


Abb.12: Aufteilung der Neugeborenen nach Perzentilen (Voigt) und Schwangerschaftswochen

3.5.3. Biometriedaten

Bei allen 147 Kindern konnten die kompletten Biometriedaten, d.h. biparietaler Durchmesser, Kopfumfang, Abdomendurchmesser, Abdomenumfang und Femurlänge erhoben werden (Tab.2).

Tabelle 2: Werte der Biometriedaten des Kollektivs

Biometriemaß	Min (mm)	Max (mm)	Mittel (mm)	Median (mm)	SD (mm)
BPD	77	104	94,6	95	+/- 4,6
KU	285	366	330,8	331	+/- 14,8
TQ	78	115	98,8	99	+/- 7,49
AC	250	371	325,2	325	+/- 23,8
FL	58	82	71,9	72	+/- 3,94

Die kleinsten Werte in allen Biometriemaßen hatte ein Kind in der 36.+5 SSW, welches schon vor Geburt als wachstumsretardiert eingestuft wurde und deshalb primär per sectionem entbunden wurde. Sein Geburtsgewicht von 1755g bestätigte diesen Verdacht.

3.5.4. Mütterliche Daten

Nationalität

In die Studie eingeschlossen wurden alle Patientinnen kaukasischer Abstammung. Neben der Nationalität wurde das Herkunftsland der Frauen berücksichtigt. 112 Patientinnen (76%) kamen aus dem deutschen Sprachraum (Deutschland, Österreich, Schweiz). Von den 35 Ausländerinnen kamen 13 aus südeuropäischen Staaten, 11 aus Osteuropa, 6 aus der Türkei und 5 waren europäisch stämmige Amerikanerinnen.

ALTER

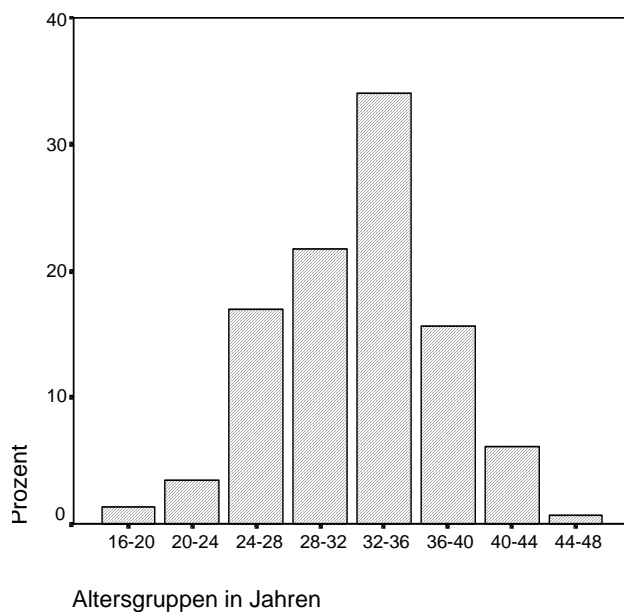


Abb.13: Verteilung des mütterlichen Alters im Kollektiv

Das mütterliche Alter bei Geburt erstreckte sich von 18 bis 46 Jahren mit einem Mittel von 33 Jahren und einer Standardabweichung von 5,13 Jahren. Abb.13 zeigt die Verteilung des mütterlichen Alters.

42% der Mütter waren über 35 Jahre bei der Geburt, wobei fast die Hälfte dieser Mütter erstgebärend waren. Bei den Frühgeborenen und makrosomen Kindern lag der Anteil an Müttern über 35 Jahren sogar bei etwa 60%, bei den wachstumsretardierten Kindern hingegen nur bei 40% (siehe auch Tab.3 S.35). Die Mütter der Jungen waren im Mittel ein Jahr

älter, als die der Mädchen, jedoch waren 48% über 35 Jahre gegenüber 36% bei den Müttern der Mädchen.

Parität

53% der Mütter waren erstgebärend, für 32% war dies das zweite Kind, für 9,5% das dritte und für 4% sogar das vierte Kind (Abb.14).

Bei Müttern von wachstumsretardierten Kindern waren nur 3 Frauen (20%) mehrgebärend, bei Müttern von makrosomen Kinder hingegen waren es 44%, wobei zwei Drittel zwei Kinder und mehr hatten.

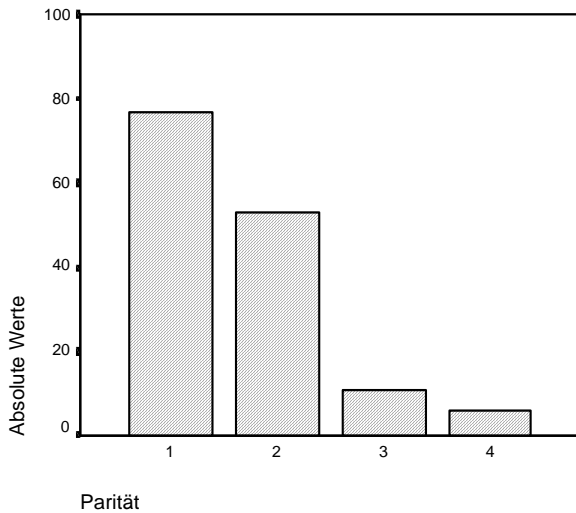


Abb.14: Parität der Mütter nach der Entbindung

Betrachtet man die Gewichte der Kinder einer Patientin über die Schwangerschaften hinweg, Frühgeburten ausgenommen, so ergibt sich in 50% der Fälle ein mittlerer Geburtsgewichtsanstieg von der ersten zur zweiten Schwangerschaft von 401g, in 50% der Fälle jedoch ein Gewichtsabfall von durchschnittlich 340g. Bei jeder weiteren Schwangerschaft nahmen ebenso 50% der Gewichte ab und 50% zu.

Größe

Die Größe der Mütter betrug, mit einer Bandbreite von 150-182 cm im Durchschnitt 167 cm (Abb.15).

Bei den Frühgeburten lag die Durchschnittsgröße der Mütter bei 164 cm, 166 cm bei den Müttern retardierter Kinder und 171cm bei denen makrosomer Kinder.

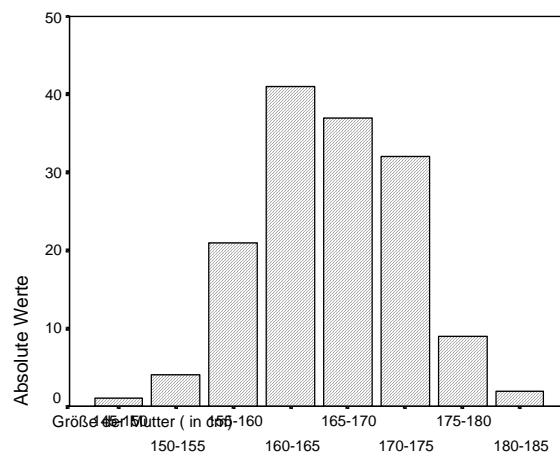


Abb.15: Die Größe der Mütter

Gewicht und Gewichtszunahme

Das Gewicht vor der Schwangerschaft ebenso wie die Gewichtszunahme während der Schwangerschaft konnte bei allen Frauen erhoben werden.

Die leichteste Frau wog 48 kg, die schwerste 140kg. Die Gewichtsklassen sind in Abb.16 gezeigt. Im Mittel wogen die Frauen 63 kg, der Median lag bei 60kg. Mütter wachstumsretardierter Kinder waren im Schnitt 7 kg leichter, Mütter von makrosomen Feten 5 kg schwerer als der Durchschnitt im Kollektiv.

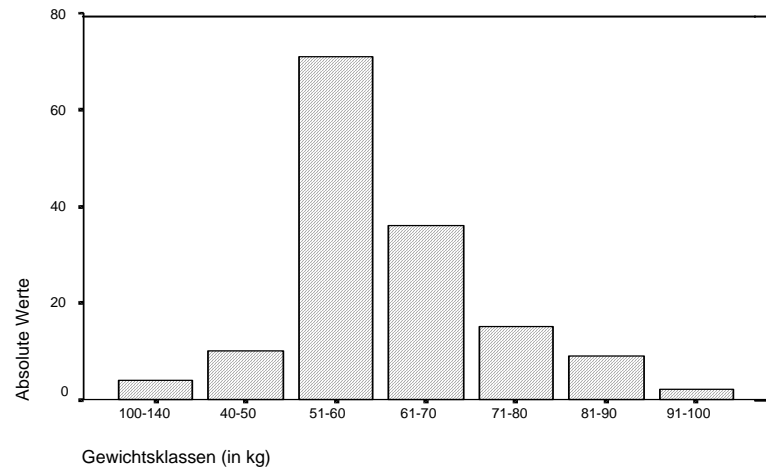


Abb.16: Verteilung des mütterlichen Ausgangsgewichtes

Die mütterliche Gewichtszunahme betrug im Schnitt $13,9\text{kg} \pm 4,8\text{kg}$. 60% der Frauen nahmen zwischen 8 und 16kg zu, über 20kg und unter 8kg waren es jeweils nur 10%.

Die Mütter der makrosomen Kinder nahmen im Schnitt rund 2kg mehr zu, als die der retardierten Feten. Bei den Müttern der Frühchen betrug die Gewichtszunahme im Mittel 10,1kg.

Eine zusammenfassende Übersicht der mütterlichen Daten gibt Tabelle 3.

Tabelle 3: Alter, Größe Gewicht und Gewichtszunahme der Mutter

	Alter (Jahre)			Größe (cm)			Gewicht (kg)			Zunahme(kg)		
	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
Gesamtkollektiv	18	46	33	150	182	167	48	140	63,9	2	27	13,9
Frühgeburten	28	42	36	154	175	164,3	48	88	61,4	6	13	10,1
Wachstumsretardierte Feten	23	40	31	158	173	165,7	50	78	56,6	10	22	14,5
Makrosome Feten	24	39	33,8	156	182	171,3	50	88	68,7	8	24	16,0
Mädchen	18	44	32,4	155	182	167,1	48	115	63,9	2	27	14,21
Jungen	22	46	33,91	150	182	166,9	48	140	63,9	3	26	13,7

Es fällt auf, dass die Mütter makrosomer Feten, verglichen mit dem Gesamtkollektiv im Mittel sowohl größer als auch schwerer sind, während die Mütter wachstumsretardierter Feten im Schnitt etwas leichter und kleiner sind. Auch sollte man beachten, dass die Mütter von

Frühchen einen Altersdurchschnitt von 36 Jahren haben, was dem erhöhten Schwangerschaftsrisiko bei fortgeschrittenem Alter entspricht.

Betrachtet man den Body Mass Index (BMI) der Frauen, der sich aus Gewicht und Größe zusammensetzt, so sind gleiche Tendenzen festzustellen. Der durchschnittliche BMI der Mütter des gesamten Kollektivs vor der Schwangerschaft betrug 23, der der Mütter makrosomer Kinder 23, der der Mütter wachstumsretardierter Kinder 21. Vor der Entbindung betrug der mittlere BMI aller Mütter 27, der von Müttern makrosomer Kinder 29 und der von Müttern wachstumsretardierter Kinder 26. Tabelle 4 gibt eine Übersicht.

Tabelle 4: Body Mass Index (BMI) der Mutter vor der Schwangerschaft und Entbindung

	BMI vor der Schwangerschaft			BMI vor der Entbindung		
	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
Gesamtkollektiv	17	48	22,83	18	52	27,84
Frühgeburten	18	32	22,80	22	36	26,70
Wachstumsretardierte Feten	18	26	21,33	23	32	26,73
Makrosome Feten	17	32	23,33	21	37	28,94
Mädchen	17	40	22,87	18	42	27,96
Jungen	17	48	22,79	21	52	27,73

Geburtsgewicht der Mutter:

Die Mütter wurden zusätzlich noch nach ihrem eigenen Geburtsgewicht gefragt. Nur 22 konnten eine sichere und weitere 45 eine ungefähre Auskunft geben. Bei den 22 Patientinnen betrug das mittlere Geburtsgewicht 3156g, mit einem Minimum von 1600g und einem Maximum von 4250g. Bei allen 67 waren es mittlere 3194g mit 1600g Minimum und 4500g Maximum.

Risiken während der Schwangerschaft:

Die Patientinnen dieses Kollektivs wurden auch nach Schwangerschaftsrisiken gefragt. 27 Patientinnen d.h. 20% gaben an, während der Schwangerschaft geraucht zu haben. 31% der Kinder dieser Frauen wurden als wachstumsretardiert eingestuft, 62% lagen im normalen Perzentilbereich und 7% waren makrosom. 43% der Mütter wachstumsretardierter Kinder hatten während der Schwangerschaft geraucht.

Von den zwei makrosomen Kindern hatte eine Mutter Diabetes mellitus.

16 Patientinnen (11%) des Kollektivs hatten Diabetes, 2 davon insulinpflichtigen Diabetes mellitus, in den anderen 14 Fällen war es Schwangerschaftsdiabetes.

Von diesen Müttern wurde ein Kind als retardiert eingestuft, 11 als normal und 3 als makrosom.

Insgesamt 5 Mütter hatten gleichzeitig Schwangerschaftsdiabetes und rauchten während der Schwangerschaft, deren Kinder wurden alle als normosom eingestuft.

3.5.5. Väterliche Daten

In 144 Fällen konnte von den Müttern das Alter des Vaters angegeben werden. Durchschnittlich waren die Väter 36 Jahre alt, wobei der älteste 64 und der jüngste 21 war. In 139 Fällen konnte die Größe mit durchschnittlich 1,80m (Min 1,55m, Max 2,0m) und in 134 Fällen das Gewicht des Vaters mit einem Mittel von 82kg (Min 55kg, Max 130kg) erhoben werden.

3.6. Verwendete Schätzformeln

Die vier Formeln sollen im Folgenden kurz dargestellt werden (Tab.5).

Vorab ist zu sagen, dass die Formeln nach Hadlock, Hansmann und Merz, in der klinischen Routine häufig eingesetzte Formeln sind und die Schätzwerte nach diesen Formeln standardmäßig mit dem Programm ViewPoint berechnet werden können.

Zu beachten ist, dass die Formeln mit unterschiedlichen Schall-Laufgeschwindigkeit entwickelt wurden. Hansmann verwendete als einziger 1580m/s anstelle von 1540m/s. Merz schreibt hierzu: „Allerdings ist bei der Formel von Hansmann zu beachten, dass diese nur dann verlässliche Ergebnisse liefert, wenn die der Formel zugrunde liegende abweichende Schall-Laufgeschwindigkeit von 1580m/s unberücksichtigt bleibt. Gleicht man die bei 1540 m/s ermittelten eigenen Messwerte der Schall-Laufgeschwindigkeit von 1580m/s an, so erhält man eindeutig schlechtere Ergebnisse“ (aus Ultraschall 9, 1988, S.21). Auch in dieser Arbeit wird der Unterschied beim Vergleich der Formeln nicht berücksichtigt.

Tabelle 5: Überblick über die in der Arbeit verwendeten Schätzformeln

<i>Schätzwichtsformel</i>	<i>Jahr der Publikation</i>	<i>Schall-Laufgeschwindigkeit m/s</i>	<i>n</i>
Hadlock $G(g) = 10 \exp(1,3596 - 0,0000386 * AC * FL + 0,00064 * KU + 0,0000061 * BPD * AC + 0,00424 * AC + 0,0174 * FL)$ (mm/g)	1984	1540	276
Hansmann $G(g) = -1,05775 * BPD + 0,649145 * TQ + 0,0930707 * BPD^2 - 0,020562 * TQ^2 + 0,5152263$ (cm)	1975	1580	202
Merz $G(g) = -3200,40479 + 157,07186 * AC + 15,90391 * BPD^2$ (cm)	1988	1540	196
Humbert $G(g) = -31433,9 + 8618,39 * \log AC + 0,002328 * FL^3 + 13,822 * \text{Größe der Mutter (cm)} + 5073,347 * \log BPD$ (mm)	1998	1540	65

1984 publizierte **HADLOCK** eine Studie, in der er unter zusätzlicher Berücksichtigung der Femurlänge neue Formeln entwickelte [14]. Mit den Werten von insgesamt 167 Feten untersuchte er zum einen bereits bestehende Schätzformeln und verglich zum anderen verschiedene Datenkombinationen durch schrittweise Regressionsanalyse. Er erstellte einige Modelle, welche die Parameter in exponentieller Funktion berücksichtigen:

AC und Fl	$G(g)=10\exp(1,3598+0,051*AC+0,1844*FL-0,0037*AC*FL)$
BPD, AC, FL	$G(g)=10\exp(1,4787-0,003343*AC*FL+0,001837*BPD^2$ $+0,0458*AC+0,158*FL)$
KU, AC, FL	$G(g)=10\exp(1,5662-0,0108*KU+0,0468*AC+0,171*FL$ $+0,00034*KU^2-0,003685*AC*FL)$
KU, BPD, AC, FL	$G(g)=10\exp(1,5115+0,0436*AC+0,1517*FL-0,00321*AC*FL$ $+0,0006923*BPD*KU)$

Die besten Ergebnisse konnten erreicht werden, wenn alle vier Parameter eingesetzt wurden.

Um diese Formel noch zu verbessern vergrößerte Hadlock das Kollektiv um weitere 109 Feten und erhielt so die in dieser Arbeit verwendete folgende Formel [15].

Mit dieser Formel konnte er eine mittlere prozentuale Abweichung von 0,1% +/-7,4 %SD im Vergleich zu 0,3% +/-7,5%SD mit der ersten Formel erreichen. Hadlock weist jedoch darauf hin, dass sich die Prüfung am eigenen Kollektiv positiv auf die Werte auswirkt und die Formel noch einer unabhängigen Evaluation bedarf. Dieser Aufforderung wurde 1998 in einer Arbeit von Humbert nachgegangen [22]. Es wurde festgestellt, dass der Schätzfehler in mehr als 85% der Fälle weniger als 20% betrug (siehe auch: 2.4.2. S.18).

Hadlock definierte die Formel zwischen der 20. und 42. SSW.

Um die Zusammenhänge des BPD und AC mit dem Geburtsgewicht weiter zu untersuchen und die Ergebnisse zu verbessern, führte **HANSMANN** 1975 an den einzelnen Biometriewerten eines Kollektivs von 202 Feten nichtlineare Regressionsanalysen durch [16].

Biparietaler Durchmesser:	$G(g)=0,933938*BPD+0,109007*BPD^2+2,18744$
Thoraxquerdurchmesser:	$G(g)=1,32545*TQ-0,0423595*TQ^2-5,52699$
Anterior-posterior Thoraxdurchmesser:	$G(g)=1,35655*THAP-0,0431366*THAP^2-5,53386$

Der Ansatz von Hansmann war besonders aufschlussreich, da „bislang keine technische Methode beschrieben wurde, die Angaben über die Zuverlässigkeit der Schätzung in Randbereichen - d.h. für Kinder unter 2500g oder über 4000gGeburtsgewicht- zulässt“ (Hansmann 1976, S.151).

Da sich für alle drei Parameter ein mittlerer absoluter Fehler von knapp unter 300g mit einer Standardabweichung von +/-250g ergab, führte er in einer multivariaten Analyse eine

polynomiale Annäherung nach dem Prinzip der kleinsten Quadrate durch und erhielt so seine noch heute gültige Formel.

Bei Überprüfung der Schätzgenauigkeit dieser Formel konnte ein mittlerer Fehler von +/- 7,9% bzw. +/-240g festgestellt werden. In 75% der Schätzungen beträgt die Abweichung vom Geburtsgewicht nicht mehr als +/-10%.

Diese Ergebnisse wurden von Schlensker und Decker (1973) [48] und Schillinger et al. bestätigt (1978) [47]. 1981 überprüfte Eik-Nes diese Formel prospektiv an einem unabhängigen Kollektiv [10] (siehe auch: 2.4.2. S.16).

In einer prospektive Vergleichsstudie wurde bei 196 Feten zwischen der 24. und 42. Schwangerschaftswoche an der Universitätsklinik Mainz 0 bis 6 Tage vor Geburt eine Ultraschallbiometrie durchgeführt [36]. Aus diesen Werten berechnete und verglich **MERZ** Schätzwerte nach den gängigsten Schätzformeln. In einem weiteren Schritt entwickelte er eine eigene Formel an einem eingeschränkten Datenkollektiv von 167 Feten, die zwischen 2000g und 4520g wogen. Mit der besten Korrelation zwischen dem Abdomenumfang und dem Geburtsgewicht ($r=0,860$) und durch den Vergleich linearer, logarithmischer und polynomialer Ansätze kam er zu der in dieser Arbeit verwendeten Formel.

An seinem eigenen Kollektiv geprüft erhielt Merz eine Schätzzuverlässigkeit von 71,4% d.h. in 71,4% der Fälle lag das Schätzwert nicht mehr als 10% vom Geburtsgewicht entfernt. Die mittlere absolute Gewichtsverschätzung lag bei 221g, wobei nicht mehr als 5,7% über 500g verschätzt wurden. An einem unabhängigen Kollektiv überprüft ergab sich eine Schätzzuverlässigkeit von nur 47,7% für eine Abweichung von unter 10% , jedoch waren 79,5% der Schätzwerte weniger als 20% vom Geburtsgewicht entfernt [22]. Die mittlere Gewichtsverschätzung lag bei diesem Kollektiv bei -102g. (siehe auch: 2.4.2. S.17).

Merz definierte folgenden Gültigkeitsbereich für seine Formel: BPD 7,0 bis 10,5cm und AC 21,8 bis 36,5cm.

An einem Kollektiv von 88 Feten zwischen der 24. und 43. SSW, bei denen 0 bis 10 Tage vor Geburt eine Ultraschallbiometrie in der Frauenklinik der TU-München durchgeführt wurde, verglich **Humbert** 1998 zunächst bereits bestehende Schätzformeln [22]. Aus den Daten desselben Kollektivs erstellte Humbert dann durch lineare, logarithmische und potenzierte Berechnungen verschiedene Modelle, wobei auch mütterliche Faktoren wie Gewicht und Größe berücksichtigt wurden. In 65 Fällen war die mütterliche Größe (KGM) vorhanden und

korrelierte ($r=0,280$) mit dem Geburtsgewicht. Hieraus entstand eine neue Formel, die auch den BPD, AC und FI berücksichtigt.

Am eigenen Kollektiv geprüft ergab sich für wachstumsretardierte Feten eine Sensitivität von 62% und eine Spezifität von 98% , für die makrosomen Feten eine Sensitivität von 38% und eine Spezifität von 97%. Der absolute mittlere Schätzfehler lag für das ganze Kollektiv bei $-4,07g \pm 316gSD$. Humbert weist jedoch wiederholt darauf hin, dass die Überprüfung am eigenen Kollektiv und mit kleinen Fallzahlen stattgefunden hat und eine unabhängige Validierung unbedingt erforderlich ist. Dieser Aufforderung soll in vorliegender Studie nachgekommen werden.

3.7. Statistische Datenauswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS durchgeführt.

Die methodische und statistische Betreuung erfolgte durch Frau Busch und Herrn Hennig aus dem Institut für Epidemiologie und Statistik der TU München.

Die Primärdaten waren alle vollständig vorhanden. Es erfolgte vor der statistischen Auswertung keine Bereinigung des Kollektivs.

- **Deskriptive Statistik:** Alle gesammelten Daten wurden deskriptiv erfasst. Minimum, Maximum, Mittelwert, Median und Standardabweichung wurden errechnet. Zusätzlich wurden die Daten noch nach männlichen und weiblichen Neugeborenen, sowie nach Frühgeborenen, wachstumsretardierten und makrosomen Kindern aufgeteilt.
- **Graphische Darstellung:** Bei einigen Daten wurde die absolute oder prozentuale Verteilung im Kollektiv zur besseren Veranschaulichung graphisch dargestellt. So z.B. die Verteilung des mütterlichen Alters, der Gewichtszunahme und der abgeschlossenen Schwangerschaftswoche im Kollektiv. Um die Schätzfehler, aufgeteilt nach Gewichtsklassen, zu veranschaulichen, wurden Fehlerbalkendiagramme erstellt. Auch die Perzentilverteilung der Kinder, aufgeteilt nach Geburtsgewicht, Schwangerschaftswoche und Schätzwert, wurde in Balkendiagrammen dargestellt.
- **Korrelationsanalyse nach Pearson:** Mit Hilfe von Streudiagrammen und bivariater Korrelationsanalyse nach Pearson ließen sich sehr gut die Zusammenhänge einzelner Biometriedaten, mütterlicher und väterlicher Parameter, sowie der errechneten Schätzwerte mit dem Geburtsgewicht darstellen und vergleichen.

Je näher sich der Korrelationsfaktor der Zahl 1 nähert, d.h. je mehr die Korrelationsgerade der 1. Winkelhalbierenden entspricht, desto mehr korrelieren die beiden Parameter.

Bei einer Wahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ gelten die Ergebnisse als statistisch signifikant, für $p < 0,01$ werden die Ergebnisse als statistisch hochsignifikant angesehen.

- **Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktivwert:** Die vier zu vergleichenden Schätzformeln wurden aufgeteilt in Gewichtsgruppen, nach wachstumsretardierten, makrosomen, und normosomen Feten und auf ihre Sensitivität, Spezifität und den positiven bzw. negativen Prädiktivwert hin überprüft.
- **Normalverteilung:** Die Geburtsgewichte, die Schätzwerte sowie die absoluten Abweichungen der Schätzwerte wurden auf Normalverteilung überprüft, als Voraussetzung für ihre Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

3.8. Entwicklung einer neuen Schätzformel

Zuerst wurden mittels Kurvenanpassung die verschiedenen kindlichen, mütterlichen und väterlichen Parameter linear, logarithmisch, potenziert auf ihre Korrelation zum Geburtsgewicht überprüft. Dann wurden durch lineare Regressionsberechnung aus diesen Ansätzen neue Formeln entwickelt.

Folgende Parameter wurden verrechnet: BPD (BPD, BPD^2 , BPD^3 , $\log BPD$, $1/BPD$), KU (KU, KU^2 , KU^3 , $\log KU$, $1/KU$), TQ (TQ, TQ^2 , TQ^3 , $\log TQ$, $1/TQ$), AC (AC, AC^2 , AC^3 , $\log AC$, $1/AC$), Kombinationen $DPD \cdot TQ$, $BPD \cdot AC$, $BPD \cdot FL$, $KU \cdot TQ$, $KU \cdot AC$, $AC \cdot FL$, $TQ \cdot FL$, sowie die Größe der Mutter KGM (KGM, KGM^2 , KGM^3 , $\log KGM$, $1/KGM$) und das Gewicht der Mutter bei der Sonographie GWM (GWM, GWM^2 , GWM^3 , $\log GWM$, $1/GWM$).

Es konnten die Datensätze aller 147 Kinder verwendet werden.

4. Ergebnisse

4.1. Gültigkeitsbereiche der vier Formeln

Bei Erhebung der Daten wurden zunächst keine Einschränkungen bezüglich der Schwangerschaftswoche gemacht. Bei den Berechnungen der Schätzwichte ergaben sich jedoch sowohl bei der Formel von Merz als auch von Humbert für sehr kleine Kinder negative Schätzwichte. Unter der 30. Schwangerschaftswoche lagen die Werte von 6 Kindern (drei Jungen und drei Mädchen). Sie waren zwischen der 24. und 28. abgeschlossenen Schwangerschaftswoche per sectionem entbunden worden. Gründe dafür waren bei zwei Kindern pathologisches CTG, V.a. Amnioninfektionssyndrom, IUGR, Blasensprung und Wehen-durchbruch bei Plazenta prävia. Das kleinste Kind wog 500g, das schwerste 1100g.

Bei der Errechnung der Schätzwichtsformeln, ergab sich folgendes:

Die Formel von **Hadlock** unterschätzte 5 von 6 Kindern mit einem Mittel von $-70\text{g} \pm 71\text{g}$ bzw. $10\% \pm 6\%$. Man sieht, dass diese Formel auch bei kleinen Gewichten durchaus Gültigkeit hat. Hadlock selbst definierte seine Formel zwischen der 20. und 42. SSW.

Die Formel nach **Hansmann** unterschätzte ebenfalls 5 von 6 Kindern mit einem Mittel von $-74\text{g} \pm 148\text{g}$. Die größte prozentuale Verschätzung lag bei 33 %. Der Gültigkeitsbereich dieser Formel wurde nicht besonders definiert.

Mit der Formel nach **Merz** wurden alle Kinder unterschätzt, wobei der größte absolute Schätzfehler -682g betrug, was 136% entspricht. Im Mittel verschätzte die Formel um 57% und bekam in 4 von 6 Fällen ein negatives Schätzwicht. Man sieht, dass die Formel in diesem Bereich keine Gültigkeit besitzt. Merz selbst definierte seine Formel auch nur für einen BPD zwischen 7,0 und 10,5cm und einen zwischen AC 21,8 und 36,5cm. Alle sechs Kinder liegen mit ihren Biometriemaßen unter dieser Grenze.

Mit der Formel nach **Humbert** wurden ähnliche Ergebnisse erzielt. Auch hier wurde für vier Kinder ein negatives Schätzwicht errechnet. Wobei für das 500g Kind ein Schätzwicht von -1616g vorlag, was -323% entspricht. Auch das schwerste Kind von 1100g (27+6 SSW) wurde um 494g unterschätzt. Für diesen Gewichtsbereich ist dies ein nicht tragbares Ergebnis. Aus diesem Grund definieren wir die Schätzformel nach Humbert erst ab der 30. SSW. In dieser Arbeit bleiben die 6 kleinen Kinder unter der 30. SSW unberücksichtigt, um alle Schätzformeln am gleichen Kollektiv von 147 Fällen überprüfen zu können.

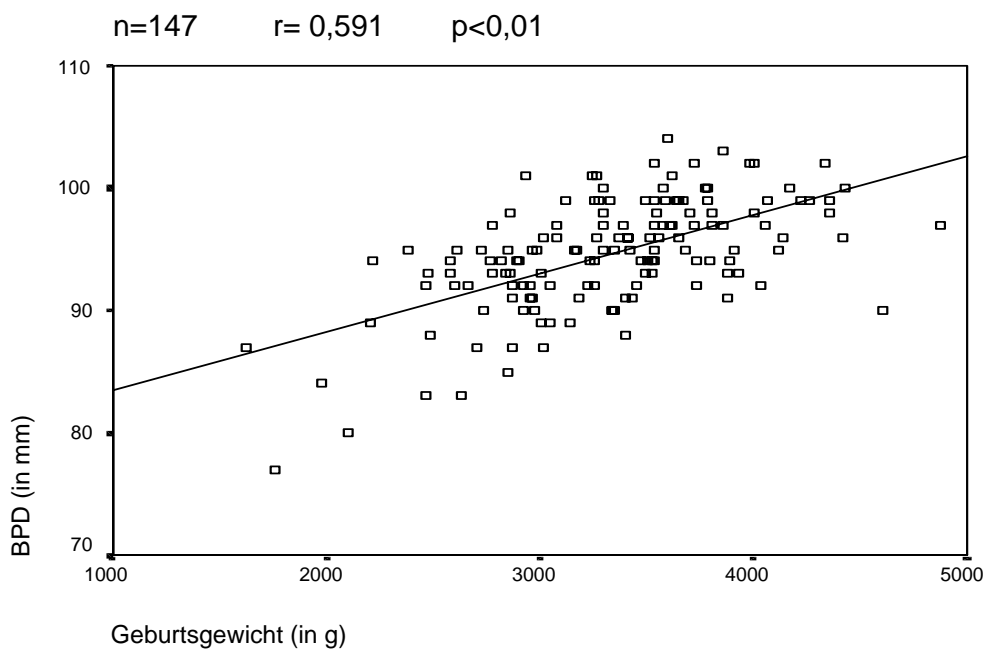
4.2. Korrelationen mit dem Geburtsgewicht

Aufgrund der Tatsache, dass alle Schätzformeln auf der Korrelation einzelner Parameter mit dem Geburtsgewicht aufbauen, soll zuerst geprüft werden, welche Parameter in diesem Kollektiv mit dem Geburtsgewicht korrelieren und wie stark sie dies tun.

4.2.1. Biometriedaten

Abbildung 17 zeigt die Korrelation des gemessenen biparietalen Durchmessers mit dem gewogenen Geburtsgewicht. Es fällt auf, dass alle Werte sehr gleichmäßig um die Korrelationsgerade streuen.

Nach Pearson erhält man einen Korrelationskoeffizienten von $r=0,591$ ($p<0,01$) für das gesamte Kollektiv. Es sieht so aus, als würden die Werte der kleinen Kinder sehr streuen. Berechnet man jedoch die Korrelation ohne die Werte der Frühgeborenen, so verschlechtert sich der Korrelationskoeffizient ($r=0,511$).



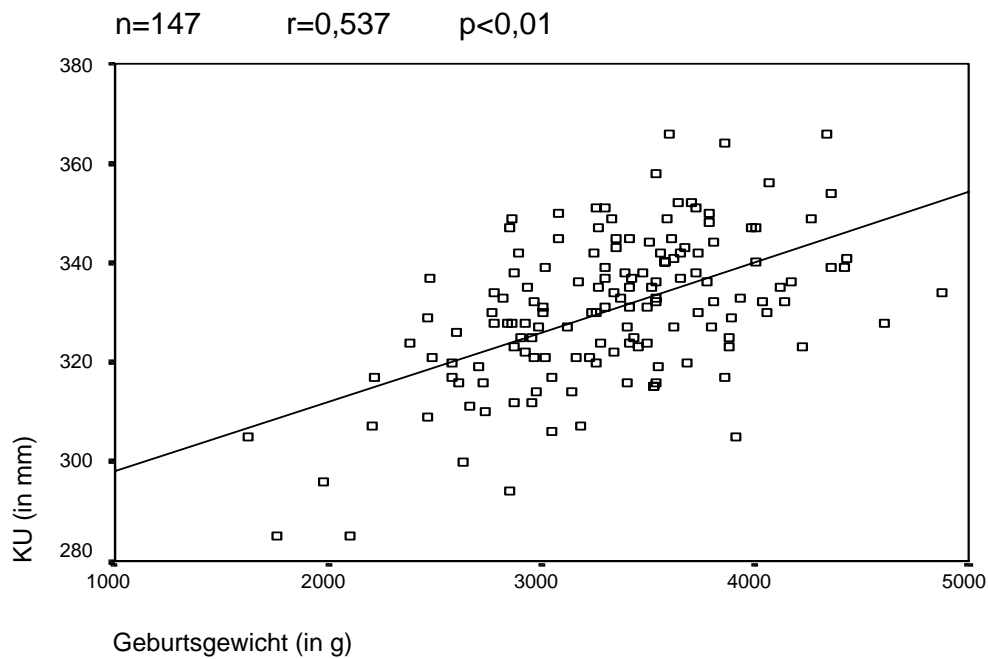


Abb.17: Zusammenhang zwischen dem biparietalen Durchmesser und dem Geburtsgewicht

Abb.18: Zusammenhang zwischen dem Kopfumfang und dem Geburtsgewicht

Für die Korrelation des gemessenen Kopfumfangs ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r=0,537$ ($p<0,01$) (Abb.18). Auch hier verschlechtert er sich, wenn man die Frühgeborenen unberücksichtigt lässt ($r=0,491$).

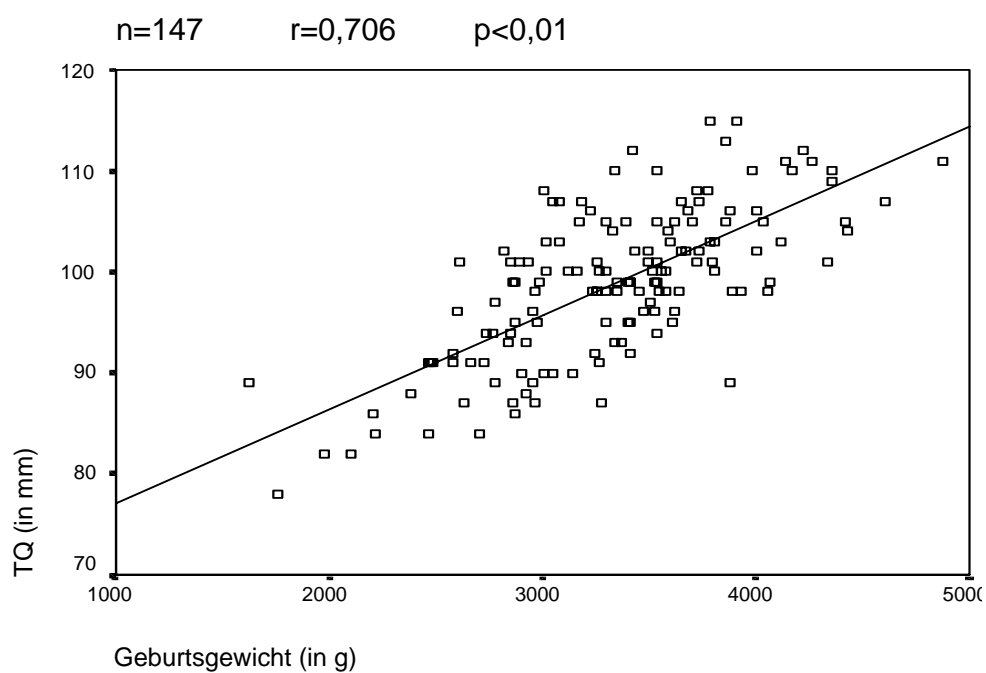


Abb.19: Zusammenhang zwischen dem queren Thoraxdurchmesser und dem Geburtsgewicht

Eine noch bessere Korrelation von 0,706 ($p < 0,01$) zeigt sich beim queren Thoraxdurchmesser (Abb.19). Hier sieht man, dass nun auch die Werte der Frühgeburten weniger streuen. Am stärksten mit dem Geburtsgewicht korreliert der Abdomenumfang (Abb.20). Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,766$ ($p < 0,01$).

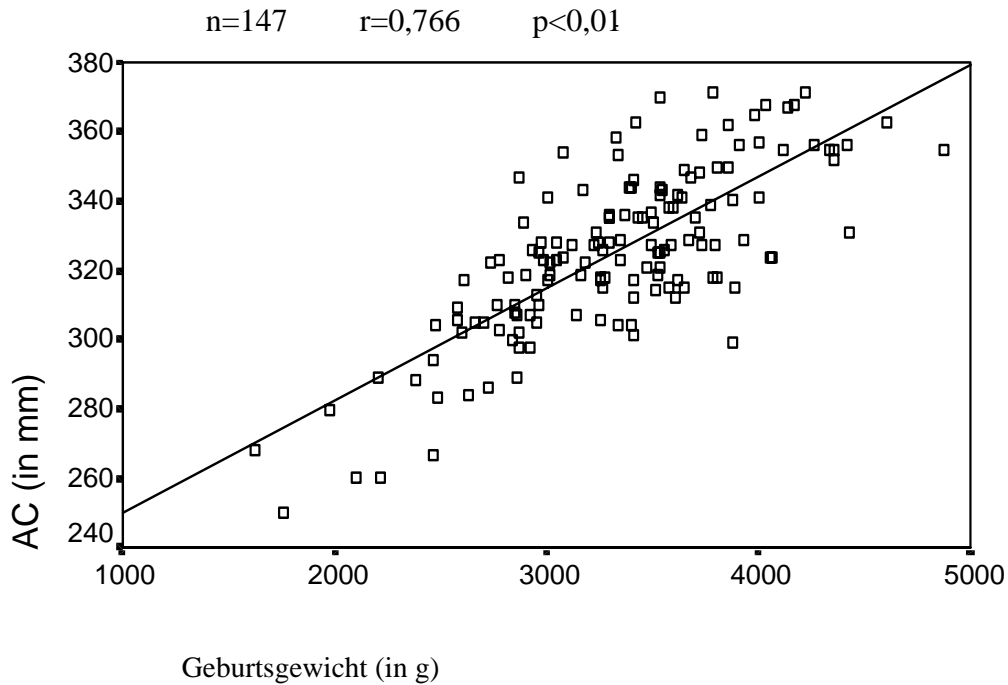


Abb.20: Zusammenhang zwischen dem Abdomenumfang und dem Geburtsgewicht

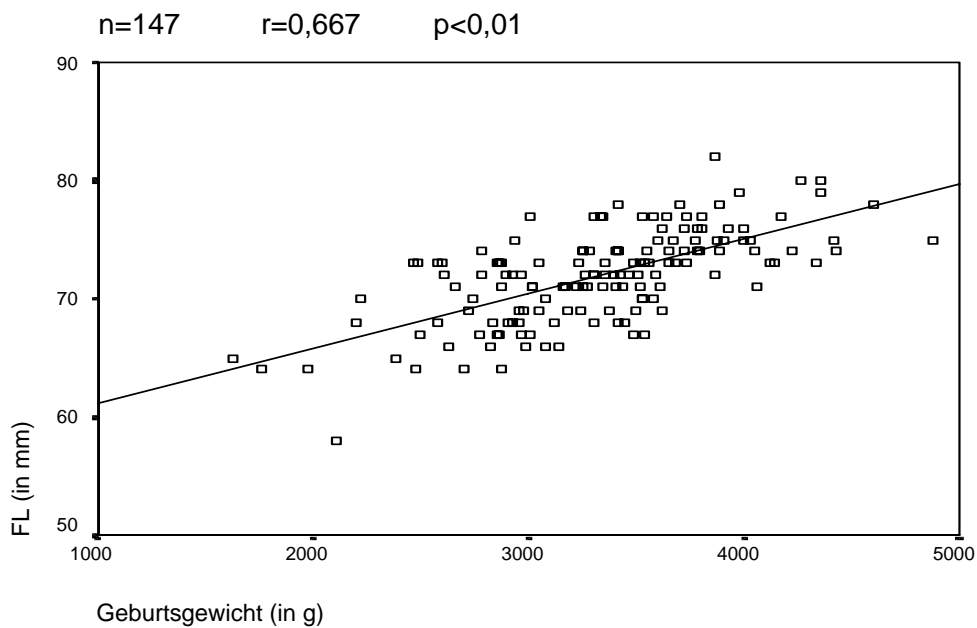


Abb.21: Zusammenhang zwischen der Femurlänge und dem Geburtsgewicht

Einen nicht so guten Korrelationskoeffizienten $r=0,667$ ($p<0,01$) kann man bei der Femurlänge beobachten (Abb.21).

Zusammenfassend kann für die Korrelationen also folgende Reihenfolge aufgestellt werden:

AC > TQ > FL > BPD > KU

Betrachtet man die Korrelationen für wachstumsretardierte und makrosome Kinder, so ergeben sich komplett andere Ergebnisse (Tab.6). Die Reihenfolge der Stärke der Korrelationen bleibt zwar erhalten, bei den wachstumsretardierten Feten ergeben sich jedoch wesentlich bessere und bei den makrosomen Feten schlechtere oder sogar nicht signifikante Korrelationen.

Tabelle 6: Vergleich der Korrelationsfaktoren zwischen Biometriemaßen und Geburtsgewicht aufgeteilt nach Perzentilverteilung der Kinder

	BPD	HC	TQ	AC	FL
Wachstumsretardiert	0,643**	0,643**	0,831**	0,903**	0,654**
Makrosom	0,036	0,225	0,469*	0,517*	0,429
Total	0,591**	0,537**	0,706**	0,766**	0,667**

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

4.2.2. Mütterliche Daten

Von den mütterlichen Daten korrelieren die Größe ($r=0,226$) und das Gewicht nach der Schwangerschaft ($r=0,252$) für $p<0,01$ mit dem Geburtsgewicht des Kindes.

Das Gewicht vor der Schwangerschaft ($r=0,192$), die Gewichtszunahme ($r=0,179$), sowie der BMI vor der Entbindung ($r=0,165$) korrelieren nur für $p<0,05$. Nicht mit dem kindlichen Gewicht korrelieren das Alter der Mutter ($r=0,039$), das Geburtsgewicht der Mutter ($r=0,250$) und der BMI vor der Schwangerschaft ($r=0,122$).

Führt man eine Korrelation der Daten der Mütter wachstumsretardierter und makrosomer Feten mit dem Geburtsgewicht durch, so ergibt sich in keinem Fall ein signifikanter Zusammenhang. Dies liegt wohl an der doch zu geringen Fallzahl.

4.2.3. Väterliche Daten

Es korrelierten weder die Größe ($r=-0,078$), noch das Gewicht ($r=-0,017$), noch das Alter ($r=0,07$) des Vaters signifikant mit dem Gewicht des Kindes.

4.3. Ergebnisse der vier untersuchten Schätzformeln

Vor der genaueren Untersuchung der vier Schätzformeln wurden sowohl die Schätzwerte als auch die absoluten Differenzen zwischen Schätzwert und Geburtsgewicht auf Normalverteilung untersucht. Es ergab sich eine Normalverteilung für alle vier Schätzwerte und Differenzen, womit gezeigt wurde, dass für alle vier Formeln die gleichen Voraussetzungen vorlagen.

4.3.1. Formel von Hadlock

Mit der Schätzwertsformel nach Hadlock werden die Kinder zwischen 1579 und 4162g geschätzt, mit einem Mittel von 3093,8g, einem Median von 3093g und einer Standardabweichung von 502,6g.

Abbildung 22 zeigt die Korrelation der Schätzwerte nach Hadlock für das gesamte Kollektiv. Man erhält einen Korrelationsfaktor nach Pearson von $r=0,809$ für $p<0,01$. Entfernt man die Frühgeburten aus dem Kollektiv, so erhält man $r=0,770$, für Kinder $>2500g$ erhält man $r=0,726$ und $>3000g$ $r=0,593$. Alle Faktoren sind auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

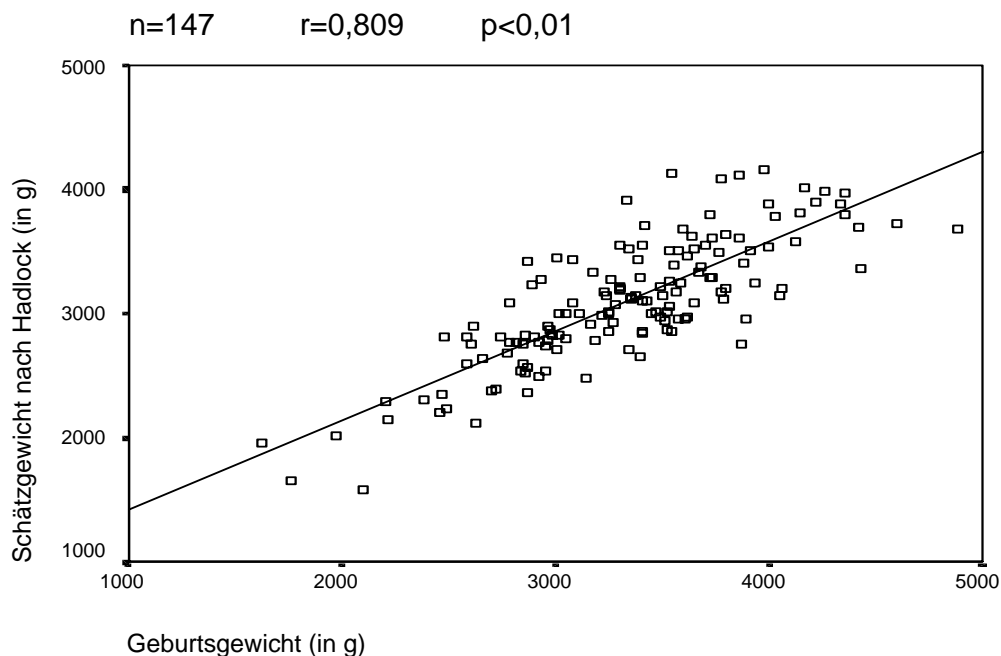


Abb.22: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von **Hadlock** für das gesamte Kollektiv

Als nächstes soll die absolute Gewichtsverschätzung, aufgeteilt nach Gewichtsklassen betrachtet werden. Die Fehlerbalken in Abbildung 23 lassen zum einen erkennen, dass die Formel von Hadlock im Bereich unter 2000g eine relativ große und im Bereich über 4500g die größte Streubreite hat und zum anderen, dass Gewichte unter 2000g leicht überschätzt, im mittleren Bereich gut geschätzt und über 3000g jedoch stark unterschätzt werden. Die konkreten Zahlen hierzu zeigt Tabelle 7.

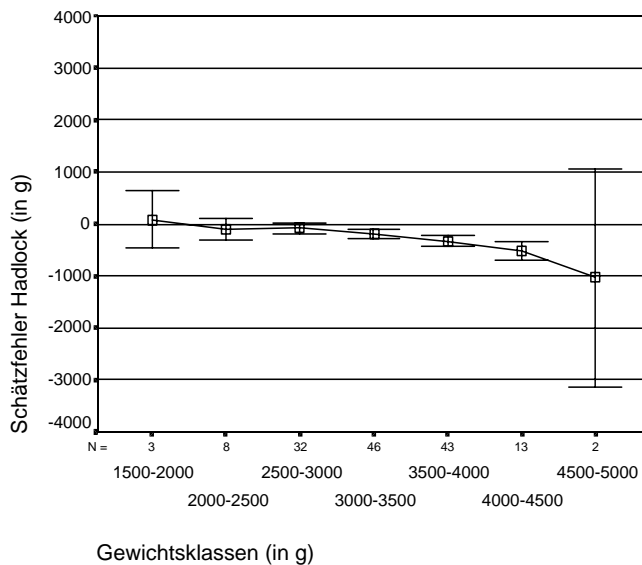


Tabelle 7: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Hadlock, aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)

GKL	n	Hadlock	
		g	%
<2000g	3	+87+/-226	+6+/-14
2000-3000g	40	-88+/-262	-3+/-10
3000-4000g	88	-252+/-325	-7+/-9
2000-4000g	128	-201+/-315	-6+/-10
>4000g	16	-562+/-325	-13+/-7
Total	147	-231+/-336	-6+/-10

Abb.23: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von **Hadlock** in g aufgeteilt nach Gewichtsklassen

Insgesamt werden mit der Formel von Hadlock 28% der Kinder mit einem Schätzfehler unter 5% geschätzt, bei 54% liegt der Schätzfehler unter 10% und in 93% der Fälle liegt der Schätzfehler nicht über 20% .

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die Formel von Hadlock in niedrigen und mittleren Gewichtsbereichen gut, in hohen jedoch unzureichend schätzt.

Abbildung 24 zeigt die Schätzwerte nach der Formel von Hadlock eingeteilt in Gewichtsklassen und Perzentilwerte, die aus den Kurven von Voigt und Schneider ermittelt wurden [60].

Es ist offensichtlich, dass nach der Formel von Hadlock sehr viele Kinder als wachstumsretardiert, sehr wenige jedoch als makrosom eingestuft werden.

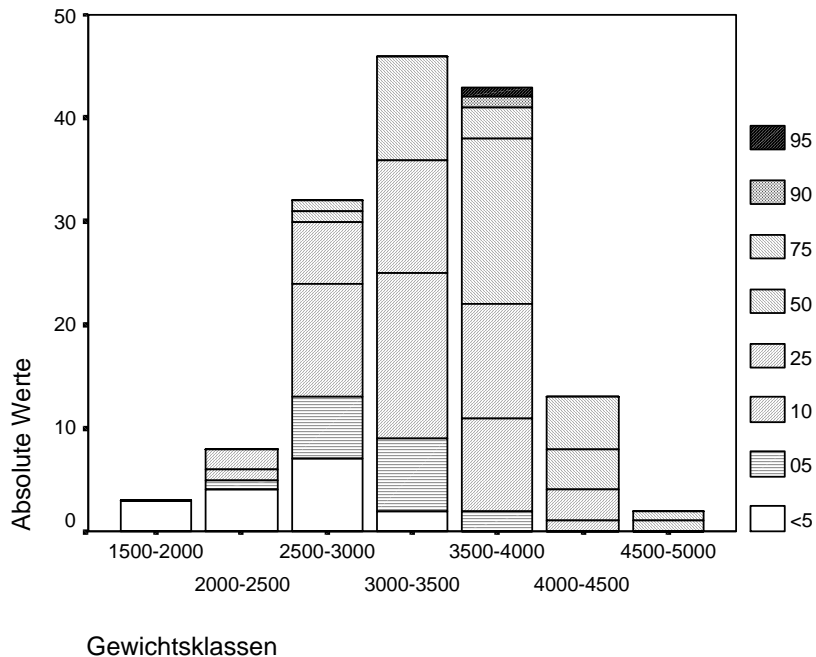


Abb.24: Schätzwerte nach der Formel von **Hadlock** aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen

In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies:

Die Sensitivität für wachstumsretardierte Kinder, d.h. die Wahrscheinlichkeit, mit der wachstumsretardierte Kinder auch als wachstumsretardiert erkannt werden, beträgt 93%. Die Spezifität, d.h. die Wahrscheinlichkeit, mit der alle normosomen Kinder als normosom erkannt werden beträgt 98%: Der positive Prädiktivwert, d.h. die Wahrscheinlichkeit mit der Wachstumsretardierung vorliegt, wenn Wachstumsretardierung ausgesagt wird beträgt 44% und der negativ Prädiktivwert, d.h. die Wahrscheinlichkeit mit der bei Nichterkennen der Wachstumsretardierung ein normosomes Kind vorliegt beträgt 99%.

Für makrosome Kinder erreicht die Formel von Hadlock wesentlich schlechtere Werte. Die Sensitivität beträgt 0% bei 98% Spezifität und 0% positivem bzw. 88% negativem Prädiktivwert.

Für normosome Feten zwischen der 10. und 90. Perzentile erreicht die Formel von Hadlock 82% Sensitivität, 42% Spezifität, 83% für den positiven, 41% für den negativen Prädiktivwert (Tab.11 S.57).

4.3.2. Formel von Hansmann

Die Schätzwerte nach der Formel von Hansmann liegen, mit einem Mittel von 3252g, einem Median von 3264g und einer Standardabweichung von 433g, zwischen 1716 und 4065g.

Betrachtet man die Korrelation der Schätzwerte zu den Geburtsgewichten, so erhält man einen Korrelationsfaktor nach Pearson von $r=0,710$, ohne die Frühgeburten ist es $r=0,650$, für Kinder über 2500g $r=0,599$ und über 3000g ist $r=0,431$ für $p<0,01$ (Abb.25).

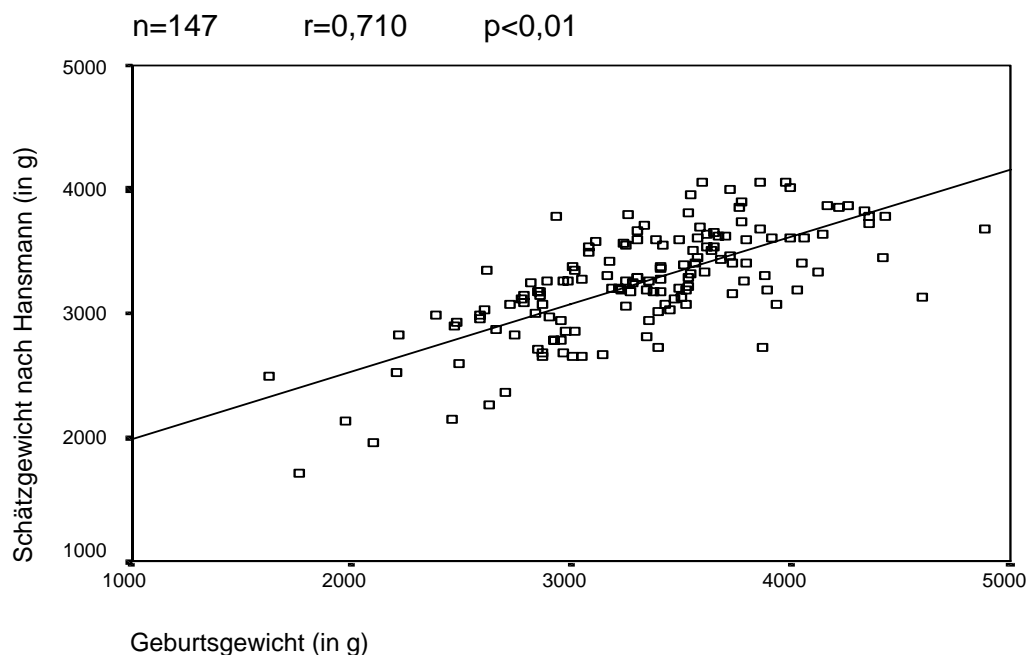


Abb.25: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von **Hansmann** für das gesamte Kollektiv

Die absolute Gewichtsverschätzung aufgeteilt nach Gewichtsklassen (Abb.26) zeigt ähnliche Ergebnisse wie bei der Formel von Hadlock. Auch hier sind die Streubreiten bei kleinen und sehr großen Kinder groß, wobei nach der Formel von Hansmann in den niedrigen Gewichtsklassen noch stärker überschätzt wird als bei der von Hadlock, die den optimalen Bereich zwischen 3000g und 4000g hat und dann stark unterschätzt (Tab.8).

Insgesamt haben nach der Formel von Hansmann jedoch 92% der Kinder einen Schätzfehler innerhalb von 20%, nicht weniger als 54% werden unter 10% verschätzt und 26% der Schätzungen liegen innerhalb von 5% Verschätzung (Tab.8).

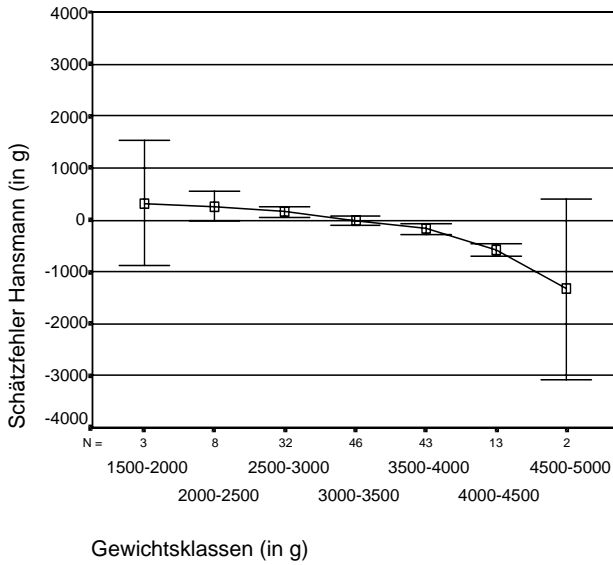


Tabelle 8: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Hansmann, aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)

GKL	n	Hansmann	
		g	%
<2000g	3	+327+/-480	+20+/-30
2000-3000g	40	+178+/-308	+8+/-12
3000-4000g	88	-89+/-324	-2+/-9
2000-4000g	128	-6+/-342	+0,5+/-11
>4000g	16	-642+/-358	-15+/-8
Total	147	-68+/-401	-1+/-12

Abb.26: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von **Hansmann** in g aufgeteilt nach Gewichtsklassen

Die Formel von Hansmann erkennt wachstumsretardierte Fetten mit einer Sensitivität von 47%, einer Spezifität von 95% und besitzt einen positiven bzw. negativen Prädiktivwert von 47% bzw. 95% (Abb.27).

Für makrosome Fetten belaufen sich die Zahlen auf 5% Sensitivität, 95% Spezifität und 14% positiven bzw. 88% negativen Prädiktivwert (Tab.11 S.57).

Die normosomen Fetten werden gut mit 88% , bzw.24% bzw.80% bzw.36% erkannt.

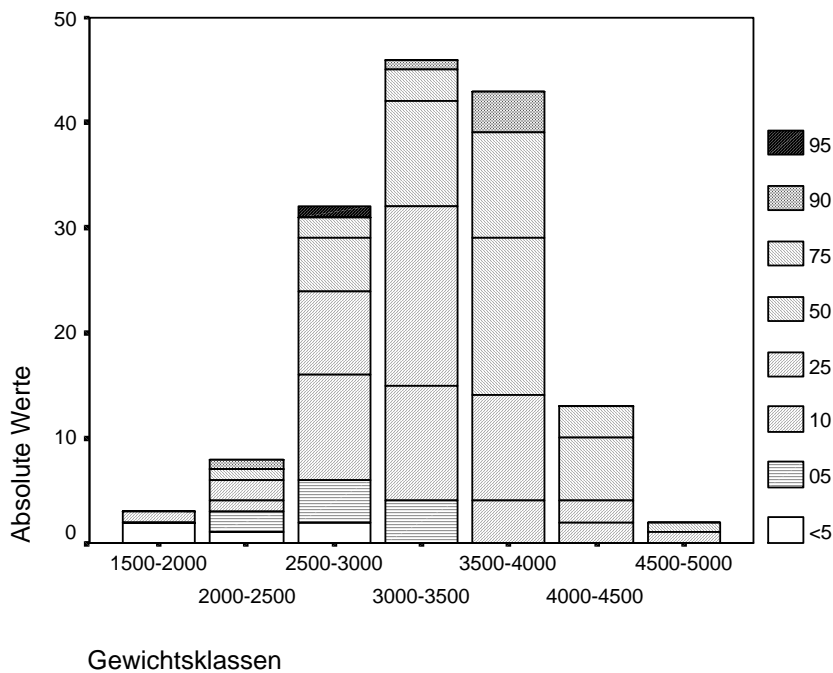


Abb.27: Schätzgewichte nach der Formel von **Hansmann** aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen

4.3.3. Formel von Merz

Nach der Formel von Merz werden die Kinder zwischen 1679g und 4266 g geschätzt. Es resultiert ein Mittel von 3334g, ein Median von 3346g und die Standardabweichung betrug 464g.

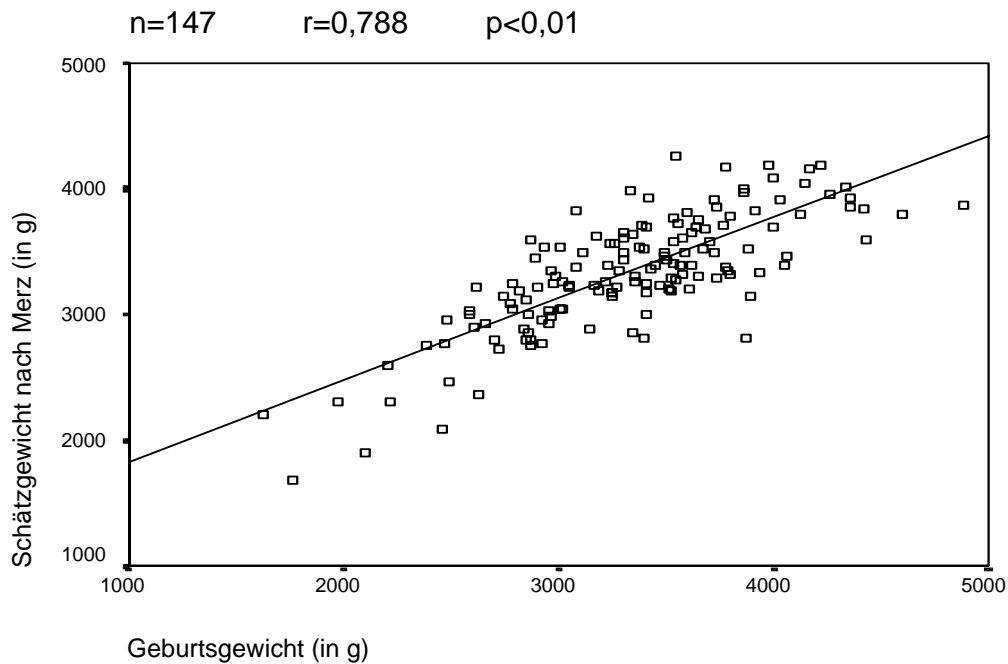


Abb.28: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von **Merz** für das gesamte Kollektiv.

Es zeigt sich eine sehr gute Korrelation von $r=0,788$ der Schätzwerte mit den Geburtsgewichten (Abb.28). Eingeschränkt auf das Kollektiv ohne Frühgeburten ergibt sich $r=0,743$. Für über 2500g ist $r=0,686$ und über 3000g ist $r=0,528$. Alle Korrelationen sind auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Bei den absoluten Schätzfehlern kann man das gleiche beobachten wie bei der Formel von Hansmann, jedoch sind die Streuungen im niedrigen und hohen Gewichtsbereich etwas geringer (Abb.29). Auch die Formel von Merz überschätzt im Bereich unter 3000g und unterschätzt über 4000g (Tab.9).

Insgesamt verschätzte sich die Formel von Merz in 92% um nicht mehr als 20%, in 62% waren es unter 10% und in 37% unter 5%.

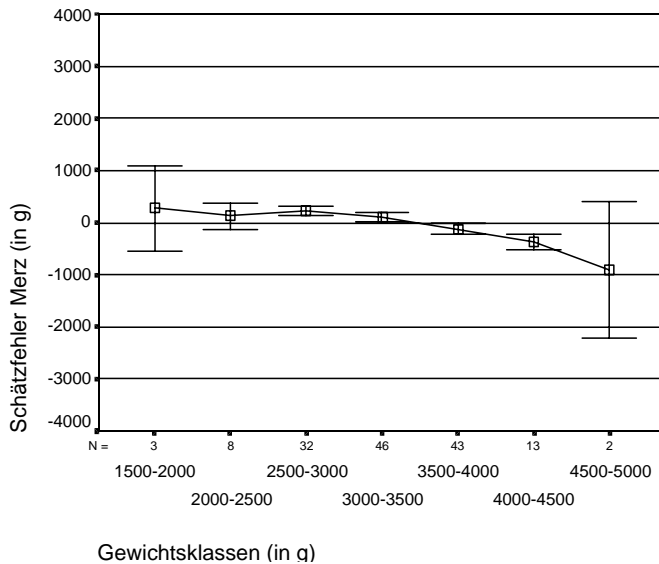


Tabelle 9: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Merz, aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)

GKL	n	Merz	
		g	%
<2000g	3	+277+/-329	+16+/-20
2000-3000g	40	+203+/-258	-7+/-10
3000-4000g	88	-12+/-318	-0,4+/-9
2000-4000g	128	+55+/-316	+2+/-10
>4000g	16	-411+/-324	-9+/-7
Total	147	+9+/-349	+1+/-11

Abb.29: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von Merz in g aufgeteilt nach Gewichtsklassen

Die wachstumsretardierten Kinder werden ebenso wie bei der Formel von Hansmann mit einer Sensitivität von 47% erfasst, jedoch mit einer Spezifität von 98%, einem positiv prädiktiven Wert von 70% und einem negativen von 89% (Abb.30).

Makrosomie wird gut mit einer Sensitivität von 16%, bzw. Spezifität von 97% bzw. positiv prädiktiven Wert von 43% bzw. negativen von 94% erkannt.

Normosome Kinder erfasst die Formel von Merz am besten mit einer Sensitivität von 94%, einer Spezifität von 30% und einem positiven bzw. negativen Prädiktivwert von 83% bzw. 59% (Tab.11 S.57).

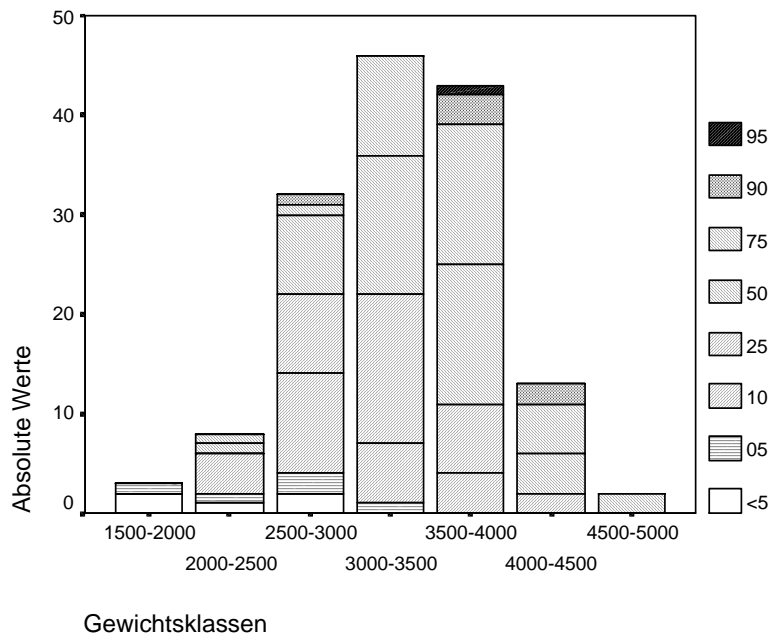


Abb.30: Schätzgewichte nach der Formel von Merz aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen

Aus dem Vergleich der Abbildungen 24, 27 und 30 geht hervor, dass mit der Formel von Merz wesentlich mehr makrosome Kinder erkannt werde, als mit der von Hadlock oder Hansmann.

4.3.4. Formel von Humbert

Nach der Formel von Humbert werden die Kinder zwischen 1617g und 4375g geschätzt. Es ergibt sich ein mittleres Schätzwert von 3409g, ein Median von 3440g und eine Standardabweichung von 478g.

Mit der Formel von Humbert wird die beste Korrelation zwischen Schätzwert und Geburtsgewicht von $r=0,821$ gefunden, ohne die Frühgeburten ergibt sich $r=0,792$, über 2500g ist $r=0,747$ und über 3000g ist $r=0,638$ (Abb.31). Immer (2-seitig) signifikant auf dem Niveau von 0,01.

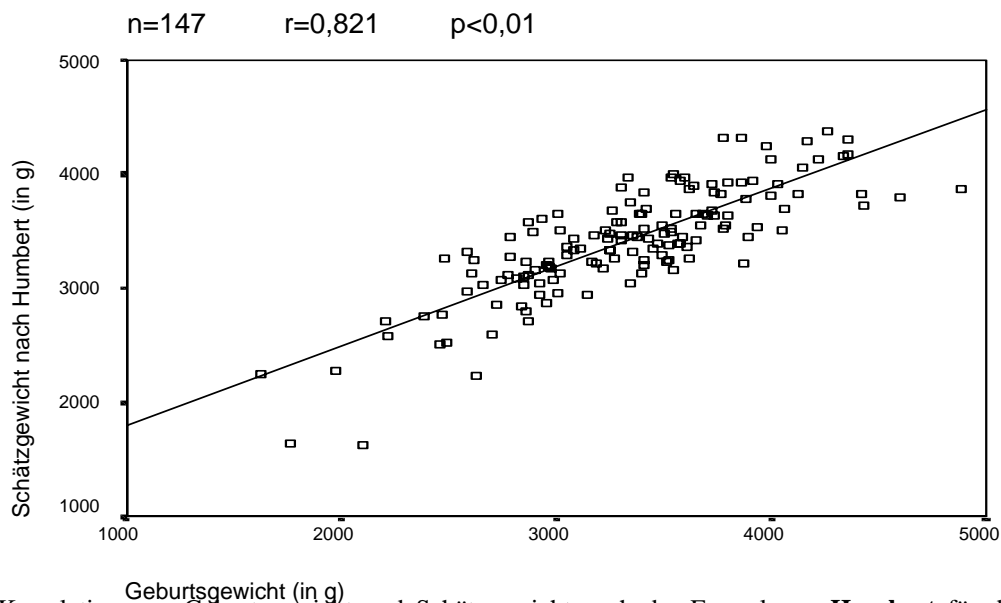


Abb.31: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von **Humbert** für das gesamte Kollektiv.

Bei den Schätzfehlern ist wiederum das gleiche zu beobachten wie bei den anderen Schätzformeln (Abb.32).

Es ergibt sich eine relativ große Streuung in den kleinen und großen Gewichtsbereichen, eine Überschätzung der kleinen und auch mittelgroßen Kinder und Unterschätzung der Kinder über 4000g (Tab.10). Die Überschätzungen fallen jedoch wesentlich geringer aus als mit den anderen Formeln.

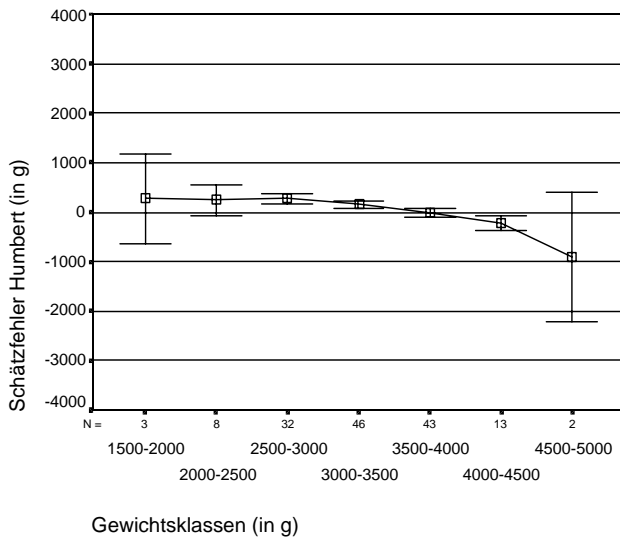


Tabelle 10: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von **Humbert**, aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)

GKL	n	Humbert	
		g	%
<2000g	3	+270+/-370	+15+/-23
2000-3000g	40	+263+/-295	+10+/-12
3000-4000g	88	+64+/-266	+2+/-8
2000-4000g	128	+126+/-289	+5+/-10
>4000g	16	-290+/-347	-7+/-8
Total	147	+84+/-324	+4+/-10

Abb.32: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von **Humbert** (in g) aufgeteilt nach Gewichtsklassen

Mit der Formel von Humbert kann in insgesamt 37% der Fälle eine Verschätzung um nicht mehr als 5% erreicht werden, in 68% liegt die Verschätzungen unter 10% und in 91% unter 20%.

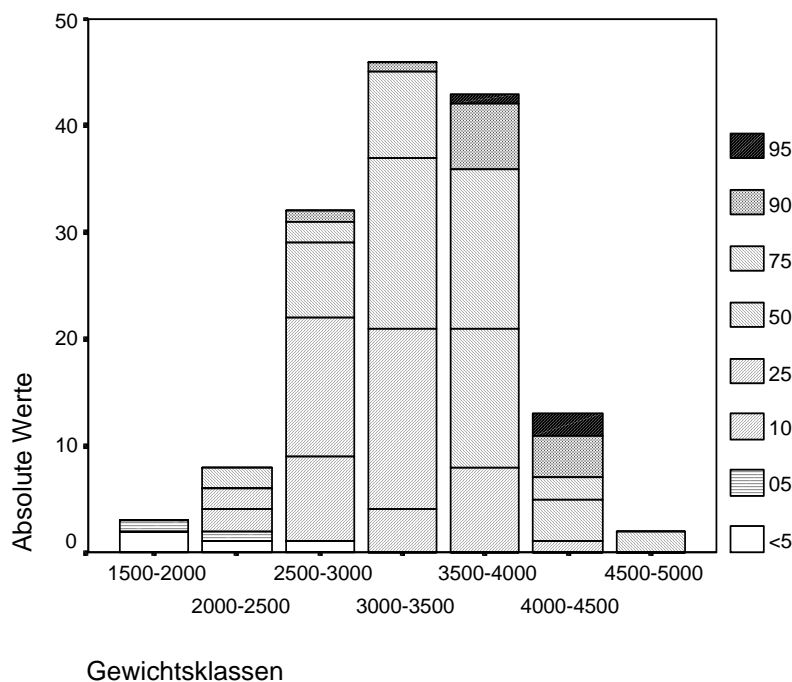


Abb.33: Schätzwerte nach der Formel von Humbert aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen

Die wachstumsretardierten Kinder werden nach der Formel von Humbert recht schlecht mit einer Sensitivität von 27%, einer Spezifität von 98%, einem positiven Prädiktivwert von 67% und einem negativen von 92% erkannt (Abb.33).

Bei den makrosomen Kindern ist die Formel von Humbert den anderen Formeln eindeutig überlegen, wenn auch mit einer recht schlechten Sensitivität von 44%. Die Spezifität beträgt hier 95%, der positive Prädiktivwert 53%, der negative 92% .

Auch normosome Kinder wurden gut mit 92% , 36%, 83% und 57% erkannt (Tab.11).

Tabelle 11: Überblick über die Sensitivität, Spezifität, den positiven und negativen Prädiktivwert aller Formeln für wachstumsretardierte, normosome und makrosome Kinder

Formel	Sensitivität %	Spezifität %	Pos. Prädiktivwert %	Neg. Prädiktivwert %
Wachstumsretardierte Kinder n=15				
Hadlock	93	86	44	99
Hansmann	47	95	47	95
Merz	47	98	70	94
Humbert	27	98	67	92
Normosome Kinder n=114				
Hadlock	82	42	83	41
Hansmann	88	24	80	36
Merz	94	30	83	59
Humbert	92	36	83	57
Makrosome Kinder n=18				
Hadlock	0	98	0	88
Hansmann	5	95	14	88
Merz	16	97	43	89
Humbert	44	95	53	92

Zusätzlich wurden noch die Sensitivität, Spezifität, der positive und negative Prädiktivwert aller vier Formeln für die Gewichte unter 2000g, zwischen 2000-4000g und über 4000g errechnet (Tab.12). Diese Einteilung soll die Güte der Formeln in der Erkennung der verschiedenen Gewichtsklassen zeigen, nicht jedoch die Einteilung der Kinder in makrosome und wachstumsretardierte Kinder durch Perzentile ersetzen. Für die Kinder unter 2000g hat die Formel nach Hadlock die größte Sensitivität mit 67% und den größten positiven Prädiktivwert mit 66%. Im mittleren Gewichtsbereich haben die Formeln von Merz und Humbert mit 97% sehr gute Sensitivitäten, wobei die Formel von Humbert mit 93% einen etwas besseren positiven Prädiktivwert aufweist. Für die Kinder über 4000g hat die Formel von Humbert mit 50% Sensitivität und 73% positiven Prädiktivwert die besten Ergebnisse.

Tabelle 12: Überblick über die Sensitivität, Spezifität, den positiven und negativen Prädiktivwert aller Formeln für Kinder unter 2000g, zwischen 2000-4000g und über 4000g

Formel	Sensitivität %	Spezifität %	Pos. Prädiktivwert %	Neg. Prädiktivwert %
Kinder <2000g n=3				
Hadlock	67	99	66	99
Hansmann	33	99	50	99
Merz	33	99	50	99
Humbert	33	99	50	99
Kinder 2000-4000g n=128				
Hadlock	96	16	88	38
Hansmann	96	11	88	29
Merz	97	32	91	60
Humbert	97	47	93	69
Kinder >4000g n=16				
Hadlock	6	94	20	89
Hansmann	6	94	17	89
Merz	31	69	62	92
Humbert	50	50	73	94

Einen zusammenfassenden Überblick der mittleren Verschätzung jeder Formel soll Abbildung 34 geben (Daten aus Tabelle 7 (S.49), Tabelle 8 (S.52), Tabelle 9 (S.54), Tabelle 10 (S.56)).

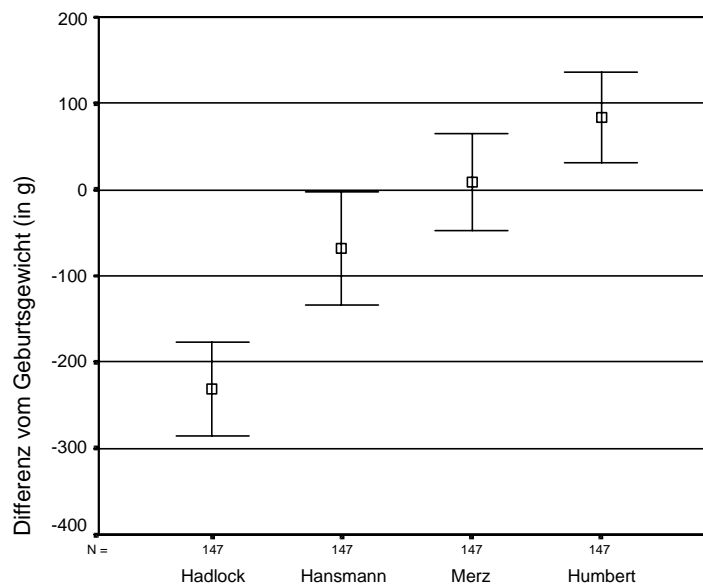


Abb.34: Absolute Verschätzungen (in g) der vier Formeln im Vergleich

4.4. Ergebnisse der neuen Schätzformeln

In der Absicht, die erhaltenen Ergebnisse in einer eigenen Formel auszudrücken und bereits bestehende Formeln eventuell zu verbessern, wurden durch lineare Regressionsberechnung einige neue Formeln erstellt (Tabb.13). Folgende Parameter der 147 Kinder wurden verwendet:

Kopfdurchmesser BPD, Kopfumfang KU

Thoraxquerdurchmesser TQ, Abdomenumfang AC

Größe der Mutter KGM und Gewicht der Mutter bei der Sonographie GWM

Tabelle 13: Übersicht über die neu entwickelten Schätzgewichtsformeln

	Parameter (in mm)	Formel Gewicht (g)=
Formel 1	KU, AC, FL	$-33540,9 + 5,374 * KU + 9119,342 * \log AC + 6568,388 * \log FL$
Formel 2	BPD, AC, FL	$-77728,883 + 21,120 * BPD + 2475,770 * \log AC + 0,121 * AC * FL$
Formel 3	BPD, AC, FL, KGM	$-11935,3 + 18,995 * BPD + 4017,542 * \log AC + 268,757 * \log FL + 0,09989 * AC * FL + 0,00145 * KGM^3$
Formel 4	KU, AC, FL, GWM	$-19272,8 + 5,627 * KU + 5680,874 * \log AC + 2839,169 * \log FL + 0,0633 * AC * FL - 20876,5 * (1/GWM)$
Formel 5	AC, FL, KGM, GWM	$-28025,2 + 11269,621 * \log AC + 43,474 * FL - 0,0188 * AC * FL + 0,0010993 * KGM^3 - 11084,0021 * (1/GWM)$

Die Schätzgewichte der einzelnen Formeln lagen alle um ein Mittel von 3320g +/-465g.

Die der Korrelation der Schätzgewichte mit dem Geburtsgewicht wurden folgende Faktoren nach Pearson gefunden.

r=0,796 für Formel 1, r=0,817 für Formel 2,

r=0,823 für Formel 3, r=0,799 für Formel 4,

r=0,817 für Formel 5 , jeweils (2-seitig) signifikant auf dem Niveau von 0,01.

Man sieht, dass die Einbeziehung der mütterlichen Größe auch hier zu einer besseren Korrelation führt.

Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die Schätzfehler der neuen Schätzformeln. Es fällt auf, dass auch hier kleine Kinder überschätzt und große unterschätzt werden.

Betrachtet man die prozentualen Verschätzungen der einzelnen Formeln, so wurden mit Formel 1 67% der Kinder unter 10% verschätzt, mit Formel 2, 4 und 5 68% und mit Formel 3 70% .

Tabelle 14: Absolute Schätzfehler (in g) und Standardabweichung der Schätzwerte nach den neuen Formeln, aufgeteilt nach Gewichtsklassen

	Gewicht <2000g	2000g-4000g	>4000g	Total
	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)
Formel 1	+257,67 +/-278	+33,95 +/-315	-424,63 +/-285,34	-4,26 +/-333,5
Formel 2	+307,67 +/-286	+40,59 +/-292	-408,81 +/-304,86	-2,88 +/-326,5
Formel 3	+280,67 +/-308	+40,93 +/-287	-374,62 +/-332,62	+0,59 +/-321,0
Formel 4	+306,33 +/-273	+33,37 +/-315	-391,75 +/-298,72	-7,33 +/-341,59
Formel 5	+309,0 +/-277	+40,06 +/-293	-384,94 +/-323,18	-0,71 +/-326,4

Als nächstes wurde die Sensitivität, Spezifität, der positive und negative Prädiktivwert der neuen Formeln gegenüber wachstumsretardierten und makrosomen Kinder betrachtet.

Die Formeln haben für wachstumsretardierte Kinder etwa gleich gute Sensitivität und Spezifität (Tab.15). Durch die Berücksichtigung des mütterlichen Gewichts in Formel 4 konnte sogar eine Verbesserung der Sensitivität erlangt werden. Die Berücksichtigung der mütterlichen Größe in Formel 3 führte zum besten positiven Prädiktivwert von 75%.

Tabelle 15: Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktivwert der neuen Formeln für wachstumsretardierte Kinder

	Sensitivität	Spezifität	Pos. Prädiktivwert	Neg. Prädiktivwert
Formel 1	47	98	64	95
Formel 2	47	98	70	94
Formel 3	40	98	75	94
Formel 4	53	98	73	90
Formel 5	47	98	70	94

Für makrosome Kinder zeigen Formeln, die mütterliche Größen berücksichtigen (Formeln 3, 4, 5) eine deutlich höhere Sensitivität (Tab.16). Durch die Berücksichtigung des mütterlichen Gewichts (Formel 4) wird mit 57% ein besserer positiver Prädiktivwert erreicht, als durch die

mütterliche Größe (50%). Werden beide Parameter berücksichtigt, so ist der positive Prädiktwert mit 67% am besten.

Tabelle 16: Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktwert der neuen Formeln für makrosome Kinder

	Sensitivität	Spezifität	Pos. Prädiktwert	Neg. Prädiktwert
Formel 1	11	98	50	89
Formel 2	11	97	33	89
Formel 3	22	97	50	90
Formel 4	22	98	57	88
Formel 5	22	98	67	90

Insgesamt sind die Sensitivitäten der neu entwickelten Formeln für makrosome Kinder recht schlecht, weitere Optimierungsversuche am vorliegenden Kollektiv führten jedoch nicht zu besseren Ergebnissen. Die Qualität der neuen Formeln relativiert sich im Vergleich mit den herkömmlichen Formeln, die bis auf die Formel nach Humbert noch schlechtere Ergebnisse liefern (siehe Tabelle 11 S.57).

Im normosomen Bereich zeigen die fünf Formeln für die Sensitivität und den positiven Prädiktwert sehr gute Werte (Tab.17).

Tabelle 17: Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktwert der neuen Formeln für normosome Kinder

	Sensitivität	Spezifität	Pos. Prädiktwert	Neg. Prädiktwert
Formel 1	95	27	81	60
Formel 2	94	27	83	56
Formel 3	95	30	82	63
Formel 4	95	36	84	67
Formel 5	96	33	83	69

5. Diskussion

5.1. Kindliche Daten

Es ist zu beachten, dass in dieser Arbeit ein beschränktes Kollektiv von 147 Patientinnen untersucht wurde, in dem keine Kinder unter der 30. SSW vorkommen. Unter dieser Grenze konnten keine sinnvollen Schätzwerte nach Humbert und Merz errechnet werden. Da es hauptsächlich um die Evaluierung der Formel nach Humbert geht, soll der Vergleich aller Formeln an einem einheitlichen Kollektiv stattfinden. Für manche Zusammenhänge, vor allem beim Vergleich mit anderen Studien kann es jedoch vorteilhaft sein, das gesamte Kollektiv von 153 Patientinnen zu betrachten. Es wird dann gesondert darauf hin gewiesen.

Die Geburtsgewichte der 147 Kinder sind, wie es auch Voigt 1992 schon für die BRD zeigen konnte [60], normalverteilt. Voigt hatte damals eine leichte Linksschiefe der Verteilungskurve festgestellt und sie auf die linksschiefe Verteilung der Tragzeit zurück geführt. Da in diesem Kollektiv Kinder unter der 30. Schwangerschaftswoche ausgeschlossen wurden, ist diese Linksschiefe nicht zu erkennen. Der Ausschluss der niederen Schwangerschaftswochen erklärt auch, warum in diesem Kollektiv 92,5% der Kinder zwischen der 37. und 41. Schwangerschaftswoche geboren wurden, während nach der Jahresauswertung der Bayrischen Perinatalerhebung 2000 für Universitätskliniken nur 84,4% der Neugeborenen zwischen der 37. und 41. Schwangerschaftswoche auf die Welt kamen.

Eingetragen in die Perzentilkurven nach Voigt und Schneider wurden 9,5% der Kinder über der 37. SSW als wachstumsretardiert und 12% als makrosom eingestuft. Dies entspricht gut den Zahlen der Jahresstatistik 2000 für alle bayrischen Neugeborenen (9,6% vs. 10,4%), jedoch weniger gut der Statistik für die Universitätskliniken (10,9% vs. 9,2%). Diese Tatsache könnte an den geringen Fallzahlen liegen, eine eindeutige Erklärung konnte jedoch nicht gefunden werden.

77 Jungen und 70 Mädchen wurden statistisch erfasst, d.h. 52,4% der Neugeborenen waren männlich (vs. 51,0% in der Jahresstatistik von 2000) und 47,6% waren weiblich (vs. 48,8%). Die Sectorate in diesem Kollektiv ist mit 46% wesentlich höher als die 24,9% in der Jahresstatistik für Universitätskliniken von 2000. Eine Erklärung ist sicherlich, dass diese

Patientinnen vor dem Kaiserschnitt eine weitere Ultraschallbiometrie bekamen und so vermehrt in die Studie aufgenommen wurden. Der Prozentsatz an vaginal-operativen Entbindungen entspricht mit 7% wiederum sehr gut der allgemeinen Statistik (9,4%).

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit diesem Kollektiv eine durchaus repräsentative Stichprobe erhoben wurde und die nun folgenden Ergebnisse somit auch auf ein größeres Kollektiv übertragbar sein sollten.

5.2. Einflüsse auf das Geburtsgewicht

Abhängig von der Schwangerschaftswoche spiegelt das Geburtsgewicht indirekt das fetale Wachstum wider, welches durch den Einfluss sowohl genetischer als auch umweltbedingter Faktoren bestimmt wird. Es ist oftmals nicht möglich einen einfachen Ursache-Wirkungs-Bezug zwischen den Einflussgrößen und dem Geburtsgewicht zu erkennen, da sich Faktoren untereinander beeinflussen und miteinander verändern [59]. Es soll jedoch trotzdem versucht werden die einzelnen, schon in Kapitel 2.2.3 erwähnten Faktoren für dieses Kollektiv zu beschreiben.

Ethnische Zugehörigkeit

Nachdem die Abhängigkeit des kindlichen Gewichts von der ethnischen Zugehörigkeit sowohl von Gardosi [12;13] als auch Overpeck [39] gezeigt werden konnte, wurden in diesem Kollektiv nur kaukasische Frauen eingeschlossen. Nicht zuletzt um auch die Perzentilkurven von Voigt-Schneider [60] benutzen zu können, welche an einem Kollektiv von 563480 ost- und westdeutschen Frauen erstellt wurden. Um jedoch die Formeln an einem repräsentativeren Querschnitt der Entbindenden zu überprüfen wurden nicht nur Deutsche, sondern auch Patientinnen aus anderen europäischen Ländern eingeschlossen. In der Jahresstatistik 2000 kamen 74% der Mütter aus Deutschland. In diesem Kollektiv waren 76% aus dem deutschsprachigen Raum.

Mütterliche Faktoren

Alter und Parität

Zu der Korrelation des Alters und der Parität der Mutter mit dem Geburtsgewicht des Kindes gibt es recht unterschiedliche Ergebnisse. Falk et al. fanden ein mit Alter und Parität steigendes Geburtsgewicht [11]. Voigt stellte bei Untersuchungen an einem Kollektiv von

51570 Müttern ein fallendes Geburtsgewicht für steigendes Alter fest [59]. Insgesamt fand er jedoch, dass das Alter eine untergeordnete Rolle als Einflussfaktor spielt, da zunehmende Parität und Gewichtszunahme der Mutter mit dem Alter (400g pro Jahr) [58] diesen Einfluss ausgleichen. Bei dem in dieser Arbeit untersuchten Kollektiv konnte keine signifikante Korrelation zwischen dem Alter der Mutter und dem Geburtsgewicht gefunden werden.

Erwähnenswert ist aber, dass das Alter der Mutter als Risikofaktor eine große Rolle spielt. So sind die Mütter der Frühgeburten dieses Kollektivs im Mittel 3 Jahre älter als die Mütter des Gesamtkollektivs.

In einer Arbeit von 1988 [57] stellt Voigt eine Gewichtszunahme von 100g zwischen 1. und 2. Para und bei jeder weiteren Para eine Abnahme um 30g fest. Dies kann durch unsere Daten nur bedingt bestätigt werden. Im Mittel kam es zwar zu einer Gewichtszunahme von 61g von der 1. zur 2. Schwangerschaft, zu beachten ist jedoch, dass die Gewichte von nur 50% der Kinder um mittlere 401g zu-, von 50% der Kinder jedoch um mittlere 340g abnahmen. Bei jeder weiteren Schwangerschaft kam es jeweils in 50% der Fälle zu einer Zu- und Abnahme.

Größe

Schon 1964 beschrieb Willocks [66] eine positive Korrelation zwischen dem biparietalen Durchmesser und der Größe der Mutter.

Auch Winikoff fand eine signifikante Korrelation der mütterlichen Größe mit dem Geburtsgewicht [67], und Voigt konnte sogar eine korrelativ-lineare Beziehung zeigen [59]. Ein Zuwachs der mütterlichen Größe um 1 cm korreliert mit einer Gewichtszunahme des Kindes um 17g.

Auch in unserem Kollektiv wurde eine signifikante Korrelation ($r=0,226$ $p<0,01$) gefunden. Betrachtet man die mütterliche Größe bei den Frühgeburten, wachstumsretardierten und makrosomen Kindern, so fällt auf, dass im ersten Fall die mittlere Größe 3cm unter dem Durchschnitt liegt, im zweiten Fall nur geringfügig darunter und bei den makrosomen Kindern 4cm darüber liegt. Somit scheinen sich die Ergebnisse von Humbert zu bestätigen, dass große Frauen eher große Kinder bekommen, aber kleine Mütter nicht unbedingt wachstumsretardierte Kinder gebären [22].

Gewicht

Die stärkste Korrelation mit dem Geburtsgewicht fand Gardosi für das mütterliche Ausgangsgewicht [12]. Auch Falk stellte eine hochsignifikante Korrelation, vorallem für

makrosome Kinder fest [11]. Wir konnten lediglich eine Korrelation von $r=0,192$ auf dem Niveau $p<0,05$ für unser Kollektiv feststellen.

Für die Gewichtszunahme ergab sich eine signifikante Korrelation von $r= 0,179$ für $p<0,05$. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit früheren Untersuchungen von Thorsdottir [55].

Zwar konnte wegen der geringen Fallzahl keine Korrelation zwischen mütterlichem Gewicht und Gewichtszunahme mit dem Geburtsgewicht makrosomer Kinder gezeigt werden, aber den von Falk [11] beschriebenen Zusammenhang zwischen mütterlicher Adipositas und Makrosomie kann man erkennen, wenn man die mittleren Werte vergleicht (Tabelle 3, S.34). Verglichen mit dem Gesamtkollektiv sind Mütter makrosomer Kinder im Mittel 5kg schwerer und nehmen auch durchschnittlich 2kg mehr zu. Entsprechend findet man bei wachstumsretardierten Kindern durchschnittlich um 7kg leichtere Mütter.

Mütterliches Geburtsgewicht

Wegen der kleinen und auch unsicheren Zahlen konnte in diesem Kollektiv keine Korrelation zwischen dem mütterlichen Geburtsgewicht und dem Kindsgewicht gefunden werden. Tavares stellte in einer sehr ausführlichen Studie zu diesem Thema sehr wohl eine Korrelation fest, auch dann noch, wenn sie alle anderen Kovariablen wie mütterliche Größe, Gewicht, Alter, Risikofaktoren usw. anpasste [53]. Als Erklärung für die Abhängigkeit lieferte sie die eigenen intrauterinen Erfahrungen der Mutter, die sich auf ihre Fortpflanzungsleistung auswirken. Dies scheint doch eine sehr gewagte These zu sein. Skjærven geht eher von einer familiären genetischen Komponente des fetalen Wachstums aus [50]. Hier besteht interessanter Forschungsansatz.

Risikofaktoren

Äußere Einflüsse, wie Strahlenbelastung, Vitamin-A-, Folsäure-, Jodmangel, Nikotin-, Alkohol- oder Drogenabusus können das fetale Wachstum nachhaltig retardieren.

Gardosi beschreibt eine von der Nikotindosis abhängige Reduktion des fetalen Geburtsgewichtes, die unabhängig von maternalen physiologischen Einflüssen ist [13]. 31% der Kinder von Raucherinnen dieses Kollektivs wurden als wachstumsretardiert eingestuft. Vergleicht man dies mit den 10,2% wachstumsretardierten Kinder im Gesamtkollektiv, so wird der Nikotineinfluss deutlich.

Natürlich gibt es auch Faktoren, die zur Makrosomie der Kinder führen. Die wohl bekannteste Ursache ist der mütterliche Diabetes mellitus [2;11]. Andere Faktoren wie maternale Adipositas und exzessive Gewichtszunahme während der Schwangerschaft [11] sind schon angesprochen worden [2]. Auch die Übertragung zählt zu den Risikofaktoren.

In diesem Kollektiv gab es 11 Patientinnen mit Diabetes mellitus, 3 Kinder (19% vs. 12% Gesamtkollektiv) wurden als makrosom eingestuft. Diese Fallzahl dürfte jedoch zu klein sein um auf mehr als nur einen Tendenz schließen zu können.

Väterliche Faktoren

1995 konnte Wilcox an 571 Vätern deren Einfluss auf das kindliche Gewicht zeigen [64]. Sowohl Größe als auch Gewicht waren signifikant mit dem Geburtsgewicht korreliert. Betrachtete man jedoch die enge Verknüpfung von väterlichem Gewicht und Größe, so ist die Korrelation des väterlichen Gewichts mit dem Geburtsgewicht nur scheinbar. Wilcox fand, dass wenn der Partner einer durchschnittlich großen Frau groß war, das Kind 183g mehr wog als bei einem kleinen Mann. Die Tatsache, dass dieser Unterschied größer ist, als der durch das fetale Geschlecht, zeigte für ihn, dass die väterliche Größe mit in Betracht gezogen werden sollte. Er lässt dabei aber außer Betracht, dass das im klinischen Alltag nur bedingt durchführbar ist, da der Schwangeren mitunter die Größe des Vaters nicht bekannt ist oder der Ehemann nicht der leibliche Vater ist. Obwohl in diesem Kollektiv in über 90% der Fälle die väterlichen Daten bekannt waren zeigte sich keinerlei Korrelation.

Kindliche Faktoren

Geschlecht

Das Geschlecht des Kindes ist mitbestimmend für das Gewicht des Kindes [57;60]. Männliche Feten wachsen in utero schneller als weibliche und sind bei Geburt auch rund 150g schwerer. Diese Daten konnten an unserem Kollektiv bestätigt werden. Auch in der Geschlechtsverteilung der wachstumsretardierten (33,3% Jungen vs. 66,7% Mädchen) und makrosomen Feten (61% vs.39%) lässt sich dieser Sachverhalt erkennen.

Ounsted stellte ein geschlechtsabhängiges Gewicht der Plazenta fest [38]. Sie ist bei einem Jungen 2-3% schwerer, als die Plazenta eines vergleichbaren Mädchens. Interessanterweise entspricht der prozentuale Gewichtsunterschied der Plazenten in etwa dem der Gewichte der Kinder unterschiedlichen Geschlechts.

Eine mögliche Erklärung dafür, dass sowohl das Gewicht der Plazenta als auch das Geburtsgewicht der Knaben höher ist, lieferte James D. 1967 durch Versuche an Mäusen [25]. 1965 konnte er durch Sensibilisierung der Mutter gegenüber fetalen Antigenen zeigen, dass das Wachstum der Plazenten bei Mäusen teilweise von immunologischen Faktoren abhängt [24]. Je größer die Sensitivität der Mutter gegenüber fetalen Antigenen war, desto größer war auch die Plazenta.

In einem nächsten Schritt untersuchte er nun die Geburtsgewichte der Mäuse und bekam auch hier die höchsten Kindsgewichte für die sensibilisierten Mütter. Wesentlich geringer waren die Gewichte bei Kindern, deren Eltern Geschwister waren. Anhand histologischer Untersuchungen der Plazenten konnte gezeigt werden, dass um so mehr deziduale Anteile vorhanden waren, je größer die Plazenta war. James vermutete, dass bei größerem genetischen Unterschied zwischen Mutter und Fetus die Dezidualisierung ausgeprägter und die Invadierung der Trophoblastzellen aggressiver ausfällt. Das Y-Chromosom des männlichen Feten birgt größere genetische Unterschiede, als das X-Chromosom eines weiblichen Feten. Auch der in der Literatur beschriebene, in dieser Arbeit aber nicht bestätigte Umstand, dass Kinder mit zunehmender Parität der Mutter schwerer werden, lässt sich erklären, wenn man annimmt, dass die vorangegangenen Schwangerschaften zur Sensibilisierung der Mutter beigetragen haben.

Obwohl Mäuse wie Menschen eine haemochoriale Plazenta besitzen, bei der mütterliches und kindliches Blut durch fetales Gewebe getrennt wird und diese Ergebnisse sehr plausibel klingen, sollten sie nicht ohne Vorsicht auf den Menschen übertragen werden.

Auf der anderen Seite wurden bei den Frühgeborenen dieses Kollektivs mehr als doppelt so viele Knaben wie Mädchen gefunden. Jedoch waren auch bei den Frühgeburten die Jungen im Mittel schwerer als die Mädchen (402g). Auch Williams konnte bei höherem Geburtsgewicht eine signifikant höhere perinatale Mortalität für Jungen zeigen [65].

Einen Erklärungsansatz dafür, dass Jungen eher zur Frühgeburtslichkeit neigen als Mädchen liefert James W. [26]. James vermutet, dass Jungen nur deshalb früher geboren werden, weil sie früher im mütterlichen Zyklus gezeugt werden. Andere Autoren meinen, dass ein unbekannter, vom Geschlecht abhängiger Mechanismus, die Geburt einleitet. Basierend auf eigenen Daten von 1996 und 1999 weist James auf einen möglichen kausalen Zusammenhang zwischen dem kindlichen Geschlecht und parenteralen Hormonspiegeln am Konzeptionstermin hin. Demnach führen hohe Östrogen- und Progesteronspiegel zu männlichem und hohe Progesteron- und Gonadotropinspiegel zu weiblichem Geschlecht.

Da der Östrogenpeak zu Beginn der fruchtbaren Tage liegt, werden hier auch mehr männliche Kinder gezeugt. Nach James werden demnach Jungen etwa einen Tag früher gezeugt als Mädchen. Er weist darauf hin, dass es sich bei dieser Erklärung nur um einen Vorschlag handelt, welcher weiterer wissenschaftlicher Abklärung bedarf.

Es ist wichtig alle genannten Einflüsse auf das kindliche Gewicht zu berücksichtigen, um eventuell atypische Wachstumsverläufe erkennen und entsprechend handeln zu können. Die Einbeziehung mütterlicher Faktoren scheint ein guter Ansatz zu sein, um das Geburtsgewicht noch genauer und individueller bestimmen zu können.

5.3. Korrelationen der Biometriemaße mit dem Geburtsgewicht

Bevor die verschiedenen Schätzwichtsformeln verglichen werden, sollen die Korrelationen der verschiedenen Biometriemaße mit dem Geburtsgewicht in ihrer Wertigkeit dargestellt werden.

Beim Vergleich der Korrelationskoeffizienten der wachstumsretardierten und makrosomen Kinder mit denen des Gesamtkollektivs fällt auf, dass erstere wesentlich bessere, letztere jedoch zum Teil nicht signifikante Korrelationen aufweisen (siehe Tabelle 6 S.47).

Dies ist jedoch als Artefakt zu werten, zum einen bedingt durch die kleinen Fallzahlen und zum anderen dadurch, dass die Werte in hohen Gewichtsbereichen wesentlich weiter streuen als in den kleinen Gewichtsbereichen und so eine schlechtere Korrelation ergeben. Die Wertigkeit der einzelnen Korrelationen bleibt jedoch bei allen Gruppen gleich. So kann die folgende Reihenfolge aufgestellt werden (Korrelationsfaktoren des Gesamtkollektivs).

1. Abdomenumfang	$r=0,766$
2. Thoraxquerdurchmesser	$r=0,706$
3. Femurlänge	$r=0,667$
4. Biparietaler Diameter	$r=0,591$
5. Kopfumfang	$r=0,537$

Auch Merz [36] und Humbert [22] stellten diese Reihenfolge, bis auf Umkehrung der Punkte 4 und 5 fest. Ihre Korrelationen waren jedoch wesentlich besser als diejenigen dieses

Kollektivs. Dass die Korrelationen durch die Einschränkung des Kollektivs schlechter werden, zeigt der Vergleich mit dem Kollektiv von 153 Patientinnen, in dem auch die Patientinnen unter der 30. SSW eingeschlossen wurden: AC 0,877, TQ 0,843, FL 0,830, BPD 0,796, HC 0,624

Der Abdomenumfang steht auch in unserem Kollektiv in stärkster Korrelation zum Geburtsgewicht. Er ist der einzige Parameter, bei dem Weichteile berücksichtigt werden und es kann somit der Unterschied zwischen einem dicken und einem dünnen Feten erkannt werden. Sowohl Gewichtsabnahme des Feten bei Wachstumsretardierung als auch exzessive Zunahme bei Makrosomie lassen sich am Abdomenumfang am frühesten und ausgeprägtesten erkennen [16]. Campell [3] und Smith [51] fanden sogar, dass der Abdomenumfang alleine das aussagekräftigste Maß für die Gewichtsschätzung ist.

Die Femurlänge steht an dritter Stelle der starken Korrelationen mit dem Geburtsgewicht. Eine gute Erklärung hierfür liefert die lineare Beziehung zwischen Femur- und Scheitel-Steißlänge, wie sie auch von Hadlock gefunden wurde [15]. Durch die Verknüpfung der Femurlänge mit sowohl abdominellen als auch kephalen Parametern konnte Hadlock eine wesentlich verbesserte Gewichtsschätzung erzielen. In Bezug auf makrosome Kinder findet Pedersen jedoch eine Gewichtsschätzung mit Berücksichtigung des Femurs weniger interessant, da ein Fetus, der aufgrund langer Gliedmaßen schwer ist, nicht automatisch makrosom ist [41]. Hadlock [14] und Humbert [22] berücksichtigen in ihren Formeln beide die Femurlänge, wobei die Formel von Humbert die makrosomen Kinder am besten und die von Hadlock sie am schlechtesten schätzt. Es kommt also auf die mit der Femurlänge kombinierten Faktoren an.

Die von Humbert [22] und Merz [36] gezeigte überlegene Korrelation des Kopfumfangs gegenüber dem Durchmesser kann nur im Kollektiv von 153 nicht jedoch bei den 147 in die Studie aufgenommenen Patientinnen gefunden werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Begründung hierfür rein statistischer Natur ist.

Die Erklärung klingt einleuchtend, dass bei lagebedingter Verformung des kindlichen Köpfchens wie z.B. bei der Beckenendlage, der Durchmesser nicht repräsentativ für die Kopfgröße ist und deshalb der Umfang vorzuziehen ist, [61].

Betrachtet man das Kollektiv von 153 Kindern, so kann festgehalten werden, dass generell die Umfänge besser mit dem kindlichen Gewicht korrelieren als die Durchmesser.

5.4. Die vier untersuchten Schätzwichtsformeln

Die in dieser Arbeit an einem unabhängigen Kollektiv prospektiv zu evaluierende Formel nach Humbert [22] soll mit den gängigsten und in der täglichen klinischen Routine eingesetzten Formeln verglichen werden. Hierzu wurden die Formeln von Hadlock 1984 [14], Hansmann 1975 [16] und Merz 1988 [36] ausgewählt. Nicht verglichen werden soll eine auch oft verwendete Formel von Hansmann [18], welche das Gestationsalter berücksichtigt. Diese Formel bietet mit dem oft nicht exakt bestimmbar Gestationsalter eine zusätzliche Fehlerquelle, welche es zu vermeiden gilt.

Zunächst sollen alle vier Formeln mit den Ergebnissen der Literatur verglichen werden, um zu überprüfen, ob sich in diesem Kollektiv grundlegende Dinge geändert haben.

Hadlock entwickelte seine Formel 1985 und überprüfte sie am eigenen Kollektiv [15]. 1998 führte Humbert [22] eine unabhängige Überprüfung dieser Formel an 88 Feten durch, wobei sie etwas größere Schätzfehler erhielt als Hadlock, was nicht zuletzt an den doch unterschiedlichen Populationen liegen dürfte, da Hadlock seine Formel an einer Population der sozialen Mittelklasse von Houston, Texas entwickelte. Unsere Ergebnisse (Daten aus Tabelle 7 S.49) sollen nun mit den Ergebnissen von Humbert verglichen werden, deren Kollektiv ebenfalls aus Patientinnen des Klinikums Rechts der Isar bestand.

Tabelle 18 zeigt den Vergleich des prozentualen Schätzfehlers und der Standardabweichung aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL).

Tabelle 18: Überprüfung der Formel nach Hadlock durch Humbert und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.7 S.49) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in %

GKL	Überprüfung nach		Eigene Überprüfung	
	n	Humbert	n	
<2000g	9	-12+/-8,8	3	+6+/-14
2000-4000g	67	-8,6+/-9,5	128	-6+/-10
>4000g	12	-14,9+/-8,7	16	-13+/-7
Total	88	-9,8+/-9,5	147	-6+/-10

Es fällt auf, dass an dem aktuellen Kollektiv die Gewichte etwas weniger überschätzt wurden. Die Tendenzen, dass in den Randbereichen größere Gewichtsverschätzungen vorliegen, sind

jedoch gleich. Die Überschätzung der Kinder unter 2000g in unserem Kollektiv resultiert aus der Begrenzung des Kollektivs über der 30.SSW und ist deshalb nur bedingt vergleichbar. Auch sind durch die geringe Fallzahl von nur 3 Kindern unter 2000g Aussagen in diesem Bereich kaum möglich. Bezieht man die Kinder unter der 30. Woche mit ein, so erhält man ebenfalls einen negativen Wert

Hansmann entwickelte seine Formel 1975 an einem Kollektiv von 202 Kindern [16]. Sowohl Eik-Nes [10] als auch Humbert [22] überprüften diese Formel prospektiv.

Tabelle 19: Überprüfung der Formel von Hansmann durch Eik-Nes, Humbert und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.8 S.52) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in g

GKL	n	Überprüfung		Überprüfung		Eigene Überprüfung
		Nach Eik-Nes	n	nach Humbert	n	
<2000g	28	123+/-210	9	-31+/-234	3	+327+/-480
2000-3000g	83	182+/-211	67	78 +/-345	40	+178+/-308
3000-3500g	102	60+/-203			88	-89+/-324
3500-4000g	104	-13+/-232				
>4000g	66	-244+/-267	12	-331+/-720	16	-642+/-358
Total	383	19+/-264	88	10,9+/-425	147	-68+/-401

Die Schätzwerte nach Hansmann ergaben an unserem Kollektiv überprüft (Daten aus Tabelle 8 S.52) insgesamt wesentlich schlechtere Werte (Tab.19). Wie auch schon Humbert bemerkte, kann die Formel nur zwischen 2000g und 4000g sinnvoll benutzt werden. In den Randbereichen ergeben sich zu große Verschätzungen. Jedoch sind in unserem Kollektiv die Standardabweichungen etwas kleiner als bei der Formel von Humbert. Dass Eik-Nes bessere Werte erzielte, könnte an der wesentlich größeren Fallzahl liegen.

Die von **Merz** entwickelte Formel wurde zum einen am Entstehungskollektiv [36] und zum anderen von Humbert [22] an einem unabhängigen Kollektiv überprüft. Auch hier ergaben sich bei der Überprüfung am unabhängigen Kollektiv wesentlich schlechtere Werte.

Die Werte der Überprüfung von Humbert stimmen gut mit den Werten unserer eigenen Überprüfung (Daten aus Tabelle 9 S.54) überein (Tab.20).

Für die Kinder unter 2000g macht es keinen Sinn die Werte des gesamten Kollektivs anzusehen, da Merz seine Formel erst ab einem BPD von 7,0cm und einem AC von 21cm

definiert und die Kinder unter der 30. Woche nicht über dieser Grenze liegen.

Tabelle 20: Überprüfung der Formel von Merz durch Humbert und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.9 S54) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in %

GKL	n	Überprüfung nach		Eigene Überprüfung
		Humbert	n	
<2000g	9	-55+/-64	3	+16+/-20
2000-4000g	67	+ 0,2 +/-10	128	+2+/-10
>4000g	12	-10+/-10,2	16	-9+/-7
Total	88	-6,8+/-27,3	147	+1+/-11

Die Formel nach **Humbert** wurde 1998 entwickelt und am eigenen Kollektiv überprüft [22]. In dieser Arbeit wurde die Formel erstmals an einem unabhängigen Kollektiv überprüft (Daten aus Tabelle 10 S.56) und die Ergebnisse sollen hier verglichen werden (Tab.21).

Tabelle 21: Überprüfung der Formel von Humbert am Entstehungskollektiv und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.10 S.56) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in %

GKL	n	Überprüfung nach		Eigene Überprüfung
		Humbert	n	
<2000g			3	+15+/-23
2000-4000g	67	+2,51+/-8,79	128	+5+/-10
>4000g	12	-8,38+/-5,93	16	-7+/-8
Total	88	-0,83+/-9,40	147	+4+/-10

Wie zu erwarten war, wurden die Werte, vor allem die Standardabweichungen durch die unabhängige Überprüfung insgesamt etwas schlechter. Im Bereich über 4000g konnte jedoch eine Verbesserung erreicht werden.

Schon Humbert konnte an ihrem Kollektiv die Gewichte unter 2000g nicht berücksichtigen. Wir legten die Grenze bei der 30. SSW fest. Ist eine Schätzformel nur für ein begrenztes Kollektiv anwendbar, muss der begrenzende Parameter praxisgerecht gewählt werden. Die Schwangerschaftswoche oder ein Biometriemaß sind hierfür bestens geeignet.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die Ergebnisse vorrangiger Studien bestätigt werden konnten. Dieses Kollektiv ist somit als repräsentativ zu werten.

5.5. Leistungsvergleich der vier Formeln

Die Schätzwerte aller vier Formeln korrelieren sehr gut mit dem Geburtsgewicht der Kinder. Die beste Korrelation mit $r=0,821$ kann für die Schätzwerte nach **Humbert** erreicht werden. In absteigender Reihenfolge liegen die Korrelationsfaktoren der Schätzwerte nach **Hadlock** mit $r=0,809$, nach **Merz** mit $r=0,788$ und nach **Hansmann** mit $r=0,710$. Schränkt man das Kollektiv auf Kinder über 2500g, 3000g usw. ein, so bleibt diese Reihenfolge weiterhin bestehen, die Korrelationswerte werden jedoch schlechter, was rein statistisch durch das Wegfallen der Extremwerte zu erklären ist. Auf der anderen Seite werden aber auch die Abstände der Korrelationsfaktoren größer und die Wertigkeit deutlicher. Bei Kindern über 3000g ergibt sich für die Formel nach Humbert $r=0,638$, nach Hadlock $r=0,593$, nach Merz $r=0,528$ und nach Hansmann $r=0,431$.

Als nächstes soll die Verschätzung durch die vier Formeln betrachtet werden.

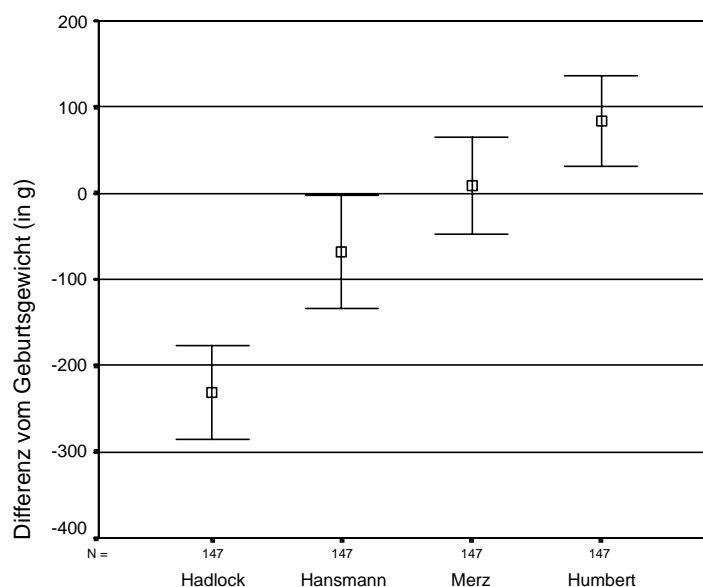


Abb.34: Absolute Verschätzungen (in g) der vier Formeln im Vergleich

Abbildung 34 (siehe auch S.58) gibt einen sehr guten vergleichenden Überblick über die mittleren Verschätzungen der vier Formeln. Man erkennt, dass die Formel von Hadlock im Mittel sehr stark ($-231\text{g} \pm 336\text{g}$ bzw. $-6\% \pm 10\%$) und die von Hansmann etwas ($-68\text{g} \pm 40$ bzw. $-1\% \pm 12\%$) unterschätzt, die von Merz sehr exakt schätzt ($+9\text{g} \pm 349$ bzw. $+1\% \pm 11\%$) und die Formel von Humbert überschätzt ($+84\text{g} \pm 324$ bzw. $+4\% \pm 10\%$).

Die in Gramm sehr dramatisch wirkenden Zahlen relativieren sich, wenn man die prozentuale Abweichung betrachtet, und sich vor Augen hält, dass eine Verschätzung von +/- 10% in der klinischen Routine durchaus üblich ist. Schätzfehler von nicht mehr als 10% erreicht die Formel von Humbert in 68%, von Merz in 62%, von Hadlock und von Hansmann jeweils in 54% der Fälle.

Abbildung 34 zeigt nur die mittlere Verschätzungstendenz einer Formel für das gesamte Kollektiv. Es ist jedoch auch wichtig zu wissen, wie sich die Formeln in den Randbereichen verhalten und wo die Stärke jeder einzelnen liegt.

Für Gewichte unter 2000g ist die Formel von Hadlock mit einer mittleren Verschätzung von +6% +/-14% sicherlich die beste, die drei anderen Formeln haben einen Schätzfehler über 15% (Tab.22). Auch bis 3000g macht Hadlock mit 3% noch den geringsten Schätzfehler, wobei alle anderen Formeln auch unter 10% liegen.

Tabelle 22: Vergleich der mittleren prozentualen Schätzfehler und der SD der vier Formeln

GKL	n	Hadlock	Hansmann	Merz	Humbert
<2000g	3	+6+/-14	+20+/-30	+16+/-20	+15+/-23
2000-3000g	40	-3+/-10	+8+/-12	-7+/-10	+10+/-12
3000-4000g	88	-7+/-9	-2+/-9	-0,4+/-9	+2+/-8
>4000g	16	-13+/-7	-15+/-8	-9+/-7	-7+/-8
Total	147	-6+/-10	-1+/-12	+1+/-11	+4+/-10

Zwischen 3000g und 4000g macht die Formel von Merz mit -0,4% den geringsten Schätzfehler, wobei sowohl mit der Formel von Hansmann als auch von Humbert um nur 2% verschätzt wird.

Über 4000g hat die Formel von Humbert mit -290g bzw.-7% den geringsten Schätzfehler. Der Schätzfehler nach Merz liegt bei -9%, der nach Hadlock bei 13% und nach Hansmann bei 15% .

Zusammenfassend kann man also sagen, dass keine der vier Schätzformeln in allen Gewichtsbereichen gleich gut schätzt, was auch am Vergleich der positiven und negativen Prädiktwerte der Formeln zu sehen ist (Tab.23):

Tabelle 23: Vergleich der positiven und negativen Prädiktwerte der vier Formeln aufgeteilt nach Gewichtsklassen

Gewichtsklasse	<2000g		2000-4000g		>4000g	
	n=3		n=128		n=16	
Prädiktwert %	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
Hadlock	66	99	88	38	20	89
Hansmann	50	99	88	29	17	89
Merz	50	99	91	60	62	92
Humbert	50	99	93	69	73	94

Die Formel von Hadlock ist am genauesten in niedrigen Gewichtsbereichen. Alle vier Formeln schätzen gut im mittleren Bereich. Nur die Formeln von Humbert und Merz sind sinnvoll in hohen Gewichtsbereichen anwendbar, wobei die Formel von Humbert die besten Ergebnisse sowohl bei dem mittleren prozentualen Schätzfehler als auch dem positiven und negativen Prädiktwert erzielt.

Bei allen Formeln ist dabei zu beobachten, dass die kleinen Kinder überschätzt und die großen unterschätzt werden.

Mit der Berücksichtigung der mütterlichen Größe in der Schätzformel nach Humbert hat man somit auch keine Formel gefunden, die in allen Gewichtsbereichen gleich gut schätzt, wohl aber eine Formel, mit der man schwere Kinder besser als bisher schätzen kann.

Es erhebt sich die Frage, ob es überhaupt möglich ist, eine gleichermaßen gute Schätzformel für alle Gewichtsbereiche zu finden.

Es ist das Problem zu beachten, dass sich das fetale Wachstum nicht linear entwickelt, sondern unterschiedliche Geschwindigkeiten im Laufe der Schwangerschaft hat. Rossavik konnte für die meisten untersuchten Parameter bis zur 30. SSW ein lineares Wachstum zeigen [43]. Für die Wochen danach wurde aber ein unterschiedliches Abflachen des Wachstums für die verschiedenen Parameter festgestellt. So verlangsamt sich z.B. das Wachstum des Kopfumfanges gleich nach der 30. Woche, das des Abdomenumfanges aber erst nach der 36. SSW. Aufgrund genauerer Untersuchungen des kindlichen Wachstums auch nach der Entbindung schlägt Rossavik ein Modell vor, in dem genetische Faktoren für lineares Wachstum und umweltbedingte Einflüsse für Geschwindigkeitsänderungen verantwortlich gemacht werden. Dies könnte eine sehr gute Erklärung für die schlechten Schätzergebnisse in den Randbereichen der Gewichtskurven sein, da hier vermehrt Risikofaktoren von Mutter und Kind zu finden sind.

Einen Ansatz, dieses Problem mathematisch zu lösen, machte Eik-Nes [9;52], der eine bessere Relation von kubischen Funktionen mit dem Geburtsgewicht feststellte. Er erklärte diese Beobachtung damit, dass es über einen größeren Zeitraum keine lineare Beziehung zwischen einem Durchmesser eines Körpers und dem Volumen geben kann. Durch die logarithmische Funktion konnte er zwar das Verhältnis der einzelnen Maße zum Geburtsgewicht linearisieren, er musste jedoch feststellen, dass der Schätzfehler proportional zum Geburtsgewicht zunahm.

Es ist sicher am sinnvollsten für verschiedene Schwangerschaftswochen verschiedene Schätzformeln zu empfehlen. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass Hadlock für kleine Gewichte und somit auch niedere Schwangerschaftswochen und Humbert für große Gewichte bzw. späte Schwangerschaftswochen gute Ergebnisse erzielte.

Ein Aspekt darf jedoch nicht vergessen werden. Es ist das Erkennungsvermögen der verschiedenen Formeln für wachstumsretardierte und makrosome Feten, was nicht unbedingt strikt an die Schwangerschaftswochen gebunden ist.

5.6. Erkennung wachstumsretardierter und makrosomer Feten

Es gibt verschiedenen Definitionen von Wachstumsretardierung und Makrosomie. So kann zum einen eine bestimmte Gewichtsgrenze z.B. 2000g bzw. 4000g bestimmt werden. Zum anderen können die Schätzwerte in Perzentilkurven eingetragen werden. Der Vorteil dieser Kurven ist, dass sie noch zusätzliche Parameter wie z.B. das Geschlecht berücksichtigen. In Deutschland am gebräuchlichsten und sicher auch sinnvollsten sind die Kurven nach Voigt und Schneider [60], die auch in dieser Arbeit verwendet wurden. Als wachstumsretardiert werden alle Kinder unter der 10. Perzentile, als makrosom diejenigen über der 90. bezeichnet. Betrachtet man die 15 wachstumsretardierten Kinder dieses Kollektivs, so fällt auf, dass die Gewichte keineswegs nur im untersten Bereich liegen, sondern sogar Kinder im Bereich zwischen 3000g und 3500g gefunden werden.

Wie gut ist nun die Erkennung dieser Kinder durch die bestehenden Formeln?

Die Formel von Hadlock hat 93% aller wachstumsretardierten Kinder erkannt, die anderen Formeln konnten nur in weniger als 50% der Fälle die wachstumsretardierten Kinder ausmachen (Tab.24). Die Aussage von Humbert, dass das Einbeziehen der mütterlichen

Körpergröße in ihre Formel die Sensitivität für retardierte Kinder nicht verschlechtert, konnte hier nicht bestätigt werden [22].

Die Spezifität, d.h. die Wahrscheinlichkeit, mit der die normosomen Kinder als normosom erkannt werden, lag bei den anderen Formeln jedoch höher als bei Hadlock. Das ist eine logische Konsequenz, denn angenommen eine Formel würde kein einziges wachstumsretardiertes Kind erkennen, so würden alle Kinder als normosom eingestuft werden und somit auch alle normosomen Kinder erkannt werden.

Tabelle 24: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, sowie des positiven und negativen Prädiktwertes der vier Formeln für wachstumsretardierte Kinder

Formel	Sensitivität %	Spezifität %	Pos. Prädiktwert %	Neg. Prädiktwert %
Hadlock	93	86	44	99
Hansmann	47	95	47	95
Merz	47	98	70	94
Humbert	27	98	67	92

Der positive Prädiktwert, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass Wachstumsretardierung vorliegt, wenn Wachstumsretardierung erkannt wird, beträgt bei der Formel von Hadlock jedoch nur 44%, da die Formel eine relativ hohe Zahl an falsch positiven Ergebnissen liefert. Bei der Formel von Merz ist dieser Wert mit 70% am höchsten. Das bedeutet zwar, dass man sich, wenn die Formel von Merz Wachstumsretardierung erkennt zu 70% darauf verlassen kann, dass das Ergebnis auch stimmt, dass aber wegen der schlechten Sensitivität in 53% der Fälle die Wachstumsretardierung überhaupt nicht erkannt wird. In der klinischen Routine wird häufig der positive Prädiktwert als Qualitätskriterium für eine angewandte Methode gewählt. In Bezug auf die Schätzung wachstumsretardierter oder makrosomer Kinder scheint es jedoch besser zu sein, der Sensitivität mehr Beachtung zu schenken, da es wichtiger ist alle nicht normosomen Kinder zu erkennen, als eine strengere Überwachung fälschlich als wachstumsretardiert oder makrosom eingestufte Feten zu vermeiden. Mit der Verwendung der Formel nach Hadlock wird man also 93% der wachstumsretardierten Kinder erkennen, man wird aber 56% der Schwangerschaften wegen Verdacht auf Wachstumsretardierung fälschlicherweise strenger überwachen.

Zusammen mit den Ergebnissen der Schätzfehler kann man sagen, dass die Formel von Hadlock für kleine Gewichte sowie zur Erkennung der Wachstumsretardierung am geeignetsten ist.

Die 18 makrosomen Kinder des Kollektivs liegen mit ihren Gewichten über 3500g.

Mit der Formel von Humbert werden 44% der makrosomen Kinder erkannt, mit der Formel von Hadlock hingegen kein einziges. Die bei den retardierten Kindern schon beschriebene Tatsache, dass die Spezifität bei schlechterer Sensitivität besser ist, lässt sich auch hier erkennen.

Die Formel von Humbert hat für makrosome Feten nicht nur die beste Sensitivität, sondern auch den besten positiven und negativen Prädiktivwert, d.h. bei erkannter Makrosomie kann also in 53% der Fälle auch von tatsächlicher Makrosomie ausgegangen werden. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass trotz des vergleichbar guten positiven Prädiktivwertes 47% der Kinder fälschlich als makrosom eingestuft werden.

Klassifiziert Humbert ein Kind als normosom, so trifft dies in 92% der Fälle zu.

Den Vergleich mit den anderen Schätzformeln zeigt Tabelle 25.

Tabelle 25: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen Prädiktivwertes der vier Formeln für makrosome Kinder

Formel	Sensitivität %	Spezifität %	Pos. Prädiktivwert %	Neg. Prädiktivwert %
Hadlock	0	98	0	88
Hansmann	5	95	14	88
Merz	16	97	43	89
Humbert	44	95	53	92

5.7. Bewertung der eigenen Formeln

Hansmann schreibt über die Erstellung einer Formel zur Bestimmung eines Schätzwertes folgendes: „Das Problem hierbei ist, dass mittels Ultraschall diese klinisch interessierenden Quantitäten nicht direkt messbar, sondern lediglich indirekt schätzbar sind. Dazu muss als Voraussetzung die Abhängigkeit dessen, was bestimmt werden soll, von dem, was messbar ist, bekannt sein oder bekannt gemacht werden“ (Hansmann 1976, S.133).

Aus diesem Grund wurden zur Erstellung der neuen Schätzformeln zum einen nur Parameter verwendet, die mit dem Geburtsgewicht korrelierten und zum anderen wurde der Parameter in seiner am besten korrelierenden Form z.B. der Messwert im Quadrat oder als Logarithmus, verwendet.

Die neuen Formeln wurden mit und ohne Berücksichtigung mütterlicher Parameter erstellt. Die Berücksichtigung mütterlicher Faktoren führte hierbei zu verbesserten Korrelationen des Schätzwertes mit dem Geburtsgewicht. Für die Schätzwerte aus Formel 3, welche die

mütterliche Größe berücksichtigt, konnte eine Korrelation von $r=0,823$ gegenüber $r=0,821$ bei der Formel von Humbert, erreicht werden. Die Berücksichtigung des mütterlichen Gewichts bei der Gewichtsschätzung (Formel 4) führte zu $r=0,799$. Die Berücksichtigung beider mütterlicher Parameter führte ebenfalls zu einem guten Ergebnis (Formel 5 $r=0,817$).

Betrachtet man die absoluten Schätzfehler der neuen Formeln, so fallen die gleichen Schwachstellen wie bei den bereits bestehenden Formeln auf (Tab.26). Kleine Kinder werden überschätzt, große unterschätzt. Im Vergleich zu den bisherigen Formeln verschätzen die neuen Formeln insgesamt deutlich weniger. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Formeln am gleiche Kollektiv erstellt und überprüft wurden, was zu besseren Werten führen kann.

Die Ergebnisse von Formel 3, welche die mütterliche Größe berücksichtigt, stimmen sehr gut mit denen der Formel von Humbert überein. Lediglich im normgewichtigen Bereich konnte eine Verbesserung erreicht werden.

Auch durch die Berücksichtigung des mütterlichen Gewichts in Formel 4 und 5 wurden sehr gute Ergebnisse erzielt.

Die geringere Verschätzung der neuen Formeln sieht man auch, daran, dass ein größerer Anteil an Kindern nicht über 10% verschätzt wird. Es liegen jeweils über 68% der Schätzungen unter der 10% Grenze, von den bisherigen Formeln konnte nur Humbert diesen Wert erreichen.

Tabelle 26: Vergleich der Schätzfehler der neuen und herkömmlichen Schätzformeln (Daten aus Tabellen 7, 8, 9, 10, 14)

	Gewicht <2000g	2000g-4000g	>4000g	Total
	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)	Mittlerer Schätzfehler und SD (in g)
Formel 1	+258 +/-278	+34 +/-315	-425 +/-285	-4,26 +/-334
Formel 2	+308 +/-286	+41 +/-292	-409 +/-305	-2,88 +/-327
Formel 3	+281 +/-308	+41 +/-287	-375 +/-333	+0,59 +/-321
Formel 4	+306 +/-273	+33 +/-315	-392 +/-299	-7,33 +/-342
Formel 5	+309 +/-277	+40 +/-293	-385 +/-323	-0,71 +/-327
Hadlock	+87 +/-226	-201 +/-315	-562 +/-325	-231 +/-336
Hansmann	+327 +/-480	-6 +/-342	-642 +/-358	-68 +/-401
Merz	+277 +/-329	+55 +/-316	-411 +/-324	+9 +/-349
Humbert	+270 +/-370	+126 +/-289	-290 +/-347	+84 +/-324

Als nächstes soll noch überprüft werden, wie gut die neuen Formeln wachstumsretardierte und makrosome Kinder erkennen. Es fällt auf, dass alle neuen Formeln mit den Formeln von Merz und Hansmann vergleichbare Werte ergeben (Tab.27).

Keine erreicht jedoch die überragende Sensitivität mit der die Formel von Hadlock die wachstumsretardierten Kinder erkennt, wohl aber bessere positive Prädiktivwerte.

Tabelle 27: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen Prädiktivwertes der neuen und der herkömmlichen Formeln für wachstumsretardierte Feten (Daten aus Tabellen 11 u. 15)

	Sensitivität %	Spezifität %	Pos. Prädiktivwert %	Neg. Prädiktivwert %
Formel 1	47	98	64	95
Formel 2	47	98	70	94
Formel 3	40	98	75	94
Formel 4	53	98	73	90
Formel 5	47	98	70	94
Hadlock	93	86	44	99
Hansmann	47	95	47	95
Merz	47	98	70	94
Humbert	27	98	67	92

Interessant ist auch, dass wie man bei den Werten der Formel von Humbert vermuten könnte, die mütterlichen Größe nicht unbedingt zu schlechter Erkennung der wachstumsretardierten Kinder führt. Formel 3 zeigt eine mit den Formeln von Merz und Hansmann vergleichbare Sensitivität. Die Berücksichtigung des mütterlichen Gewichts in Formel 4 und 5 scheint ebenfalls einen Vorteil in der Erkennung wachstumsretardierter Feten zu bringen.

Der positive Prädiktivwert liegt bei den Formeln 2 bis 5 über 70%. Das bedeutet, dass nur 30% der als wachstumsretardiert erkannten Kinder nicht wachstumsretardiert sind, im Gegensatz zu der Formel nach Hadlock, welche 56% falsch positive Ergebnisse liefert. Insgesamt liefert die Berücksichtigung des mütterlichen Gewichtes in Formel 4 für die Erkennung der wachstumsretardierten Kinder die besten Ergebnisse.

Tabelle 28 zeigt die Stärke der Formeln in der Erkennung makrosomer Feten.

Die neuen Formeln zeigen, dass sowohl die Berücksichtigung der mütterlichen Größe (in Formel 3 und 5) als auch des mütterlichen Gewichts (in Formel 4 und 5) eine Verbesserung in der Erkennung makrosomer Feten liefert. Es erreicht jedoch keine Formel eine mit der Formel von Humbert vergleichbare Sensitivität, wohl aber vergleichbar gute positive

Prädiktivwerte. Hiernach führt die Berücksichtigung der Größe und des Gewichtes in Formel 5 zu den besten Ergebnissen.

Tabelle 28: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen Prädiktivwertes der neuen und der herkömmlichen Formeln für makrosome Feten (Daten aus Tabellen 11 u. 16)

	Sensitivität %	Spezifität %	Pos. Prädiktivwert %	Neg. Prädiktivwert %
Formel 1	11	98	50	89
Formel 2	11	97	33	89
Formel 3	22	97	50	90
Formel 4	22	98	57	88
Formel 5	22	98	67	90
Hadlock	0	98	0	88
Hansmann	5	95	14	88
Merz	16	97	43	89
Humbert	44	95	53	92

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Berücksichtigung mütterlicher Faktoren für die Gewichtsschätzung des Kindes verbesserte Ergebnisse liefert. Die Kombination aus mütterlicher Größe und Gewicht ist hierbei für den makrosomen Bereich, das mütterliche Gewicht alleine für den wachstumsretardierten Bereich besser.

Der Vorteil der Formeln 3, 4 und 5 gegenüber den herkömmlichen Formeln besteht darin, dass sie in beiden Randbereichen gleichermaßen gut schätzen, nicht wie z.B. Hadlock, der die wachstumsretardierten Kinder mit 93% erkennt, jedoch keines der makrosomen.

Ein Nachteil ist aber sicherlich, dass diese drei neuen Formeln bei gleich gutem positiven Prädiktivwert keineswegs die Sensitivität der besten bisherigen Formeln für die Erkennung der wachstumsretardierten und makrosomen Feten erreichen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Um die Entwicklung der Feten im Mutterleib zu beobachten und Abnormalitäten rechtzeitig zu erkennen ist es wichtig zu jedem Zeitpunkt das Gewicht des Kindes möglichst exakt schätzen zu können. Wegen der erhöhten peri- und postnatalen Mortalität ist es besonders wichtig wachstumsretardierte und makrosome Kinder zu erkennen. Bisher wurden in Schätzformeln hauptsächlich wachstumsretardierte Kinder berücksichtigt, makrosome Kinder mit ihrem erhöhten Risiko für Geburtskomplikationen und ebenfalls erhöhter peri- und postnataler Mortalität wurden jedoch vernachlässigt. Zu diesem Zweck wurde die Formel nach Humbert entwickelt.

Unter der Voraussetzung, dass 1. die Biometriemaße an durch Referenzebenen definierten Stellen abgegriffen wurden und 2. das Gestationsalter der Kinder exakt bestimmt wurde, wurden die Schätzwerte der 147 Kinder dieses Kollektivs nach den Formeln von Hadlock, Hansmann, Merz und Humbert berechnet. Diese wurden ebenso wie die Geburtsgewichte in die für Deutschland geeigneten Perzentilkurven nach Voigt und Schneider eingetragen und die Kinder so als normosom, wachstumsretardiert oder makrosom eingestuft.

Die Formel nach Hadlock ist für die fetale Gewichtsermittlung in den frühen Schwangerschaftswochen am besten geeignet und hat auch die mit Abstand größte Sensitivität für wachstumsretardierte Kinder.

Mit der Formel von Hansmann ergeben sich im mittleren Gewichtsbereich, sowie in den Randbereichen vergleichbar schlechte Ergebnisse.

Mit der größten Sensitivität und sehr gutem positiven Prädiktwert werden die Gewichte im mittleren Gewichtsbereich mit der Formel von Merz geschätzt. In den Randbereichen ist die Formel nach Merz weniger zuverlässig.

Die Formel nach Humbert hat ihre Stärke in der Erkennung makrosomer Feten, schätzt jedoch auch im mittleren Gewichtsbereich zuverlässig. Für die wachstumsretardierten Kinder ist die Formel nach Humbert nicht geeignet.

In dieser Arbeit wurde der hohen Sensitivität der Formeln mehr Bedeutung zugemessen als dem hohen positiven Prädiktwert, da es wichtiger ist, alle nicht normosomen Kinder zu erkennen, als eine strengere Überwachung fälschlich als wachstumsretardiert oder makrosom eingestufte Feten zu vermeiden.

Zusammenfassend ist zu empfehlen, für kleine Gewichtsbereiche, d.h. niedere Schwangerschaftswochen die Formel nach Hadlock, für mittlere und große Gewichtsbereiche die Formel nach Humbert zu verwenden.

Somit konnte gezeigt werden, dass die Berücksichtigung der mütterlichen Körpergröße eine Verbesserung in der Erkennung der makrosomen Kinder bringt. Es ist jedoch sicherlich sinnvoll diese Erkenntnis zu nutzen, um die Formel weiter zu verbessern.

Mittels linearer Regressionsberechnung wurden in dieser Arbeit fünf weitere Formeln erstellt, die alle ähnlich gute Ergebnisse wie die bisherigen Formeln liefern.

Durch die Schätzformel 3, welche ebenfalls die Größe der Mutter berücksichtigt, wurden wachstumsretardierte Kinder um einiges besser als mit der Formel von Humbert geschätzt. Im makrosomen Bereich konnte zwar keine mit Humbert vergleichbare Sensitivität, wohl aber ein etwas besserer positiver Prädiktivwert erreicht werden.

Formel 4 berücksichtigt das mütterliche Gewicht zum Zeitpunkt der Sonographie. Hier konnte die von den neuen Formeln beste Sensitivität für wachstumsretardierte Kinder bei sehr gutem positiven Prädiktivwert erreicht werden. Auch für makrosome Kinder ergaben sich sehr gute Werte.

Formel 5, welche sowohl die mütterliche Größe als auch das mütterliche Gewicht zum Zeitpunkt der Sonographie berücksichtigt, erreicht mit guter Sensitivität und positivem Prädiktivwert für die wachstumsretardierten Kinder, den im Vergleich zu Formel 3 und 4 besten positiven Prädiktivwert für makrosome Kinder bei gleich guter Sensitivität.

Fazit:

Die neu entwickelten Formeln 3 und 4 erreichen zwar weder die Sensitivität von Hadlock im wachstumsretardierten noch die von Humbert im makrosomen Bereich. Sie erlangen aber eine durchgängig gute Schätzung in allen Gewichtsklassen und jeweils bessere positive Prädiktivwerte.

Es empfiehlt sich, diese Formeln, vor allem aber die Formel 4, weiter zu untersuchen und sie an einem unabhängigen Kollektiv zu überprüfen.

7. Literaturverzeichnis

1. Bernaschek G., Kratochwil A. Vergleich von Gewichtsschätzung aus Kephalo- und Abdominometrie. Geburtshilfe u Frauenheilkunde 1981;41:114-117
2. Boyd E., Usher R.H., McLean F.H. Fetal Makrosomia: Prediction, Risks, Proposed Management. Obstet Gynecol 1983;61:715-722
3. Campbell S., Wilkin D. Ultrasonic measurement of fetal abdomen circumference in the estimation of fetal weight. Br J Obstet Gynaecol 1975;82:689-697
4. Chang F., Liang R., Ko H., Yao B., Chang C., Yu C. Three dimensional ultrasound-assessed fetal thighvolumetry in predicting birth weight. Obstet Gynecol 1997;90:331-339
5. Davison J.M., Lind T., Farr V., Whittinghams T.A. The limitation of ultrasonic fetal cephalometry. J Obstet Gynecol Br Commonw 1973;80:769
6. Delpapa E.H., Mueller-Heubach E. Pregnancy outcome following ultrasound diagnosis of macrosomia. Obstet Gynecol 1991;78:340-343
7. DeVore G., Platt L.D. Diagnosis of untrauterine growth retardation: the use of sequential measurements of fetal growth parameters. Clinical Obstetrics and Gynecology 1987;30:968-984
8. Donald I., Brown T.G. Demonstration of tissue interfaces within the body by ultrasonic echosounding. Br J Radiol 1961;34:539-546
9. Eik-Nes S.H., Grøttum P. Estimation of fetal weight by ultrasonic measurement 1. Development of a new formula. Acta Obstet Gynecol Scand 1982;61:299-305
10. Eik-Nes S.H., Grøttum P., Andersson J. Clinical evaluation of two formulas for ultrasonic estimation of fetal weight. Acta Obstet Gynecol Scand 1981;60:567-573
11. Falk C., Falk S., Strobel E. Übergewichtige Neugeborene-Häufigkeit, Ursachen, und klinische Bedeutung. Geburtsh u Frauenheilk 1989;49:536-541

12. Gardosi J., Chang A., Kalyan G., Sahota D., Symons E.M. Customised antenatal growth charts. *The Lancet* 1992;339:283-287
13. Gardosi J., Mongelli M., Wilcox M., Chang A. An adjustable fetal weight standard. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995;6:168-174
14. Hadlock FP, Harrist RB, Carpenter RJ, et al. Sonographic estimation of fetal weight. *Radiology* 1984;150:535-540
15. Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Park SK. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements--a prospective study. *Am J Obstet Gynecol* 1985;151:333-337
16. Hansmann M. Ultraschallbiometrie im II. und III. Trimester der Schwangerschaft. *Gynäkologe* 1976;9:133-155
17. Hansmann M. Bestimmung des Gestationsalters und-gewichts und die Bedeutung für das klinische Management. In: Huch A., Huch R., Duc G., Rooth G., eds. *Klinisches Management des kleinen Frühgeborenen*. Stuttgart-New York: Thieme, 1982:31-54
18. Hansmann M. Estimation of fetal weight. In: Hansmann M., Hackelöer B.-J., Staudach A., eds. *Ultrasound Diagnosis in Obstetrics and Gynecology*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1985:153-160
19. Hellmann L.M., Kobayashi M., Fillisti L., Lavenhar M. Sources of error in sonographic fetal mensuration and estimation of growth. *Am J Obstet Gynecol* 1967;99:662-670
20. Hohenauer L. Intrauterine Wachstumskurven für den deutschen Sprachraum. *Z Geburtsh u Perinat* 1980;184:167-179
21. Holländer H.J. *Die Ultraschalldiagnostik in der Schwangerschaft*, 1. Aufl. ed. München Berlin Wien: Urban und Schwarzenberg, 1972:
22. Humbert A. *Fetale Ultraschallbiometrie und fetales Schätzwicht*. 1998. Med Fakultät der TU-München.
Ref Type: Thesis/Dissertation

23. Issel E.P. Faktoren, die die Genauigkeit der fetalen Gewichtsberechnung beeinflussen. Zent bl Gynäkol 1978;100:560-567
24. James D.A. Effects of antigenic dissimilarity between mother and fetus on placental size in mice. Nature (London) 1965;205:613
25. James D.A. Some effects of immunological factors on gestation in mice. Journal of Reproduction and Fertility 1967;1415:265
26. James W.J. Why are boys more likely to be preterm than girls? Human Reproduction 2000;15:2108-2111
27. Kohorn E.I., Chir M. An evaluation of ultrasonic fetal cephalometry. Am J Obstet Gynecol 1967;97:553-559
28. Kolben M., Schneider K.T.M., Thieme C., Schöffel J., Graeff H. Makrosomie des Feten und klinische Relevanz. Geburtshi u Frauenheilk 1990;50:270-277
29. Kyank H., Herre H.-D., Kruse H.-J., Löscher H., Kretschmer K.-D., Plesse R. Ergebnisse der Normalwerterhebung an Neugeborenen in der DDR. 1.Mitteilung: Geburtsgewicht und Geburtslänge. Zent bl Gynäkol 1975;97:129-137
30. Lee W, Deter RL, Ebersole JD, Huang R, Blanckaert K, Romero R. Birth weight prediction by three-dimensional ultrasonography: fractional limb volume. J Ultrasound Med 2001;20:1283-1292
31. Loch E.-G. Kritische Betrachtung über mögliche Nebenwirkungen der Ultraschall Diagnostik. Gynäkologe 1976;9:103-107
32. Loeffler F.E. Clinical foetal weight prediction. Br J Obstet Gynaecol 1967;74:675-677
33. Lubchenco L.O., Hansmann Chr., Dressler M., Boyd E. Intrauterine growth as estimated from liveborn birth weight data at 24 to 42 weeks of gestational age. Pediatrics 1963;32:793-801
34. Merz E. Regelrechte Gravidität im 2. und 3. Trimenon. In:Merz E., ed. Sonographische Diagnostik in Gynäkologie und Geburtshilfe. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1988:

35. Merz E., Grüßner A., Kern F. Entwicklung eines Wachstumsmodells für fetale Kopf-und Rumpfmaße. *Geburtshilfe u Frauenheilkunde* 1987;47:738-741
36. Merz E., Lieser H., Schicketanz K.H., Härle J. Intrauterine Gewichtsschätzung mittels Ultraschall. *Ultraschall* 1988;9:15-24
37. Ong H.C., Sen D.K. Clinical estimation of fetal weight. *Am J Obstet Gynecol* 1972;112:877-880
38. Ounsted M., Ounsted Ch. On fetal growth rate. London: SIMP, 1973:
39. Overpeck M., Hediger M., Zhang J., Trumble A., Klebanoff M.A. Birth weight for gestational age of Mexican American infants born in the United States. *Obstet Gynecol* 1999;93:943-947
40. Patterson RM, Prihoda TJ, Gibbs CE, Wood RC. Analysis of birth weight percentile as a predictor of perinatal outcome. *Obstet Gynecol* 1986;68:459-463
41. Pedersen J.F, Mølsted-Pedersen L. Sonographic estimation of fetal weight in diabetic pregnancy. *Br J Obstet Gynaecol* 1992;99:475-478
42. Robinson H.P., Fleming J.E.E. A critical evaluation of sonar "crown-rump-length" measurements. *Br J Obstet Gynaecol* 1975;82:702
43. Rossavik I., Deter RL. Mathematical Modeling of fetal growth 1.Basic principles. *J Clin Ultrasound* 1984;12:529-533
44. Sarmandal P., Grant J.M. Effectiveness of ultrasound determination of fetal abdominal circumference and fetal ponderal index in the diagnosis of assymetrical growth retardation. *Br J Obstet Gynaecol* 1990;97:118-123
45. Schelling M. Ultraschall in der Geburtshilfe. In:H.Schneider, P.Husslein, KTM Schneider, eds. *Geburtshilfe*. Berlin Heidelberg NY: Springer Verlag, 2000:249-284
46. Schild RL, Fimmers R, Hansmann M. Fetal weight estimation by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;16:445-452

47. Schillinger H., Müller R., Kretzschmar M., Wode J. Gewichtsbestimmung des Feten durch Ultraschall. Geburtshilfe u Frauenheilkunde 1975;35:858-865
48. Schlensker V.H., Decker I. Voraussage des kindlichen Geburtsgewichtes aufgrund der Ultraschallkephalometrie und Thorakometrie am Feten. Geburtshilfe u Frauenheilkunde 1973;33:859
49. Schneider H., Schneider K.T.M. Intrauterine Wachstumsretardierung (IUWR). In:H.Schneider, P.Husslein, KTM Schneider, eds. Geburtshilfe. Berlin Heidelberg NY: Springer Verlag, 2000:511-534
50. Skjærven R., Gjessing H.K., Bakketeig L.S. New standards for birth weight by gestational age using family data. Am J Obstet Gynecol 2000;183:689-696
51. Smith GC, Smith MF, McNay MB, Fleming JE. The relation between fetal abdominal circumference and birthweight: findings in 3512 pregnancies. Gynäkologe 1997;104:186-190
52. Sturla H., Eik-Nes S.H., Grøttum P., Andersson J. Estimation of fetal weight by ultrasound measurement 2.Clinical application of a new formula. Acta Obstet Gynecol Scand 1982;61:307-312
53. Tavares M., Rodrigues T., Cardoso F., Barros H., Leite LP. Independent effect of maternal birthweight on infant birthweight. J Perinat Med 1996;24:391-396
54. Thompson H.E., Holmes J.H., Gottesfeld K.R., Taylor E.S. Fetal development as determined by ultrasonic pulse echo techniques. Am J Obstet Gynecol 1965;92:44-52
55. Thorsdottir I., Birgisdottir B.E. Different weight gain in women of normal weight before pregnancy: postpartum weight and birth weight. Obstet Gynecol 1998;92:377-383
56. Uotila J., Dastidar P., Heinonen T., Ryymin P., Punnonen R., Laasonen E. Magnetic resonance imaging compared to ultrasonography in fetal weight and volume estimation in diabetic and normal pregnancy. Acta Obstet Gynecol Scand 2000;79:255-259
57. Voigt M., Eggers H. Neugeborenenperzentilwerte für die DDR-1985.Geburtsgewichts- und Längenperzentilwerte. Zent bl Gynäkol 1988;110:927-943
58. Voigt M., Eggers H., Jährig K., Grauel E.L., Heinrich J., Koepcke E. Neugeborenen-Perzentilwerte für die DDR-1985 3.Mitteilung. Zent bl Gynäkol 1989;111:904-920

59. Voigt M., Eggers H., Jählig K., Grauel E.L., Zwahr Chr., Plesse R. Neugeborenen-Perzentilwerte für die DDR-1985
Beziehung zwischen Alter, Parität, Körpergewicht und-länge der Mutter und dem Geburtsgewicht der Neugeborenen. Zent bl Gynäkol 1989;111:337-349
60. Voigt M., Schneider K.T.M., Jählig K. Analyse des Geburtsgutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland. Geburtshilfe u Frauenheilkunde 1996;56:550-558
61. Weiner C.P., Sabbagha R.E., Vaisrub N., Socol M.L. Ultrasonic fetal weight prediction: Role of head circumference and femur length. Obstet Gynecol 1985;65:812-817
62. Weller U., Jorch G. Aktuelle Perzentilkurven für Körpergewicht, Körperlänge und Kopfumfang von Neugeborenen ab 26 SSW. Monatsschr Kinderheilkd 1993;141:1-5
63. Westin B. Schwangerschaftsüberwachung mittels Gravidogramm. Zent bl Gynäkol 1980;102:257-271
64. Wilcox M.A., Newton C.S., Johnson I.R. Paternal influence on birthweight. Acta Obstet Gynecol Scand 1995;74:15-18
65. Williams R.L., Creasy R.K., Cunningham G.C., Hawes W.E., Norris F.D., Tashiro M. Fetal growth and perinatal viability in California. Obstet Gynecol 1982;59:624-632
66. Willocks J., Donald I., Duggan T.C., Day N. Fetal cephalometry by ultrasound. J Obstet Gynecol Br Commonw 1964;71:11-20
67. Winikoff B., Debrovner C.H. Anthropometric determinants of birth weight. Obstet Gynecol 1981;58:678-684

8. Anhang

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung nach dem Geburtsgewicht, BRD, 1992 (aus Voigt et al. 1996).....	8
Abb. 2: Wachstumskurven im Vergleich (aus Voigt et al. 1996)	10
Abb. 3: Prozentuale Verteilung des Geburtsgewichts (280+/-7 Tage) in drei ethnischen Gruppen[13]	11
Abb. 4: Exakte Schnittebene für die Biometrie vom Kopf : BPD (li.) und KU (re.).....	22
Abb. 5: Exakte Schnittebene für die Biometrie des Abdomens : TQ (li.) und AU (re.)	23
Abb. 6: Exakte Schnittebene des Femur.....	23
Abb. 7: Abgeschlossene Schwangerschaftswochen bei der Geburt.....	27
Abb. 8: Abstand der Sonographie zur Geburt.....	28
Abb. 9: Verteilung der Geburtsgewichte im Kollektiv	29
Abb. 10: Verteilung der Gewichte aufgeteilt nach dem Geschlecht.....	30
Abb.11: Aufteilung der Neugeborenen nach Perzentilen und Gewichtsklassen.....	31
Abb.12: Aufteilung der Neugeborenen nach Perzentilen (Voigt) und Schwangerschaftswochen	32
Abb.13: Verteilung des mütterlichen Alters im Kollektiv	33
Abb.14: Parität der Mütter nach der Entbindung	34
Abb.15: Die Größe der Mütter	34
Abb.16: Verteilung des mütterlichen Ausgangsgewichtes	35
Abb.17: Zusammenhang zwischen dem biparietalen Durchmesser und dem Geburtsgewicht	45
Abb.18: Zusammenhang zwischen dem Kopfumfang und dem Geburtsgewicht.....	45
Abb.19: Zusammenhang zwischen dem queren Thoraxdurchmesser und dem Geburtsgewicht	45
Abb.20: Zusammenhang zwischen dem Abdomenumfang und dem Geburtsgewicht	46
Abb.21: Zusammenhang zwischen der Femurlänge und dem Geburtsgewicht.....	46
Abb.22: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von Hadlock für das gesamte Kollektiv	48
Abb.23: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von Hadlock in g aufgeteilt nach Gewichtsklassen.....	49
Abb.24: Schätzwerte nach der Formel von Hadlock aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen	50

Abb.25: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von Hansmann für das gesamte Kollektiv	51
Abb.26: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von Hansmann in g aufgeteilt nach Gewichtsklassen	52
Abb.27: Schätzwerte nach der Formel von Hansmann aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen.....	52
Abb.28: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von Merz für das gesamte Kollektiv.....	53
Abb.29: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von Merz in g aufgeteilt nach Gewichtsklassen	54
Abb.30: Schätzwerte nach der Formel von Merz aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen.....	54
Abb.31: Korrelation von Geburtsgewicht und Schätzwert nach der Formel von Humbert für das gesamte Kollektiv.....	55
Abb.32: Absoluter Schätzfehler nach der Formel von Humbert (in g) aufgeteilt nach Gewichtsklassen	56
Abb.33: Schätzwerte nach der Formel von Humbert aufgeteilt nach Gewichtsklassen und in Perzentilgruppen.....	56
Abb.34: Absolute Verschätzungen (in g) der vier Formeln im Vergleich.....	58,73

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Entbindungsmodi verschiedener Kollektive	28
Tabelle 2: Werte der Biometriedaten des Kollektivs.....	32
Tabelle 3: Alter, Größe Gewicht und Gewichtszunahme der Mutter.....	35
Tabelle 4: Body Mass Index (BMI) der Mutter vor der Schwangerschaft und Entbindung ...	36
Tabelle 5: Überblick über die in der Arbeit verwendeten Schätzformeln	38
Tabelle 6: Vergleich der Korrelationsfaktoren zwischen Biometriemaßen und Geburtsgewicht aufgeteilt nach Perzentilverteilung der Kinder.....	47
Tabelle 7: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Hadlock, aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)	49
Tabelle 8: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Hansmann, aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL).....	52

Tabelle 9: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Merz , aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)	54
Tabelle 10: Mittlerer absoluter (g) und prozentualer (%) Schätzfehler nach der Formel von Humbert , aufgeteilt nach Gewichtsklassen (GKL)	56
Tabelle 11: Überblick über die Sensitivität, Spezifität, den positiven und negativen Prädiktwert aller Formeln für wachstumsretardierte, normosome und makrosome Kinder..	57
Tabelle 12: Überblick über die Sensitivität, Spezifität, den positiven und negativen Prädiktwert aller Formeln für Kinder unter 2000g, zwischen 2000-4000g und über 4000g.	58
Tabelle 13: Übersicht über die neu entwickelten Schätzgewichtsformeln	59
Tabelle 14: Absolute Schätzfehler (in g) und Standardabweichung der Schätzgewichte nach den neuen Formeln, aufgeteilt nach Gewichtsklassen	60
Tabelle 15: Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktwert der neuen Formeln für wachstumsretardierte Kinder.....	60
Tabelle 16: Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktwert der neuen Formeln für makrosome Kinder	61
Tabelle 17: Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Prädiktwert der neuen Formeln für normosome Kinder.....	61
Tabelle 18: Überprüfung der Formel nach Hadlock durch Humbert und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.7 S.49) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in %	70
Tabelle 19: Überprüfung der Formel von Hansmann durch Eik-Nes, Humbert und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.8 S.52) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in g	71
Tabelle 20: Überprüfung der Formel von Merz durch Humbert und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.9 S.54) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in %	72
Tabelle 21: Überprüfung der Formel von Humbert am Entstehungskollektiv und am eigenen Kollektiv (Daten aus Tab.10 S.56) durch Vergleich der mittleren Schätzfehler +/-SD in %	72
Tabelle 22: Vergleich der mittleren prozentualen Schätzfehler und der SD der vier Formeln	74
Tabelle 23: Vergleich der positiven und negativen Prädiktwerte der vier Formeln aufgeteilt nach Gewichtsklassen	75
Tabelle 24: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, sowie des positiven und negativen Prädiktwertes der vier Formeln für wachstumsretardierte Kinder.....	77
Tabelle 25: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen Prädiktwertes der vier Formeln für makrosome Kinder	78

Tabelle 26: Vergleich der Schätzfehler der neuen und herkömmlichen Schätzformeln (Daten aus Tabellen 7, 8, 9, 10, 14).....	79
Tabelle 27: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen Prädiktwertes der neuen und der herkömmlichen Formeln für wachstumsretardierte Feten (Daten aus Tabellen 11 u. 15).....	80
Tabelle 28: Vergleich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen Prädiktwertes der neuen und der herkömmlichen Formeln für makrosome Feten (Daten aus Tabellen 11 u. 16).....	81

8.3. Perzentilkurven nach Voigt-Schneider

Perzentilenstatus für NeugeboreneBRD, 1992, n(Mädchen und Knaben)= 564480 Einlinge
nach M. Voigt und K.T.M. Schneider**Mädchen**

SSW	Geburtsgewicht Perzentile				
	5.	10.	50.	90.	95.
23+0 - 23+6	400	430	....580...	700	750
24+0 - 24+6	460	490	....670...	800	860
25+0 - 25+6	520	560	....760...	930	990
26+0 - 26+6	590	640	....880...	1060	1140
27+0 - 27+6	650	710	...1000...	1220	1300
28+0 - 28+6	710	800	...1120...	1390	1460
29+0 - 29+6	790	900	...1250...	1570	1650
30+0 - 30+6	900	990	...1420...	1770	1850
31+0 - 31+6	1010	1100	...1590...	1960	2050
32+0 - 32+6	1140	1260	...1790...	2180	2280
33+0 - 33+6	1300	1470	...2030...	2470	2610
34+0 - 34+6	1530	1710	...2270...	2770	2920
35+0 - 35+6	1790	1980	...2550...	3060	3230
36+0 - 36+6	2060	2230	...2760...	3290	3460
37+0 - 37+6	2290	2460	...2970...	3500	3660
38+0 - 38+6	2500	2660	...3160...	3690	3850
39+0 - 39+6	2670	2820	...3320...	3850	4020
40+0 - 40+6	2800	2940	...3450...	4000	4180
41+0 - 41+6	2890	3020	...3540...	4100	4300
42+0 - 42+6	2900	3050	...3580...	4180	4360
43+0 - 43+6	2770	2920	...3530...	4130	4340
	<5., hypotroph schwer	5.-<10. leicht	10. - 90. eutroph	>90.-95. leicht	>95. hypertroph schwer

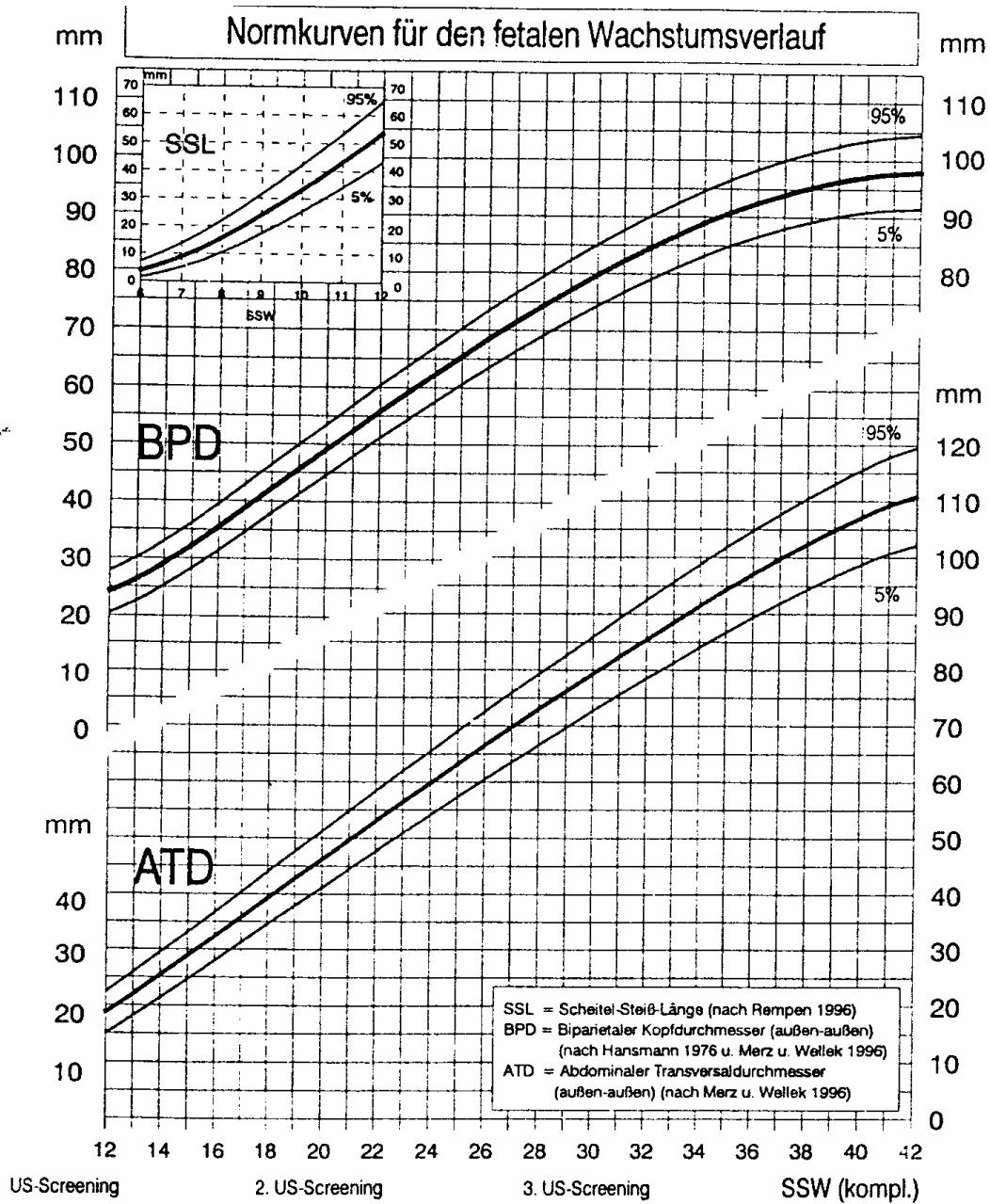
Perzentilenstatus für Neugeborene

BRD, 1992, n(Mädchen und Knaben)= 564480 Einlinge
nach M. Voigt und K.T.M. Schneider

Knaben

SSW	Geburtsgewicht Perzentile				
	5.	10.	50.	90.	95.
23+0 - 23+6	420	450	...600...	720	770
24+0 - 24+6	480	510	....690...	840	880
25+0 - 25+6	540	600	....800...	970	1030
26+0 - 26+6	610	680	....940...	1120	1180
27+0 - 27+6	690	770	...1080...	1280	1360
28+0 - 28+6	750	860	...1220...	1450	1520
29+0 - 29+6	830	960	...1350...	1630	1710
30+0 - 30+6	940	1070	...1520...	1830	1910
31+0 - 31+6	1070	1180	...1690...	2020	2110
32+0 - 32+6	1200	1340	...1890...	2260	2360
33+0 - 33+6	1360	1550	...2130...	2550	2690
34+0 - 34+6	1600	1790	...2390...	2850	3000
35+0 - 35+6	1870	2060	...2640...	3140	3320
36+0 - 36+6	2140	2330	...2860...	3390	3550
37+0 - 37+6	2400	2570	...3090...	3620	3770
38+0 - 38+6	2620	2780	...3300...	3840	4000
39+0 - 39+6	2790	2950	...3470...	4010	4180
40+0 - 40+6	2910	3070	...3600...	4170	4350
41+0 - 41+6	3010	3160	...3700...	4290	4470
42+0 - 42+6	3030	3200	...3760...	4350	4520
43+0 - 43+6	2860	3040	...3670...	4340	4510
	<5. hypotroph schwer	5.-<10. leicht	10. - 90. eutroph	>90.-95. hypertroph leicht	>95. schwer

8.4. Normkurven für den fetalen Wachstumsverlauf



8.5. Technische Daten der Ultraschallgeräte

	Siemens Elegra Advanced	Acuson 128XP
Schallkopf	3,5C40H	C3-Transducer
Maximale, zeitlich gemittelte Leistungsabgabe (Max Power)	162 mW	424 mW
Intensität des Ausgangsstrahls (Iob)	54 mW/cm ²	57 mW/cm ²
Zeitlich gemittelte räumliche Spitzenintensität (Ispta)	316 mW/ cm ²	3470 mW/ cm ²
Ultraschallfrequenz	3,5 MHz	3,5 MHz
Schall-Laufgeschwindigkeit	1540m/s	1540m/s
Eindringtiefe	0-36cm	0-16cm

8.6. Erhebungsbogen

Name	Patientennummer	
Tag der Sonographie		
Errechneter Entbindungstermin	Abstand Sono	
Lage des Kindes beim Sono		
BPD	HC	
TQ	AC	FL
Hadlock		
Hansmann		
Merz		
Humbert		
Kind		
Gravida	Para	
Geburtsdatum	Gewicht	
Geschlecht	Größe	
APGAR	pH	
Entbindungsmodus		
Frühgeburt/ Grund		
Plazenta (Komplikationen, Ablösung, Infarkte)		

8.7. Anamnesebogen

Sehr geehrte Patientin,

herzlichen Glückwunsch zur Geburt Ihres Kindes!

Aus Ihrer Schwangerschaft wissen Sie, wie wichtig es ist mit Ultraschalluntersuchungen festzustellen, ob es Ihrem Kind gut geht und wie es sich entwickelt. Die Entwicklung ist durch die Messung des Gewichts Ihres Kindes kontrolliert worden. Das Gewicht wurde indirekt mit Schätzformeln bestimmt. In diese Schätzformeln gehen bisher nur Werte des Kindes selbst ein. Da aber Faktoren wie Größe, Gewicht, Herkunft der Eltern durchaus einen Einfluß auf das Gewicht des Kindes haben, ist es unser Anliegen auch diese zu berücksichtigen und die Schätzformeln zu optimieren.

Ich bitte Sie deshalb um Ihre Mithilfe.

Ihr	Vater des Kindes
Name u. Vorname	
Geburtsdatum	Geburtsdatum
Geburtsort	Geburtsort
Nationalität	Nationalität
Körpergröße	Körpergröße
Körpergewicht	Körpergewicht

- vor der Schwangerschaft
- vor der Entbindung

Welchen Einflüssen waren Sie während der Schwangerschaft ausgesetzt?

	nein	ja	welche		nein	ja	
Medikamente				Zigaretten			Stück/Tag:
Drogen				Diabetes mellitus			
Infektionen				Alkohol			
Strahlenbelastung				Bluthochdruck			
Herzfehler				sonstige			
Nierenerkrankungen							

Haben Sie bereits Kinder? Nein JA

Wenn ja	1. Kind	2. Kind	3. Kind	4. Kind
Geburtsdatum				
Geschlecht				
Geburtsgewicht				
Geburtsgröße				
Schwangerschaftswoche bei der Geburt				
Entbindung: spontan, Kaiserschnitt, Zange, Glocke				
Frühgeburt, warum? Komplikationen				

Hatten Sie bereits Fehlgeburten? Nein Ja wann?

Vielen herzlichen Dank !

Bei weiteren Fragen können Sie sich gerne an mich wenden:

Tanja Frimmel
St.Veit-Str.6
81673 München
Tel.089/43589243

8.8. Test auf Normalverteilung der Geburtsgewichte

Test auf Normalverteilung

Kolmogorov-Smirnov (a)			
	Statistik	df	Signifikanz
Geburtsgewicht	0,046	147	0,200*

* Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

(a) Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Univariate Statistiken

			Statistik	Standardfehler
Geburtsgewicht	Mittelwert		3324,93	46,66
	90% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	3247,69	
		Obergrenze	3402,16	
	5% getrimmtes Mittel		3331,69	
	Median		3350,00	
	Varianz		320046,234	
	Standardabweichung		565,73	
	Minimum		1625	
	Maximum		4880	
	Spannweite		3255	
	Interquartilbereich		750,00	
	Schiefe		-,184	,200
	Kurtosis		,362	,397

Danksagung

Diese Arbeit entstand von
November 2000 bis Juni 2002
in der Geburtshilfe der Frauenklinik des Klinikums rechts der Isar.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater **Herrn Professor Dr. KTM Schneider** für die Überlassung des interessanten Dissertationsthemas, sowie für die wissenschaftliche Anleitung und Unterstützung und sein stetes Interesse am Fortgang dieser Arbeit.

Meiner Betreuerin **Frau Dr. med. Alexandra Humbert** danke ich ganz herzlich dafür, dass sie mit viel Zeit, Interesse, Geduld und Antworten auf alle Fragen sowohl den klinischen, als auch den statistischen und schriftlichen Teil meiner Arbeit in besonders angenehmer Art ausgezeichnet unterstützt und begleitet hat.

Ebenso danke ich **Frau Busch** und **Herrn Hennig**, mit deren Hilfe die statistische Aufarbeitung des umfangreichen Datenmaterials möglich wurde.

Ich danke allen **Ärzten, Schwestern, Hebammen** und sonstigen Mitarbeitern der Frauenklinik der TU München, die mir in den vielen kleinen Problemen der Arbeit jederzeit mit Rat und Tat geholfen haben und in deren Team ich mich sehr wohlfühlt habe. Besonders bedanke ich mich auch **Frau Dr. Bettina Kuschel** für das Aufnehmen der Biometriebilder und bei **Frau Korff** für ihre liebe Unterstützung.

Zuletzt danke ich noch **meinen Eltern** und meiner **Schwester Sonja** für ihr Vertrauen in mich und meine Arbeit.