

Fehler bei der sonografischen Bestimmung des Schwangerschaftsalters

Ulrich Wieland¹, Sven Hildebrandt²

Die Beurteilung geburtshilflicher Parameter beruht in vielen Fällen auf dem Abgleich mit dem Schwangerschaftsalter. Das bedeutsamste Beispiel hierfür ist das Management der sogenannten „Übertragung“, bei dem eine physiologisch verlängerte Schwangerschaftsdauer von einer das Kind gefährdenden Blockade des Geburtsbeginns abgegrenzt werden muss. Ohne eine zuverlässige Bestimmung der genauen Schwangerschaftswoche kann es zu Unsicherheiten kommen, die unter Umständen eine Interventionskette auslösen und das geburtshilfliche Risiko erhöhen. Doch wie verlässlich sind die gängigen Verfahren zur Bestimmung des Schwangerschaftsalters?

Die retrospektive Festlegung des Schwangerschaftsalters mittels Sonografie beruht auf Berechnungen, die aufgrund natürlicher und individueller Einflüsse sowie technischer und subjektiver Mess- Ungenauigkeiten stark fehlerbehaftet sind. Gynäkologen sollten daher voraussetzen, dass das Ergebnis der Altersbestimmung per Ultraschallgerät einer hohen Toleranzbreite und archetypischer Fehlerfortpflanzung unterliegt. Aufgrund dieser Toleranz ist die sonografische Bestimmung des wahrscheinlichen Konzeptionstermins wie nachfolgend dargelegt nur als grobe Abschätzung, nicht jedoch als genaue Festlegung möglich. Die Belastbarkeit einer solchen Aussage ist gering und darf daher nur begrenzt für therapeutische Entscheidungen genutzt werden.

In der klinischen Praxis hat sich für den Medianwert der wahrscheinlichen Schwangerschaftsdauer der irreführende Terminus „errechneter Geburtstermin“ etabliert. Dauert die individuelle Schwangerschaft länger als die

statistische 50. Perzentile, wird mit umgangssprachlichen Begriffen wie „drei Tage drüber“ oder „Übertragung“ bewusst oder unbewusst eine scheinbare Pathologie herbeigeführt, die in den meisten Fällen gar nicht vorliegt. Geburtshilfliche Entscheidungen wie z. B. eine Geburtseinleitung oder eine terminierte Indikationssectio bauen dabei stets auf einer in der Regel sonografisch festgelegten Schwangerschaftswoche auf. Dabei wird meist nicht beachtet, dass diese fehlerhaft sein könnte. Die möglichen forensischen Konsequenzen nicht korrekt indizierter Interventionen sind Geburtshelfern dabei oft nicht bewusst.

Bedenklich wäre auch, wenn ein solcher unsicherer geschätzter Mittelwert als Grenzwert für die Erlaubnis oder Bezahlung außerklinischer Geburtshilfe verwendet würde oder Bedingungen, etwa zusätzliche ärztliche Untersuchungen, daran geknüpft würden. Genau dies steht jedoch aktuell nach den Entscheidungen des Spitzenverbands der GKV mit den Hebammenverbänden zur Debatte.

Grundlagen

Die Schwangere hat großes Interesse an einer Angabe, wann mit der Ge-

burt des Kindes zu rechnen ist. Neben der persönlichen Orientierung hängt davon auch der Beginn der Mutterschutzfrist ab.

Da die Schwangerschaftsdauer individuell sehr stark streuen kann (17), ist eine genaue Vorhersage des „Geburtstermins“ jedoch grundsätzlich nicht möglich. Eine Reihe von Einflüssen wirkt sich auf die Schwangerschaftsdauer aus – und viele davon werden zudem erst im letzten Trimenon wirksam (s. Tab. 1).

Aus diesem Grund gibt es seit etwa 60 Jahren die Bestrebung, wenigstens eine der Variablen, nämlich den genauen Beginn der Schwangerschaft, retrospektiv mit sonografischen Messungen einzugrenzen. Aus dieser Vermessung erfolgt dann eine Hochrechnung auf den voraussichtlichen Geburtszeitraum.

Auf dem Datenausgabeprotokoll eines modernen Ultraschallgeräts gibt es üblicherweise zwei Datumsangaben: „Voraussichtlicher Geburtstermin nach letzter Periode“ = VGT(LP) sowie „voraussichtlicher Geburtstermin nach Ultraschall“ = VGT(AUA) (Beispiel siehe Abb. 1). Am Bildschirm werden somit zwei scheinbar eindeutige Termine genannt. Eine Geburt, die nach dem errechneten Datum liegt, wird häufig als risikobehaftet eingeschätzt (16). Tatsächlich aber sind beide Daten nur extrapolierte Werte mit hoher Unsicherheit, die auf Basis einer kalendarisch bzw. sonografisch ermittelten Bestimmung des Schwangerschaftsalters hochgerechnet werden.

Im Folgenden wird zu drei Bereichen der Terminermittlung eine Fehlerbeurteilung angestellt, um die tatsäch-

¹ DRK-Krankenhaus Lichtenstein, Bereich Biomedizintechnik/IT

² Hochschule Fulda, Fachbereich Pflege und Gesundheit

Faktoren mit Einfluss auf fetale Größe bzw. Schwangerschaftsdauer

- **Geschlecht:** 2 Tage längere Schwangerschaft bei Mädchen (7, 12)
- **Alter der Mutter:** bei Müttern über 35 Jahre 2 Tage kürzere Tragzeit (1)
- **Anzahl der Schwangerschaften:** Mehrgebärende unter 35 haben eine im Mittel um 2 Tage kürzere Schwangerschaftsdauer. (2, 12)
- **Jahreszeit:** kürzeste Tragzeit im Dezember (1)
- **Rasse:** Die in Tabelle 2 genannten Autoren verwendeten zur Erstellung der Tabellen vermutlich meist Feten der europäischen (sog. „kaukasischen“) Rasse. Korrekt wäre es, z. B. für asiastämmige Feten andere Formeln zu nutzen, z. B. Tokyo oder Shinozuka (13). Bei der kaukasischen Rasse weichen die der Berechnung zugrunde liegenden Maße gelegentlich um mehrere Wochen gegenüber den Größenverhältnissen der asiatischen oder anderer Rassen ab.
- **Erkrankungen des Stoffwechsels:** z. B. Diabetes: Kinder sind häufiger makrosom
- **Ernährungsgewohnheiten**
- **Bewegung der Mutter**
- **Blutungen nach der 24. SSW (2)**
- **Bestimmungstag:** Das fetale Wachstum ist keine lineare Funktion, sondern verläuft zeitweise in Schüben, die in den Tabellen nicht unmittelbar berücksichtigt sind.
- **Retardierungen (SGA) und Makrosomien (LGA) (7)**
- **Alkohol- und/oder Nikotin-Abusus (12)**
- **Zustand nach Sectio (1)**
- **Luftqualität der Umwelt (10)**
- **familiäre bzw. genetische Prägung**
- **maternaler Body-Mass-Index (BMI):** >35 kann zu längerer Schwangerschaftsdauer führen (12)
- **niedriger sozioökonomischer Status (12)**
- **Abstand zwischen Ovulation und Einnistung (17)**

Tab. 1: Einige bekannte bzw. diskutierte, bei der sonografischen Terminberechnung nicht berücksichtigte Einflussfaktoren auf fetale Größe und Schwangerschaftsdauer, die den Berechnungsfehler vergrößern können

liche Belastbarkeit und Zuverlässigkeit der beiden nach diesen Verfahren errechneten Termine zu verdeutlichen.

■ Kalendarische Bestimmung des Gestationsalters (GA) nach letzter Periode (LP)

Nach einer international gültigen „Übereinkunft“ (4) wird anhand des ersten Tages der letzten Regelblutung ein mutmaßliches Alter der Schwangerschaft und auf dessen Basis ein voraussichtlicher Geburtstermin mittels der „Naegle-Regel“ bestimmt.

Unsinnigerweise erfolgt damit die Altersangabe „post menstruationem“ – der Konzeptionszeitpunkt liegt am Beginn der 3. SSW, was offenbar weltweit niemanden zu irritieren scheint. Bereits auf dieser Annahme beruht jedoch eine ernst zu nehmende Fehlerquelle, denn die Methode setzt eine Konzeption am Tag 14 p.m. voraus. Ein großer Teil der Schwangerschaften tritt jedoch zum Teil deutlich später ein, was die Altersangabe gravierend verfälschen kann.

■ Sonografische Berechnung

– Schritt 1: Biometrische Vermessung kindlicher Parameter

Biometrie bedeutet in diesem Zusammenhang: Gewinnung von Messwer-

ten aus einem Ultraschallbild. Der Untersuchende muss dabei auf dem Bildschirm mehrere Marker auf Bildbereiche setzen, an denen infolge von Helligkeitsunterschieden eine gesuchte Struktur (z. B. Schläfen,

EFW (Hadlock)	Wert	Bereich	Alter	Bereich	Wachstum
AU/BPD/FL/KU	335g	± 49g			Hansmann N/A

2D Messungen	AUA	Wert	m1	m2	m3	Meth.	Alter	Bereich	Abw.
BPD (Merz)	✓	4.20 cm	4.20			etztes	18W0T	16W1T-19W6T	<5.0%
OFD (Merz)	✓	6.25 cm	6.25			avg.	20W3T		42.8%
KU* (Hadlock)	■	16.57 cm	16.57				19W2T	17W6T-20W5T	3.4%
AU (Merz)	✓	15.35 cm	15.35			avg.	21W3T	19W6T-23W0T	67.8%
TAD (Merz)	✓	3.99 cm	3.99			avg.	18W2T		<5.0%
FL (Merz)	✓	3.22 cm	3.22			etztes	20W2T	18W4T-21W5T	12.7%

2D Kalkulationen	Wert	FL/BPD	FL/AU
CI (BPD/OFD)	67% (70 - 86%)		77% (GA: OOR)
FL/KU (Hadlock)	19% (16 - 20%)		21% (20 - 24%)
KU/AU (Campbell)	1.08 (1.07 - 1.25)		

Abb. 1: Beispiel eines Protokollausdrucks des Ultraschallgeräts Voluson 730 Pro der Firma GE. Auf dem Bild werden die Abweichungen für die gemessenen Größen des (hier anonymisierten) Feten vom Normwert der jeweiligen Tabelle deutlich.

Oberschenkelknochen oder Scheitel des Kindes) erkannt wird. Mittels der Ausmessung dieser Markerabstände oder von nachgezeichneten Schallechos auf dem Bild werden Längenmaße bestimmt.

– **Schritt 2: Ableitung des Schwangerschaftsalters und anderer Schätzdaten unter Verwendung empirisch ermittelter Formeln**

Geburtshilfliche Normtabellen (Beispiele sind in Tabelle 2 aufgelistet) werden auf Basis diverser fetaler Messdaten per Regression gewonnen. Je nachdem, in welchem Schwangerschaftsalter die Messung am Ultraschallbild durchgeführt wird und welche Tabelle dabei ausgewählt wurde, berechnet das Gerät aus solchen Tabellen/Formeln ein geschätztes Fetalgewicht, meist ein geschätztes Fetalalter sowie daraus einen geschätzten Geburtstermin.

Fehlerbetrachtung

■ **Kalendarische Terminberechnung mittels Anwendung der sogenannten Naegele-Regel = VGT(LP).**

Die kalendarische Terminberechnung erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird anhand des von der Schwangeren angegebenen Datums der letzten Regelblutung der mutmaßliche Beginn der Schwangerschaft bestimmt. Anschließend erfolgt sowohl im Ultraschallgerät als auch in anderen Terminrechnern eine „Berechnung“ des VGT(LP), indem ein 280 Tage später liegendes Datum angezeigt wird. Dabei kommt es zu folgenden Unsicherheiten:

– **Fehlerpotenzial durch Differenzen zwischen angesetztem und tatsächlichem Schwangerschaftsalter**

Der Beginn der Schwangerschaft und damit die genaue Berechnung der Schwangerschaftsdauer sind nicht direkt bestimmbar (5). Die Zeiten der Follikelreifungsphase, die Zeit zwischen der Ovulation und der Konzeption sowie die Zeit zwischen Konzeption

und Beginn der Zellteilung unterliegen einer großen individuellen Schwankungsbreite (4).

Dessen ungeachtet wird für die Bestimmung des Schwangerschaftsalters nach letzter Periode die Zykluslänge pauschal mit 28 Tagen verabredet (4). Da sie jedoch bekanntermaßen sowohl individuell als auch interindividuell in einem weiten Bereich schwanken kann (Zyklen zwischen 21 und 35 Tagen werden als normal angesehen (4)), kann der tatsächliche Beginn der Schwangerschaft in einem Bereich von mehr als einer Woche um den „gemäß Übereinkunft“ (4) festgelegten Beginn streuen.

Bei Zykluslängen ungleich 28 Tagen könnten Abweichungen des Zeitpunkts des Schwangerschaftsbeginns eigentlich mittels der sogenannten „Erweiterten Naegele-Regel“ berücksichtigt werden. Diese Erweiterung ist aber üblicherweise nicht in den Ultraschallgeräten implementiert (13, 18).

Eine zusätzliche Unsicherheit liegt in der fraglichen Zuverlässigkeit der Angabe des Datums der letzten Periode. Nicht in jedem Fall kann vorausgesetzt werden, dass diese korrekt ist, in der Literatur werden Werte um 20 % für fehlerhafte Angaben der Schwangeren genannt (14).

– **Fehlerpotenzial durch Differenzen zwischen angesetzter und tatsächlicher mittlerer Dauer der Schwangerschaft**

1990 wurde in einer schwedischen Studie mit 427.581 Einlingsschwangerschaften (1) festgestellt, dass die tatsächliche durchschnittliche Schwangerschaftsdauer nicht, wie vom Heidelberger Gynäkologen Franz Naegele (1778–1851) ermittelt, 280, sondern 282 Tage (Zentralwert) bzw. 283 Tage beträgt (Modalwert). Auch weitere Studien auf Basis von Hormonbestimmungen (2, 17) kommen zu demselben Ergebnis. Gynäkologen und Hebammen verwendeten somit

offenbar seit geraumer Zeit eine um 2 bzw. 3 Tage zu kurze Schwangerschaftsdauer zur Errechnung des geschätzten Geburtstermins.

Jukic et al. geben in einer Studie des National Institute of Environmental Health Sciences zudem eine hohe natürliche Schwankungsbreite für die Dauer nichtpathologischer Schwangerschaften von –23 bis +17 Tagen um den verlässlich ermittelten Zentralwert herum an (17).

Bei der Bestimmung des Fetalalters nach LP müssten also mehrere Variablen berücksichtigt werden:

- etwa 1 bis 2 Tage für die Schwankungsbreite der Zeit zwischen Ovulation und Konzeption (4),
- Abweichungen der individuellen Zykluslänge von der per Definition festgelegten Spanne und
- eine natürliche Schwankungsbreite der Schwangerschaftsdauer (Tragzeit).

Ein Ultraschallgerät bezieht diese Variablen typischerweise nicht ein, sondern berechnet nach der einfachen Naegele-Regel (18).

Somit kann der als Berechnungsgrundlage für den Geburtstermin nach (Beginn) der letzten Periode VGT(LP) dienende Startwert (Konzeption) durchaus mit ± 10 Tagen fehlerbehaftet sein.

Wird davon ausgehend daraus der VGT(LP) ermittelt, müssten zudem noch 2 bis 3 Tage des systematischen Fehlers für die Schwangerschaftsdauer berücksichtigt werden – Ultraschallgeräte rechnen aber stets mit 280 Tagen post menstruationem (18).

Zudem repräsentiert der daraus errechnete Termin lediglich das Ergebnis eines statistisch zu definierenden Mittelwerts der Schwangerschaftsdauer. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schwangerschaftsdauer nichtpathologischer Geburten wie alle biologischen Wachstumsprozesse annähernd einer Normalverteilung

Einige Autoren von Regressionsformeln oder Schätztabellen

- Naegele 1830
- Willocks et al. 1964
- Thompson 1965
- Kohorn 1967
- Hellmann 1967
- Holländer 1972
- Campbell, Wilkin 1975
- Warsof 1977
- Hansmann 1978
- Shepard 1982
- Merz 1988
- Hadlock 1985
- Shinozuka 1996
- Humbert 1998 (8)
- Schild 2004
- Rempen 2001 (8)
- Hilbert 2009 (11)

Tab. 2: Einige Autoren von Regressionsformeln oder Schätztabellen, aus denen der Mittelwert der Terminerwartung bzw. das geschätzte Geburtsgewicht abgelesen werden kann (7, 8, 11, 13)

Messparameter, auf denen die Schätztabellen unterschiedlich aufbauen (7)

- **BPD:** Biparietaler Durchmesser (Kopfdurchmesser von Schläfe zu Schläfe)
- **SSL:** Scheitel-Steiß-Länge
- **KU/HC:** Kopfumfang
- **AU/AC:** Abdomenumfang
- **ATD:** transversaler bzw. **ASD:** anterior-posteriorer Abdomendurchmesser
- **FL:** Femurlänge (Oberschenkelknochenlänge)
- **HL:** Humeruslänge (Oberarmknochenlänge)
- **FOD/OFD:** fronto-okzipitaler Durchmesser

Tab. 3

lung unterliegt (3). Mögliche bzw. bekannte Einflussfaktoren sind in Tabelle 1 (auf S. 845) aufgeführt.

Bekanntermaßen wird der erwähnte Mittelwert in Schwellen- und Industrieländern heutzutage meist durch menschliches Handeln (vorzeitige Geburtseinleitung oder Geburtsbe-

dingung) beeinflusst. Seit 1990 hat sich etwa in den USA die Häufigkeit der Geburten zwischen 40+0 und > 42+0 SSW von 48 % auf 33,7 % reduziert (12).

■ Fehlerpotenzial der Biometrie

Schon beim Festlegen der Messwerte aus dem Ultraschallbild kommt es zu Abweichungen, die keinen geringen Einfluss auf die Ermittlung des voraussichtlichen Geburtstermins haben. Da die Laufzeiten der Schallechos durch die inhomogenen biologischen Strukturen auf dem Schallweg physikalisch bedingt verfälscht werden, erfolgt die Längenmessung über eine bereits toleranzbehaftete Zeitmessung des Echosignals. Zudem muss bei der Skalierung des Bildschirms mit einer Näherung (Kalibrierung) gearbeitet werden, die ebenfalls und zwangsläufig weitere Ungenauigkeiten nach sich zieht.

Beispielsweise beträgt der relative Messfehler eines modernen geburts-hilflichen Siemens-Geräts (*ACUSON S2000 Helix*) bei Verwendung des Convex-Schallkopfes mit erweitertem Bildfeld immerhin $\pm 8\%$ der Distanz oder mindestens 2,5 mm, beim Linear-Schallkopf 5 % der Distanz oder mindestens 2,5 mm (15). Bei aktuellen Geräten der Firma General Electric (GE) liegen die relativen Messfehler bei vergleichbaren Messungen ebenfalls bei $\pm 7\%$ im 2D-Mode (19).

Umfangsberechnungen verursachen zudem zwangsläufig weitere Differenzen. Der Umfang einer Messfläche wird meist aus zwei Streckenmessungen näherungsweise als Ellipsenumfang berechnet – ungeachtet der tatsächlichen geometrischen Form. Auch bei der Umfahrmethode treten verfahrensbedingte Abweichungen auf: So ist die umfahrene Fläche beim oben genannten Siemens-Gerät mit 6 % oder mindestens 1,5 cm² fehlerbehaftet (15). Die Messung des BPD oder des AD kann zusätzlich durch lagebedingte Kompression beeinflusst werden (4).

Größer noch sind jedoch die als subjektiv einzustufenden Toleranzen, denen die Untersuchenden unterworfen sind: Es kommt bei der Bildgewinnung auf den verwendeten Schallkopftyp (Abdominal- oder Vaginalschallkopf), die Schallfrequenz, die korrekte Schnittebene, das Bildberechnungsverfahren sowie auf eine korrekte Markerplatzierung an (7). Eine Markierung der auszumessenden Echostruktur hängt von der Erfahrung des Untersuchenden, der Genauigkeit der Markerplatzierung und von den technischen Parametern des Ultraschallgeräts ab.

Wenn man einen Cursor auf einem mehrere Pixel breiten, meist nur unscharf abgegrenzten Schallecho nicht an der richtigen Stelle setzt oder den Schallkopf nicht genau in der richtigen Ebene oder im richtigen Winkel platziert, entstehen Messfehler von bis zu mehreren Millimetern, was bei den kleinen Strukturen vor allem in den ersten 12 Schwangerschaftswochen terminliche Abweichungen bei der GA-Bestimmung von mehr als einer Woche bei 20 % der Fälle ergeben kann (4, 6). Rempen weist darauf hin, dass „das Schwangerschaftsalter rechnerisch häufiger über- als unterschätzt“ wird. Er warnt insbesondere bei kleinen Messwerten davor, dass dann „bei einer Überschreitung des rechnerischen Termins eine Übertragung zu Unrecht diagnostiziert“ werden könnte ((4), S. 338).

Wird die Messung von einem zweiten Arzt – noch dazu gegebenenfalls mit einem anderen Ultraschallgerät – durchgeführt, kann sich der errechnete Termin allein durch individuelle Einflüsse um mehrere Tage bis sogar Wochen verschieben. Exemplarisch zeigt eine Studie der Universität Erlangen für die sonografisch basierte Gewichtsschätzung eine prozentuale Abweichung je nach Untersuchenden von mindestens 7 %, in einer Stichprobe sogar von über 25 % (6).

Zuverlässigkeit der Normtabellen

Eine wichtige, bisher völlig unterschätzte Frage ist, wie und unter welchen Studienbedingungen das zugrunde liegende Datenmaterial geburtshilflicher Normtabellen, insbesondere die Bestimmung des Gestationsalters, entstand und mit welchen Fehlern es behaftet ist. Gerade wegen der hohen Unsicherheit und wegen der Zweifel an ihrer Zuverlässigkeit und Genauigkeit wurden in der Vergangenheit immer wieder neue Tabellen bzw. Formeln entwickelt oder weitergeführt, die teilweise mit anderen Parametern arbeiten oder aber bestimmte Zeiträume aus der Ermittlung des Schätzwerts ausschließen (7, 13) (s. Tab. 2 auf S. 847). Letztlich verwendet aber wohl jeder Untersucher vermutlich diejenige Tabelle, zu der er das größte Vertrauen hat – oder aber einfach die, die ihm von Dritten empfohlen bzw. standardmäßig im Gerät hinterlegt wurde.

Die Autoren von Normtabellen selbst weisen in der Regel auf die große Streubreite der Daten für die retrospektive Ermittlung des Schwangerschaftsalters hin: Exemplarisch sei hier das von Rempen in (4), S. 339 erwähnte 90%ige Vertrauensintervall für eine Schei-

tel-Steiß-Länge (SSL) bei 16 mm von ± 5 Tagen, bei 32 mm von ± 6 Tagen genannt, auf das auch die Leitlinie „Standards zur Ultraschalluntersuchung in der Frühschwangerschaft“ der DGGG (16) Bezug nimmt.

Wohlgemerkt bezieht sich diese Toleranzangabe ausdrücklich nur auf die in der Tabelle angegebenen Messwerte und deren zugrunde liegende Streuung. Da die Gewinnung des biometrischen Messwerts selbst jedoch nochmals mit mindestens 5–8 % fehlerbehaftet ist, kann vermutet werden, dass eine Fehlerfortpflanzung zu einer weit größeren Unsicherheit führt. Selbst wenn diese tatsächlich, wie auf S. 31 der S1-Leitlinie 015/065 der DGGG „Vorgehen bei Terminüberschreitung und Übertragung“ (12) ohne Angabe einer Quelle behauptet wird, nur ± 3 Tage betrüge (was nicht belegt wird), würde diese Toleranzangabe nicht den relativen Fehler der Terminbestimmung, sondern lediglich die Genauigkeit des Startwerts (Konzeption) ausdrücken.

Bei der Bestimmung des Gestationsalters (GA) mittels Messung des Abdomenumfangs differieren die Er-

gebnisse sogar um Wochen. Verwiesen sei hier auf die 1991 veröffentlichte Normtabelle nach Merz (14), bei der z. B. bei einem Abdomenumfang von 6,0 cm ein GA im Bereich von 11w2d bis 13w5d für das 90%ige Vertrauensintervall angegeben wird. Somit räumt auch die sonografiegestützte GA-Bestimmung über den Abdomen-Umfang vor der zwölften Schwangerschaftswoche bis zu 17 Tage Spielraum für das zu dieser Zeit ermittelte Schwangerschaftsalter ein.

Nicht unerwähnt bleiben sollen bei der Betrachtung der Zuverlässigkeit dieser Tabellen auch die „Rundungsfehler“ infolge von Interpolationen und unterschiedlichen Schrittlängen der Tabellen.

Außerdem sollte sehr kritisch geprüft werden, welche fetalen Messungen seinerzeit zur Aufstellung der Gestationsalter-Tabellen geführt haben und welche Kriterien bei der Auswahl der Feten berücksichtigt oder vernachlässigt wurden. Sind z. B. bei der Auswahl der vermessenen Feten Gründe für frühe Fehlgeburten oder Abruptiones, Parität, Alter der Mutter, Rasse, Geschlecht, Ernährung usw. (s. Tab. 1 auf S. 845) einbe-

zogen worden? Zudem wäre es entscheidend, wie genau bei der Erstellung der Schätztabellen das Gestationsalter bekannt war und ob es mit einer von der Sonografie unabhängigen Methode ermittelt wurde. Wenn nicht – was aufgrund der Schwierigkeiten einer genauen nachträglichen Bestimmung des Konzeptionstermins stark zu vermuten ist – sind alle darauf basierenden Hochrechnungen und erst recht alle Aussagen zum therapeutischen Vorgehen einer sehr kritischen Würdigung zu unterziehen.

Mittels Östrogen/Progesteron-Ratio lässt sich zumindest der Ovulationstermin und mittels β -hCG-Analyse der Nidationstermin recht genau bestimmen. Die in der erwähnten Studie des National Institute of Environmental Health Sciences in Durham/North Carolina im Jahre 2012 verwendete Methodik ermittelte (nach eigener Aussage erstmalig) die Schwangerschaftsdauer über eine nachträgliche Analyse eingefrorener Urinproben (17). Im Gegensatz zur Sonografie scheint dieser Weg über die Hormonbestimmung zumindest im Ansatz belastbarer und genauer zu sein.

Eine ähnliche Fehlergröße bei der Bestimmung des fetalen Gewichts wird auch in einer aktuellen Dissertation der Universität Erlangen über den „Einfluss des Untersuchers auf das geschätzte Fetalgewicht“ gezeigt (7). Es ist davon auszugehen, dass auch die Fehler der auf den gleichen Parametern basierenden sonografiegestützten Terminbestimmungen

einer vergleichbaren Spannweite unterliegen.

■ Fehlerpotenzial bei der GA-Bestimmung mittels statistischer Verfahren

Seit den 60er-Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde von namhaften Gynäkologen eine Vielzahl von Größen- oder Normtabellen für die So-

nologie erstellt. Die Daten wurden zumeist mit den seinerzeit modernen, heute aber veralteten Ultraschallgeräten durch Vermessung von Feten und/oder durch retrospektiven Vergleich der mittels Ultraschall gewonnenen Messdaten mit dem tatsächlichen Geburts- oder Fetalgewicht gewonnen (s. Tab. 2 auf S. 847).

Allein im Gerät *Voluson 730* der Firma General Electric (GE) sind immerhin 272 solcher Tabellen hinterlegt – ein Hinweis darauf, dass es hier nicht um „Norm“- sondern eher um „Näherungs“-Tabellen geht (13).

Die aus fetalen Messdaten mithilfe statistischer Methoden bestimmten Formeln entstanden wohl üblicherweise, indem man sonografische und anatomische Messwerte an Feten „bekanntem“ (oder geschätztem?) Alters ermittelte, „Ausreißer“ entfernte und eine Regressionsfunktion generierte, die dem Trend aller Werte möglichst nahe kam. Die erfolgte Altersbestimmung dürfte aus den oben genannten Gründen zwangsläufig unsicher gewesen sein, da sie erst retrospektiv ermittelt wurde.

Selbst bei aktuellen Tabellen, die mittels moderner, genauerer Ultraschallgeräte und unter Nutzung einer Vielzahl von Messparametern erstellt wurden, wird die Bestimmung des Gestationsalters der Probanden in der Regel auf die sonografisch gemessene Schädel-Steiß-Länge im ersten Trimenon zurückgeführt – mithin auf eine biometrische Größe, deren Messung wie erwähnt einer erheblichen Toleranz unterworfen ist (11).

■ Fehlerpotenzial bei der Hochrechnung auf den Geburtstermin

Nachdem über biometrische Messungen und Vergleich mit Normtabellen ein mutmaßlicher Konzeptionstermin geschätzt wurde, wird nun mit einer

Hochrechnung anhand einer stets zugrunde gelegten Annahme einer Schwangerschaftsdauer von 280 Tagen post menstruationem (p.m.) bzw. 266 Tagen post conceptionem (p.c.) ein mittlerer Geburtstermin vorhergesagt.

Die oben erwähnte natürliche Schwankungsdauer nichtpathologischer Schwangerschaften (SSD) von etwa fünf bis sechs Wochen wird ausdrücklich vom Ultraschallgerät nicht berücksichtigt, selbst wenn der Konzeptionstermin genau ermittelt werden könnte (17).

Erschwerend kommt hinzu, dass infolge einer Reihe von Einflussfaktoren die „normale“ Schwangerschaftsdauer beziehungsweise die Größen- und Gewichtsverhältnisse eines „Normalbabys“ individuell stark schwanken – wie es die Biologie bei allen Lebensformen beobachtet und beschreibt (s. Tab. 1 auf S. 845). Alle diese Faktoren berücksichtigt ein mit den oben genannten Basisdaten programmiertes Ultraschallgerät ausdrücklich nicht.

Die aufgezeigten Fehlerpotenziale der sonografiegestützten „Terminberechnung“ können sich somit zu mehr als ± 2 Wochen Abweichung addieren.

Schlussfolgerungen

„Geburtstermin-Berechnungen“ können stets nur statistische Betrachtungen (Schätzungen) sein. Die da-

bei zugrunde liegenden sonografischen Terminbestimmungsformeln sollten unbedingt genauer hinterfragt werden.

Selbst mit modernen Ultraschallgeräten kann eine genaue Terminvorhersage wie dargelegt ausdrücklich nicht geleistet werden. Im Gegenteil kann die Belastbarkeit von Risikoabschätzungen wie sie z. B. in der S1-Leitlinie 015/065 (12) genannt werden, angesichts der unsicheren Datenlage für die Terminbestimmung durchaus in Zweifel gezogen werden: Diese verlassen sich offensichtlich bei den angeführten Studien auf sonografisch ermittelte Termine, die wiederum auf sonografisch gewonnenen Normtabellen beruhen – möglicherweise ein Zirkelschluss retrospektiver Studien zur Ermittlung des Risikos infolge Terminüberschreitung.

Eine exakte Bestimmung des Konzeptionstermins und der tatsächlichen, unbeeinflussten Schwangerschaftsdauer sind Grundvoraussetzungen für die Evidenz von Studien zur mütterlichen und kindlichen Risikoabschätzung infolge sogenannter „Terminüberschreitungen“.

Abgesehen davon sollte die in der genannten Leitlinie verwendete Auslegung der Statistik zum intrauterinen Fruchttod bei Übertragung einer sorgfältigen Validierung unterzogen werden. Aus ingenieurtechnischer Sicht kann eine statistische Aussage, bei der die Risiken auf eine immer

geringere Anzahl bezogen werden, nicht als zulässig angesehen werden. Zudem ist eine Statistik wertlos, bei der die Datenbasis mit den erwähnten großen Unsicherheiten behaftet ist.

Da die Termine am Ultraschallgerät meist ohne Toleranzintervall ausgegeben werden, suggerieren sie eine hohe Genauigkeit – ein verhängnisvoller Irrtum. Sobald schwerwiegende therapeutische Entscheidungen wie geburtshilfliche Interventionen oder Operationen allein aus dieser unsicheren und fehlerbehafteten Termin- oder Gewichtsschätzung abgeleitet werden, ist dies nicht nur ethisch betrachtet fragwürdig, sondern möglicherweise forensisch relevant. Auch eine Nutzung als Schwellenwert zum Ausschluss von außerklinischen Geburten entbehrt damit einer belastbaren Grundlage, da es bisher keinen evidenzbasierten Nachweis für ein erhöhtes Risiko infolge von „Terminüberschreitung“ gibt. Im Gegenteil würde eine solche Grenzwertfestlegung zum errechneten Termin etwa die Hälfte aller Geburten ausschließen. Jeder geburtshilflich tätige Arzt und jeder Vertreter von Krankenkassen sollte sich bei der Entscheidung für einen Eingriff in die physiologischen Abläufe der geringen Belastbarkeit sonografisch errechneter Termine bewusst sein.

Das Anliegen dieses Beitrags ist es, die Belastbarkeit der sonografiebasierten Schätzung des Schwangerschaftsalters zu diskutieren und daraus einige Grundsätze für den Umgang mit den gewonnenen Daten abzuleiten:

■ **Bei der Berechnung alle relevanten Angaben einbeziehen**

Die Ermittlung des mutmaßlichen Konzeptionstermins und des Schwangerschaftsalters sollte immer in einer Gesamtschau aus anamnestischen Angaben (Zyklusanamnese, Sexualanamnese), letzter Menstruation und möglichst mehreren frühen Ultra-

schallbefunden (bis 10. SSW Scheitel-Steiß-Länge (SSL), dann Biparietaler Durchmesser (BPD)) erfolgen. Aus all diesen Angaben kann ein plausibler Mittelwert gefunden werden, auf den sich die Abschätzung des individuellen Schwangerschaftsalters stützt. Aus den genannten Gründen wäre es problematisch, sich bei geburtshilflichen Entscheidungen auf einen alleinigen Parameter wie z. B. letzte Periode oder SSL in der 11. SSW zu verlassen.

Es ist stets zugrunde zu legen, dass aus methodischen und physiologischen Gründen die berechneten Werte für das Schwangerschaftsalter selbst bei exakter sonografischer Bestimmung mit einer hohen Streubreite behaftet sind.

■ **Schwankungsbreiten in Leitlinien berücksichtigen**

Empfehlungen in Leitlinien sollten stärker die genannten Schwankungsbreiten berücksichtigen. Insbesondere darf eine Geburtseinleitung nicht ausschließlich aufgrund des Erreichens eines Schwangerschaftsalters erfolgen, sondern immer mit anderen biophysikalischen Parametern, die insbesondere Rückschlüsse auf die individuelle placentare Funktion erlauben, abgeglichen werden.

■ **In der Forschung das exakte Schwangerschaftsalter zugrunde legen**

Zukünftige Studien zur Untersuchung der perinatalen Morbidität und Mortalität im Verhältnis zum Schwangerschaftsalter sollten auf einer exakten Bestimmung des Schwangerschaftsalters beruhen. Diese ist mit den derzeitigen sonografischen Methoden und Geräten nicht mit hinreichender Genauigkeit zu leisten.

Literatur

Bei den Autoren oder in der Online-Version des Beitrags unter www.frauenarzt.de

Interessenkonflikte

S.H. und U.W. gaben an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Autoren



Dipl.-Ing. Ulrich Wieland

Dipl.-Ing. für Biomedizintechnik (FH) und für Informationstechnik
Objektleiter Biomedizintechnik/IT
DRK-Krankenhaus Lichtenstein
Hartensteiner Straße 42
09350 Lichtenstein
wieland.ulrich@drk-khs.de



Prof. Dr. med. Sven Hildebrandt

Professor für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
Fachbereich Pflege und Gesundheit
Hochschule Fulda
Leipziger Straße 123
36037 Fulda
info@dr-sven-hildebrandt.de

Literatur

zum Beitrag „Fehlerbetrachtung zur sonografischen Bestimmung des Schwangerschaftsalters“, FRAUENARZT 9/2016

- Bergsjö P, Denman DW, Hoffman HJ, Meirik O. Duration of human singleton pregnancy – a population-based study. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 1990; 69: 197-207. Abgerufen 5.6.2015 14:05 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2220340>.
- Smith GCS. Use of time to event analysis to estimate the normal duration of human pregnancy. *Hum Reprod.* 2001; 16(7), 1497-1500. Abgerufen am 5.6.2015 15:20 <http://humrep.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/16/7/1497>.
- Neugeborene in Schweizer Spitälern 2004, Resultate zu den Gesundheitsstatistiken in der Schweiz, Eidgenössisches Departement de3s Innern EDI, ISBN 978-3-303-14110-6, 2007. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/22/publ.Document.92385.pdf>. Abgerufen 22.6.2015.
- Künzel W (Hrsg), Bachmann G. Klinik der Frauenheilkunde und Geburtshilfe, Bd. 4, Schwangerschaft I, 4. Auflage 2000, ISBN 3-437-21890-5, S. 99, S. 338.
- Sautter T. Transvaginalsonografie: Lehrbuch und Lehratlas. Hippokrates, Stuttgart 1990, ISBN 3-7773-0899-4, S. 156.
- Siemer et al. Fetale Gewichtsschätzung in Abhängigkeit von verschiedenen Formeln und Untersuchungen (Fetal Weight Estimation by Ultrasound: Comparison of 11 Different Formulae and Examiners with Differing Skill Levels.) *Ultraschall Med.* 2008 Apr.; 29(2): 159-64, Poster zur Studie, Universitätsklinikum Erlangen.
- Deuringer C. Verwendung personalisierter Methoden zur fetalen Gewichtsschätzung mittels Ultraschall. Dissertation, Medizinische Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2012.
- Frimmel T. Verbessert sich die Gewichtsschätzung mit Ultraschall durch Einbeziehung der mütterlichen Größe? Dissertation, Frauenklinik und Poliklinik der TU München, Klinikum rechts der Isar, 2004.
- Baltzer et al, Praxis der Gynäkologie und Geburtshilfe, 1. Auflage 2004, ISBN 3-13-129151-6, S. 176.
- David et al. Differences in Birth Weight Associated with the 2008 Beijing Olympic Air Pollution Reduction: Results from a Natural Experiment, *Environmental Health Perspectives* vom 28.04.2015, abgerufen 8.6.2015 18:30, <http://ehp.niehs.nih.gov/1408795/>.
- Hilbert A. Neue Methoden zur fetalen Gewichtsschätzung mittels Ultraschalls. Dissertation, Klinik für Frauenheilkunde der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009.
- S1-Leitlinie 015/065 der DGGG: Vorgehen bei Terminüberschreitung und Übertragung. 2014.
- General Electric, Technical Publication H48651FE, Direction KTI106019-100, Rev. 4, Voluson 730xxx, 2010.
- Merz E, Goldhofer W, Timor-Tritsch E. *Ultrasound in Gynecology and Obstetrics.* Georg Thieme Verlag, 1991, pp. 326.
- Siemens Medical Solutions USA, Inc., Gebrauchsanweisung Ultraschallsystem ACUSON S2000 Helix, Produktversion 4.0, 2006.
- S1-Leitlinie 015/032 der DGGG: Standards zur Ultraschalluntersuchung in der Frühschwangerschaft. 2010.
- Jukic et al, National Institute of Environmental Health Sciences. Length of human pregnancy and contributors to its natural variation. 2013. Abgerufen 19.6.2015, <http://humrep.oxfordjournals.org/content/early/2013/08/06/humrep.det297.full.pdf+html>.
- Mitteilung des Siemens Headquarters engineering, per Mail, 23.06.2015.
- General Electric, Technical Publication 5661817DDW, Voluson E6,E8, E10 BT16 Advanced Acoustic Output References English, Rev. 1, June 2015.
- Wisner K. Standards-based determination of the estimated due date. *MCN Am J Matern Child Nurs.* 2016; 41(1): 58.
- Bond S. American College of Obstetricians and Gynecologists releases committee opinion on estimation of due date. *J Midwifery Womens Health.* 2015; 60(2): 221-2.
- Heyning M. Rate of postdates induction using first-trimester ultrasound to determine estimated due date: Wellington Regional Hospital audit. *Aust N Z J Obstet Gynaecol.* 2011; 51(5): 471.
- Vitale SG, Marilli I, Rapisarda AM, Iapichino V, Stancanelli F, Cianci A. Diagnosis, antenatal surveillance and management of prolonged pregnancy: current perspectives. *Minerva Ginecol.* 2015; 67(4): 365-73.
- Briscoe D, Nguyen H, Mencer M, Gautam N, Kalb DB. Management of pregnancy beyond 40 weeks' gestation. *Am Fam Physician.* 2005; 71(10): 1935-41. Review.
- Butt K, Lim K. Determination of gestational age by ultrasound. *Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada. J Obstet Gynaecol Can.* 2014; 36(2): 171-83.
- Vayssièrè C, Haumontè JB, Chantry A, Coatlevèn F, Debord MP, Gomez C, Le Ray C, Lopez E, Salomon LJ, Senat MV, Sentilhes L, Serry A, Winer N, Grandjean H, Verspyck E, Subtil D. Prolonged and post-term pregnancies: guidelines for clinical practice from the French College of Gynecologists and Obstetricians (CNGOF); French College of Gynecologists and Obstetricians (CNGOF). *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2013; 169(1): 10-6. doi: 10.1016/j.ejogrb.2013.01.026. Epub 2013 Feb 20. Review.