

publiziert bei:	 AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin		
AWMF-Register Nr.	085-002	Klasse:	S2e



Deutsche Gesellschaft für
Gynäkologie und Geburtshilfe e.V.



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR
ULTRASCHALL IN DER MEDIZIN

AWMF S2e LL 085-002

Ersttrimester Diagnostik und Therapie @ 11-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen

Version 1.2

Gültig von 1.1.2024 bis 31.12.2028

bitte wie folgt zitieren:

von Kaisenberg C, Kozlowski P, Kagan KO, Hoopmann M, Heling KS, Chaoui R,
Klaritsch P, Pertl B, Burkhardt T, Tercanli S, Frenzel J, C. Mundlos.
AWMF 085-002 S2e LL Ersttrimester Diagnostik und Therapie @ 11-13⁺⁶
Schwangerschaftswochen

Verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/085-002>

Leitlinienprogramm

Deutsche Gesellschaft für
Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG)



Österreichische Gesellschaft für
Gynäkologie und Geburtshilfe (OEGGG)



Schweizerische Gesellschaft für
Gynäkologie und Geburtshilfe (SGGG)



Leitlinieninitiative



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR
ULTRASCHALL IN DER MEDIZIN



ÖGUM

ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT
FÜR ULTRASCHALL IN DER MEDIZIN



SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ULTRASCHALL IN DER MEDIZIN
SEKTION GYNÄKOLOGIE UND GEBURTSHILFE



BVF

Berufsverband
der Frauenärzte



DEUTSCHE GESELLSCHAFT
FÜR PERINATALE MEDIZIN

DGPGM

Deutsche
Gesellschaft
für Pränatal-
und Geburtsmedizin

Herausgebende federführende Fachgesellschaften (paritätisch):

Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM) ([anmeldend](#), [federführend](#))
 Charlottenstr. 79/80
 10117 Berlin
 fon.: +49 (0)30 2060 8888-0
 fax: +49 (0)30 2060 8888-90
 e-mail: geschaeftsstelle@degum.de
www.degum.de

Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e.V. (DGGG)
 Repräsentanz der DGGG und Fachgesellschaften
 Jägerstraße 58-60
 10117 Berlin
 fon: +49 (0) 30 514 88 33 40
 fax: +49 (0) 30 51 48 83 44
 e-mail: info@dggg.de www.dggg.de

Leitlinieninitiative DEGUM, ÖGUM, SGUMGG

Österreichische Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (ÖGUM)
 Am Gestade 1
 AT-1010 Wien
geschaeftsstelle@oegum.at
<https://oegum.at>

Schweizerische Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin,
 Sektion Gynäkologie und Geburtshilfe (SGUMGG)
 Bahnhofstrasse 55
 Postfach
 CH-5001 Aarau
sgum@sgum.ch
<https://www.sgumgg.ch/site/index.php/de/kontakt>

Leitlinienprogramm der DGGG, OEGGG und SGGG

Österreichische Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (OEGGG)
 Frankgasse 8
 AT-1090 Wien
oeggg@oeggg.at
<http://www.oeggg.at>

Schweizerische Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (SGGG)
 Gynécologie Suisse SGGG
 Altenbergstraße 29
 Postfach 6
 CH-3000 Bern 8
sekretariat@sggg.ch
<http://www.sggg.ch/>

Zusammenfassung in einfacher Sprache:

Der Zeitpunkt 11-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen ermöglicht die Suche nach Schwangerschaftsproblemen.

Gelöst ist die Suche nach **Fehlbildungen**, **Chromosomenstörungen** und **Plazentaproblemen** (hoher Blutdruck & Eiweißausscheidung, intrauterine Wachstumsretardierung).

Zum Teil gelöst ist die Suche nach **Plazenta percreta** und **Vasa praevia**.

Ungelöst ist die Suche nach **Glukosestoffwechselstörungen** und **Frühgeburt**.

Für einen Teil der Probleme existieren im ersten Trimenon **Lösungsansätze**, die Eltern können intensiv beraten werden, die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Schwangerschaftsproblem später manifestiert, kann hinausgezögert und gesenkt werden.

Dies macht die Untersuchung für die Entscheidungsfindung bezüglich des besten **Managements** (Intervalle der **follow-up Untersuchungen** und **Prävention**) unverzichtbar.

Besteht keine Therapie bzw. wird ein Schwangerschaftsabbruch erwogen, kann dieser mit viel **niedrigeren Komplikationsraten** als im zweiten Trimenon angeboten werden.

In den meisten Fällen sind **weiterführende Untersuchungen nicht erforderlich** und die Eltern können **beruhigt** werden.

Eine erneute Untersuchung um 20 Schwangerschaftswochen zur Vervollständigung der **Fehlbildungsdiagnostik** wird empfohlen.

Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick:

Es wurde im Mai 2025 ein Amendment für frühes Screening auf Gestationsdiabetes ab S. 117 durchgeführt.

2.2	Empfehlung
EK	Wenn die Untersuchung nicht entsprechend des Standards dieser Leitlinie durchgeführt werden kann: <i>so//</i> die Patientin an eine Stelle überwiesen werden, wo die Untersuchung entsprechend dieser LL durchgeführt werden kann, die Patientin <i>so//</i> detailliert darüber informiert werden, was ein Ersttrimester Screening ist: • Beratung vor und nach der Untersuchung • Suche nach Fehlbildungen • Suche nach Präeklampsie und Wachstumsrestriktion, • Suche nach Chromosomenstörungen • Suche nach weiteren Schwangerschaftsproblemen (bei Indikation) und darüber, was die potentiellen Ergebnisse und Konsequenzen eines ETS sind. Die Beratung <i>so//</i> sicherstellen, dass jeder Patientin ein Ersttrimester Screening entsprechend dem Standard in dieser Leitlinie angeboten wird. Ist eines der Risiken nach ETS oder NIPT erhöht, <i>so//</i> die Schwangere rasch einer Institution zugeführt werden, die eine Abklärung durchführen kann, um unnötige Ängste zu vermeiden. starker Konsens (11/11)

4.1	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Für die Datierung des Schwangerschaftsalters zwischen 11-13⁺⁶ SSW, basierend auf der Scheitel-Steiß-Länge (SSL), <i>sollen</i> die Referenzwertkurven (Formeln) einer der folgenden fünf Autoren verwendet werden: Robinson et al., 1975, McLennan et al., 2008, Sahota et al., 2009; Verburg et al., 2008 or Papageorghiou et al., 2014. Die Messung der SSL <i>sol// immer</i> für die Bestimmung des Schwangerschaftsalters verwendet werden, außer bei IVF Schwangerschaften. Hier <i>sol//</i> der Konzeptionszeitpunkt verwendet werden.
Evidenzgrad 1a	Robinson HP, Fleming JE. A critical evaluation of sonar“crown-rump length” measurements. Br J Obstet Gynaecol 1975; 82:702–10. doi: 10.1111/j.1471-0528.1975.tb00710.x. McLennan AC, Schluter PJ. Construction of modern Australian first trimester ultrasound dating and growth charts. J Med Imaging Radiat Oncol 2008;52:471-9. doi: 10.1111/j.1440-1673.2008.01992.x. Verburg BO, Steegers EA, De Ridder M, Snijders RJ, Smith E, Hofman A, Moll HA, Jaddoe VVW, Witteman JCM. New charts for ultrasound dating of pregnancy and assessment of fetal growth: longitudinal data from a population-based cohort study. Ultrasound Obstet Gynecol 2008;31:388–96. DOI: 10.1002/uog.5225 Sahota DS, Leung TY, Leung TN, Chan OK, Lau TK. Fetal crown-rump length and estimation of gestational age in an ethnic Chinese population. Ultrasound Obstet Gynecol 2009;33:157–60. DOI: 10.1002/uog.6252 Papageorghiou AT, Kennedy SH, Salomon LJ, Ohuma EO, Ismail L Cheikh, Barros FC, Lambert A, Carvalho M, Jaffer YA, Bertino E, Gravett MG, Altman DG, Purwar M, Noble JA, Pang R, Vitoria CG, Bhutta ZA, Villar J. International standards for early fetal size and pregnancy dating based on ultrasound measurement of crown–rump length in the first trimester of pregnancy (INTERGROWTH-21st), for the International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2014. DOI: 10.1002/uog.13448 Savitz DA, Terry Jr JW, Dole N, Thorp Jr JM, Siega-Riz AM, Herring AH. Comparison of pregnancy dating by last menstrual period, ultrasound scanning, and their combination. Am J Obstet Gynecol 2002;187:1660–66. DOI: 10.1067/mob.2002.127601 Salomon LJ. Comment déterminer la date de début de grossesse? [How to date pregnancy?]. J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris). 2011 Dec;40(8):726-33. doi: 10.1016/j.jgyn.2011.09.016.
	starker Konsens (10/10)

4.2	Empfehlung
Empfehlungsgrad EK	Es <i>sollen</i> zwischen 11-13⁺⁶ SSW gemessen werden: SSL, NT, BPD Es sollten zusätzlich zwischen 11-13⁺⁶ SSW gemessen werden (optional): FHR, HC, AC, FL, NB, TR, DV, IT, UA, Cx
Evidenzgrad 5	von Kaisenberg C, Chaoui R, Häusler M, Kagan KO, Kozłowski P, Merz E, Rempen A, Steiner H, Tercanli S, Wisser J, Heling KS. Quality Requirements for the early Fetal Ultrasound Assessment at 11-13+6 Weeks of Gestation (DEGUM Levels II and III). Ultraschall Med. 2016 Jun;37(3):297-302. doi: 10.1055/s-0042-105514.
	starker Konsens (11/11)

4.3	Empfehlung	2016
EK	Es <i>sollen</i> zwischen 11-13⁺⁶ SSW für die frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik folgende Einstellungen durchgeführt werden (obligatorisch): • Schädel&Gehirn: Kalotte, Falx cerebri, Plexus chorioidei • Gesicht: Profil • Nacken: Nackentransparenz (NT)¹ • Wirbelsäule: • Herz&Thorax: Lage, Kontur, Vierkammerblick, Lungen • Abdomen: Magen, Bauchwand • Extremitäten: Arme und Beine • Urogenitaltrakt: Harnblase • Plazenta: Chorionizität, Amnionizität (Mehrlinge), Struktur	Es <i>sollten</i> zwischen 11-13⁺⁶ SSW für die frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik folgende Einstellungen zusätzlich eingestellt werden (optional): Intracranielle Transparenz (IT), Hirnstamm Augen, Kiefer, Lippen Nasenbein (NB)¹ Kontur Ausflusstrakte (Farbe), Drei-Gefäß-Trachea-Blick, Trikuspidalklappenfluss (TR)¹ Zwerchfell, Ductus venosus Fluss (DV)¹, NS Arterien bds. der Harnblase Hände & Füße (Femur, Tibia, Fibula, Humerus, Radius, Ulna) Nieren Lage, Ansatz der Nabelschnur, Aa. uterinae¹
	von Kaisenberg C, Chaoui R, Häusler M, Kagan KO, Kozlowski P, Merz E, Rempen A, Steiner H, Tercanli S, Wisser J, Heling KS. Quality Requirements for the early Fetal Ultrasound Assessment at 11-13+6 Weeks of Gestation (DEGUM Levels II and III). <i>Ultraschall Med.</i> 2016 Jun;37(3):297-302. doi: 10.1055/s-0042-105514.	
	starker Konsens (10/10)	

¹ Nach Aufklärung und Einwilligung (GenDG)/Zertifizierung durch die Fetal Medicine Foundation: NT, NB, TR, DV, Aa uterinae, Cx.

NB: Nasenbein, TR: Trikuspidalklappenfluss (Insuffizienz), DV: Ductus venosus Fluss (reverse A-Welle), IT: Intracranielle Transparenz

4.4	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Wenn eine frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik durchgeführt wird, <i>sollte</i> sie nach einem zuvor festgelegten Protokoll erfolgen.
Evidenzgrad 1a	Farraposo S, Montenegro N, Matias A. Evaluation of the role of first-trimester obstetric ultrasound in the detection of major anomalies: a systematic review. J Perinat Med 2014 Mar;42(2):141-9. doi: 10.1515/jpm-2013-0130. PMID:24216159 Whitworth M, Bricker L, Mullan C. Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. Cochrane Database Syst Rev. 2015 Jul 14;2015(7):CD007058. doi: 10.1002/14651858.CD007058.pub3.PMID:26171896 Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorgiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017 Oct;50(4):429-441. doi: 10.1002/uog.17246. Epub 2017 Sep 7.PMID: 27546497 Kaelin Agten A, Xia J, Servante JA, Thornton JG, Jones NW. Routine ultrasound for fetal assessment before 24 weeks' gestation Cochrane Database Syst Rev. 2021 Aug 26;8(8):CD014698. doi: 10.1002/14651858.CD014698.
	starker Konsens (10/10)

4.6	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Folgende Fehlbildungen können @11–13⁺⁶ SSW nahezu immer erkannt werden und <i>sollten</i> daher diagnostiziert werden: • Akranium / Exencephalie / Encephalocele (groß) • alobäre Holoprosencephalie • Omphalozele • Gastroschisis • Body-Stalk-Anomalie/ Ectopia cordis • Megazystis
Evidenzgrad 2b	Syngelaki A, Chelemen T, Dagklis T, Allan L, Nicolaides KH. Challenges in the diagnosis of fetal non-chromosomal abnormalities at 11-13 weeks. Prenat Diagn. 2011. Jan;31(1):90-102. Syngelaki A, Hammami A, Bower S, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH. Ultrasound Obstet Gynecol. 2019. Oct;54(4):468-476. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, Fu Q, Yang X, Guo W, Huang Y, Zeng Q, Qin Y, Xiang H, Li S. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. Am J Obstet Gynecol. 2021 Apr;224(4):396.e1-396.e15. doi: 10.1016/j.ajog.2020.10.037
	starker Konsens (10/10)

4.9	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Für das indirekte Screening für fetale Herzfehler <i>sollten</i> sonographische Marker wie die Nackentransparenz sowie die Flüsse über der Trikuspidalklappe und im Ductus venosus verwendet und mit einem Vierkammerblick kombiniert werden.
Evidenzgrad 4	Khalil A, Nicolaides KH (2013). Fetal heart defects: potential and pitfalls of first-trimester detection. Semin Fetal Neonatal Med. Oct;18(5):251-60.
	starker Konsens (10/10)

4.12	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Die fetale Echokardiographie @ 11-13⁺⁶ SSW <i>sollte</i> folgende Schnittebenen im B-Bild und mit Farbdoppler einschließen: • Lage des Herzens • Herzachse • Vierkammerblick • Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt • Linksventrikulärer Ausflusstrakt • Drei-Gefäß-Trachea Blick mit Aorten- und Ductusbogen • Suche nach ARSA (optional)	
Evidenzgrad 1a	Rasiah SV, Publicover M, Ewer AK, Khan KS, Kilby MD, Zamora J (2006). A systematic review of the accuracy of first-trimester ultrasound examination for detecting major congenital heart disease. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i>28(1):110-116. Zhang YF, Zeng XL, Zhao EF, Lu HW (2015). Diagnostic Value of Fetal Echocardiography for Congenital Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. <i>Medicine (Baltimore).</i> 94(42):e1759. Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorghiou AT (2017). Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 50(4):429-441. Karim JN, Bradburn E, Roberts N, Papageorghiou AT, ACCEPTS study (2022). First-trimester ultrasound detection of fetal heart anomalies: systematic review and meta-analysis. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> Jan;59(1):11-25.	
	starker Konsens (10/10)	

5.1	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Eine Risikoberechnung <i>soll</i> erst nach Einschluss aller Risikomarker erfolgen (mütterliches Alter, Nackentransparenz, Serumbiochemie). Das Ergebnis <i>soll</i> erst mitgeteilt werden, nachdem alle Risikomarker berücksichtigt wurden. Entsprechend <i>soll</i> nur ein Risiko vor dem Test und nach der vollständigen Berechnung mitgeteilt werden, keine Zwischenschritte.	
Evidenzgrad 1a	Bindra R, Heath V, Liao A, Spencer K, Nicolaides KH. One-stop clinic for assessment of risk for trisomy 21 at 11-14 weeks: a prospective study of 15 030 pregnancies. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2002 Sep;20(3):219-25. doi: 10.1046/j.1469-0705.2002.00808.x. PMID: 12230441. Kagan KO, Etchegaray A, Zhou Y, Wright D, Nicolaides KH. Prospective validation of first-trimester combined screening for trisomy 21. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2009 Jul;34(1):14-8. doi: 10.1002/uog.6412. Liu Y, Ye X, Zhang N, Zhang B, Guo C, Huang W, Jing L, Wang M, Yang G, Wei X, Jing C. Diagnostic value of ultrasonographic combining biochemical markers for Down syndrome screening in first trimester: a meta-analysis. <i>Prenat Diagn.</i> 2015 Sep;35(9):879-87. doi: 10.1002/pd.4626 Kaul A, Singh C, Gupta R, Arora N, Gupta A. Observational study comparing the performance of first-trimester screening protocols for detecting trisomy 21 in a North Indian population. <i>Int J Gynaecol Obstet.</i> 2017 Apr;137(1):14-19. doi: 10.1002/ijgo.12087. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28099747.	
	starker Konsens (12/12)	

5.3	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Wenn ein kombiniertes ETS durchgeführt wird, <i>soll nicht</i> auf die einzelnen Komponenten mütterliches Altersrisiko, NT und freies beta-hCG und PAPP-A verzichtet werden, da die Leistungsfähigkeit eines Algorithmus, der die Marker kombiniert, höher ist als ein Algorithmus, der nur auf einem Marker basiert.
Evidenzgrad 2a	Allred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First trimester ultrasound tests alone or in combination with first trimester serum tests for Down's syndrome screening. Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 3. Art. No.: CD012600. DOI: 10.1002/14651858.CD012600
	starker Konsens (12/12)

5.4	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Bei einer NT von 3.0mm , spätestens jedoch >3.5mm , <i>sollte</i> eine invasive Diagnostik angeboten werden. Wenn die zytogenetische Analyse (DP, PCR, FISH) unauffällig ist, <i>sollte</i> eine molekulargenetische Untersuchung (z.B. MicroArray, Trio Exom Sequencing) angeboten werden.
Evidenzgrad 2a	Bardi F, Bosschieter P, Verheij J, Go A, Haak M, Bekker M, Sikkel E, Coumans A, Pajkrt E, Bilardo C. Is there still a role for nuchal translucency measurement in the changing paradigm of first trimester screening? Prenat Diagn. 2020 Jan;40(2):197-205. doi: 10.1002/pd.5590. Hui L, Pynaker C, Bonacquisti L, Lindquist A, Poulton A, Kluckow E, Hutchinson B, Norris F, Pertile MD, Gugasyan L, Kulkarni A, Harraway J, Howden A, McCoy R, da Silva Costa F, Menezes M, Palma-Dias R, Nisbet D, Martin N, Bethune M, Poulakis Z, Halliday J. Reexamining the optimal nuchal translucency cutoff for diagnostic testing in the cell-free DNA and microarray era: results from the Victorian Perinatal Record Linkage study. Am J Obstet Gynecol. 2021 Nov;225(5):527.e1-527.e12. doi: 10.1016/j.ajog.2021.03.050. Maya I, Yacobson S, Kahana S, Yeshaya J, Tenne T, Agmon-Fishman I, Cohen-Vig L, Shohat M, Basel-Vanagaite L, Sharony R. Cut-off value of nuchal translucency as indication for chromosomal microarray analysis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017 Sep;50(3):332-335. doi: 10.1002/uog.17421.
	starker Konsens (11/11)

5.10	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Bei Werten für PAPP-A und/oder freies beta-hCG <0,2 MoM oder einem beta-hCG >5,0 MoM <i>soll</i> eine diagnostische Punktion inklusive einer molekulargenetischen Analyse empfohlen werden.
Evidenzgrad 1b	Petersen OB, Vogel I, Ekelund C, Hyett J, Tabor A; Danish Fetal Medicine Study Group; Danish Clinical Genetics Study Group. Potential diagnostic consequences of applying non-invasive prenatal testing: population-based study from a country with existing first-trimester screening. Ultrasound Obstet Gynecol. 2014 Mar;43(3):265-71. doi: 10.1002/uog.13270. Wijngaard R, Casals E, Mercadé I, Laguna J, Madrigal I, Badenas C, Borrell A, Rodriguez-Revena L. Significance of Low Maternal Serum B-hCG Levels in the Assessment of the Risk of Atypical Chromosomal Abnormalities. Fetal Diagn Ther. 2021;48(11-12):849-856. doi: 10.1159/000521345. Kozłowski P, Burkhardt T, Gembruch U, Gonser M, Kähler C, Kagan KO, von Kaisenberg C, Klaritsch P, Merz E, Steiner H, Tercanli S, Vetter K, Schramm T. DEGUM, ÖGUM, SGUM and FMF Germany Recommendations for the Implementation of First-Trimester Screening, Detailed Ultrasound, Cell-Free DNA Screening and Diagnostic Procedures. Ultraschall Med. 2019 Apr;40(2):176-193. English, German. doi: 10.1055/a-0631-8898.
	starker Konsens (12/12)

5.11	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Die Kombination aus dem mütterlichen Altersrisiko, dem Gestationsalter, der Nackentransparenz und den Serummarkern freies beta-hCG und PAPP-A (kombiniertes ETS) weist im Screening auf Trisomie 21 in der Allgemeinbevölkerung ohne zellfreie DNA-Analyse die höchste Testgüte auf und <i>sollte</i> daher das Konzept der ersten Wahl sein.	
Evidenzgrad 2a	Alldred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First and second trimester serum tests with and without first trimester ultrasound tests for Down's syndrome screening. Cochrane Database Syst Rev. 2017 Mar 15;3(3):CD012599. doi: 10.1002/14651858.CD012599	
	starker Konsens (12/12)	

5.1	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Wenn bei der Risikoberechnung nach kombiniertem ETS ein intermediäres Risiko zwischen 1:50 und 1:1000 ermittelt wird, <i>sollten</i> ergänzende Untersuchungen angeboten werden. Dies schließt entweder die Untersuchung des Nasenbeins , des Ductus venosus Flusses oder des Trikuspidalklappenflusses oder die cfDNA Analyse ein. Der zweistufige Ansatz mit der cfDNA -Analyse bei Feten mit intermediärem Risiko hat eine etwas höhere Detektionsrate und eine erheblich niedrigere Falsch-Positiv-Rate, als die zusätzlichen Ultraschallmarker .	
Evidenzgrad 2b	Kagan KO, Etchegaray A, Zhou Y, Wright D, Nicolaides KH. Prospective validation of first-trimester combined screening for trisomy 21. Ultrasound Obstet Gynecol. 2009 Jul;34(1):14-8. doi: 10.1002/uog.6412. Kagan KO, Cicero S, Staboulidou I, Wright D, Nicolaides KH. Fetal nasal bone in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11-13 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2009 Mar;33(3):259-64. doi: 10.1002/uog.6318. Kagan KO, Valencia C, Livanos P, Wright D, Nicolaides KH. Tricuspid regurgitation in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11+0 to 13+6 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2009 Jan;33(1):18-22. doi: 10.1002/uog.6264. Maiz N, Valencia C, Kagan KO, Wright D, Nicolaides KH. Ductus venosus Doppler in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11-13 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2009 May;33(5):512-7. doi: 10.1002/uog.6330. Kagan KO, Sroka F, Sonek J, Abele H, Lüthgens K, Schmid M, Wagner P, Brucker S, Wallwiener D, Hoopmann M. First-trimester risk assessment based on ultrasound and cell-free DNA vs combined screening: a randomized controlled trial. Ultrasound Obstet Gynecol. 2018 Apr;51(4):437-444. doi: 10.1002/uog.18905. Kagan KO, Maier V, Sonek J, Abele H, Lüthgens K, Schmid M, Wagner P, Hoopmann M. False-Positive Rate in First-Trimester Screening Based on Ultrasound and Cell-Free DNA versus First-Trimester Combined Screening with Additional Ultrasound Markers. Fetal Diagn Ther. 2019;45(5):317-324. doi: 10.1159/000489121. Prodan NC, Wiechers C, Geipel A, Walter A, Siegmann HJ, Kozlowski P, Hoopmann M, Kagan KO. Universal Cell Free DNA or Contingent Screening for Trisomy 21: Does It Make a Difference? A Comparative Study with Real Data. Fetal Diagn Ther. 2022;49(3):85-94. doi: 10.1159/000523738.	
	starker Konsens (12/12)	

5.15	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Bei einer Fetal Fraction unterhalb des Test-spezifischen Grenzwertes bleibt die cfDNA-Analyse ergebnislos. Dieser liegt in der Regel bei etwa 4% . Eine Wiederholung der Untersuchung <i>sollte</i> nach einem Zeitintervall von etwa 2 Wochen erfolgen. Die Wiederholung führt in etwa 60% der Fälle zu einem Ergebnis.	
Evidenzgrad 2b	Revello R, Sarno L, Ispas A, Akolekar R, Nicolaides KH. Screening for trisomies by cell-free DNA testing of maternal blood: consequences of a failed result. Ultrasound Obstet Gynecol. 2016 Jun;47(6):698-704. doi: 10.1002/uog.15851.	
	starker Konsens (12/12)	

5.16	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Bei wiederholt nicht auswertbaren cfDNA-Tests besteht ein erhöhtes Risiko für Chromosomenstörungen, insbesondere für Trisomie 18, 13 und Triploidie. Als weiterführende Abklärungsmaßnahmen <i>sollte</i> eine diagnostische Punktion oder alternativ eine erneute sonographische Risikoevaluation (kombiniertes ETS) durch einen erfahrenen Pränatalmediziner erfolgen.	
Evidenzgrad 2b	Nicolaides KH, Syngelaki A, del Mar Gil M, Quezada MS, Zinevich Y. Prenatal detection of fetal triploidy from cell-free DNA testing in maternal blood. Fetal Diagn Ther. 2014;35(3):212-7. doi: 10.1159/000355655. Bardi F, Bet BB, Pajkrt E, Linskens IH, Bekker MN, Sistermans EA, Bilardo CM, Elvan-Taşpınar A. Additional value of advanced ultrasonography in pregnancies with two inconclusive cell-free DNA draws. Prenat Diagn. 2022 Oct;42(11):1358-1367. doi: 10.1002/pd.6238.	
	starker Konsens (12/12)	

5.18	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Im Rahmen eines 2-Stufen-Ansatzes <i>kann</i> nach Berechnung des kombinierten ETS-Risikos eine cfDNA-Analyse im intermediären Risikokollektiv erfolgen. Dies führt zu einer Erhöhung der Testgüte im Vergleich zum eigentlichen kombinierten ETS.	
Evidenzgrad 1b	Miltoft CB, Rode L, Ekelund CK, Sundberg K, Kjaergaard S, Zingenberg H, Tabor A. Contingent first-trimester screening for aneuploidies with cell-free DNA in a Danish clinical setting. Ultrasound Obstet Gynecol. 2018 Apr;51(4):470-479. doi: 10.1002/uog.17562. Prodan NC, Wiechers C, Geipel A, Walter A, Siegmann HJ, Kozłowski P, Hoopmann M, Kagan KO. Universal Cell Free DNA or Contingent Screening for Trisomy 21: Does It Make a Difference? A Comparative Study with Real Data. Fetal Diagn Ther. 2022;49(3):85-94. doi: 10.1159/000523738 Gil MM, Revello R, Poon LC, Akolekar R, Nicolaides KH. Clinical implementation of routine screening for fetal trisomies in the UK NHS: cell-free DNA test contingent on results from first-trimester combined test. Ultrasound Obstet Gynecol. 2016 Jan;47(1):45-52. doi: 10.1002/uog.15783.	
	starker Konsens (12/12)	

6.1	Empfehlung	
EK, RL	Folgende Komponenten des Ersttrimester-Screenings <i>sollen</i> Beachtung finden: RL Vorgeburtliche Risikoabklärung: <u>Beratung</u> durch verantwortliche Ärztliche Person (Arztvorbehalt) • Beratung vor der Untersuchung: Risikoberechnung vs Diagnostischer Test • Schriftliche Einwilligung • Beratung nach der Untersuchung <u>Qualität</u>: anerkannter Stand von Wissenschaft und Technik • Geräte • Laboratoriumsmedizinische Untersuchungen • Algorithmus • Berichtsqualität <u>Externe jährliche Qualitätssicherung</u> (alle diagnostischen Schritte): Ultraschall: Bilder, Messwerteverteilung (Vergleich Referenzwerte) laboratoriumsmedizinische Untersuchungen Algorithmus Gesamtperformance	
	starker Konsens (10/10)	

6.2	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A ↑↑	Die Reproduzierbarkeit der Nackentransparenz-Messung hängt von Training, Standardebenen, jährlicher Qualitätskontrolle (Ultraschallbilder und Messwerteverteilung, DR & FPR) und individuellem kontinuierlichem Feedback ab. Nur bei Einhaltung der FMF-UK Kriterien können die in Studien publizierten Detektionsraten erreicht werden (Empfehlungen 5.2, Abbildung 5.1). Das jährliche externe Audit <i>so//</i> sicherstellen, dass die Qualitätsanforderungen erreicht werden (Empfehlungen 4.1-5, 5.2, Abbildung 5.1)	
Evidenzgrad 1	Kagan KO, Wright D, Etchegaray A, Zhou Y, Nicolaides KH. Effect of deviation of nuchal translucency measurements on the performance of screening for trisomy 21. <i>Ultrasound in obstetrics & gynecology</i>. 2009;33(6):657-664. doi:10.1002/uog.6370 Abele H, Wagner N, Hoopmann M, Grischke EM, Wallwiener D, Kagan KO. Effect of deviation from the mid-sagittal plane on the measurement of fetal nuchal translucency. <i>Ultrasound in obstetrics & gynecology</i>. 2010a;35(5):525-529. doi:10.1002/uog.7599 Abele H, Hoopmann M, Wright D, Hoffmann-Poell B, Huettelmaier M, Pintoff K, Wallwiener D, Kagan KO. Intra- and interoperator reliability of manual and semi-automated measurement of fetal nuchal translucency by sonographers with different levels of experience. <i>Ultrasound in obstetrics & gynecology</i>. 2010b;36(4):417-422. doi:10.1002/uog.8809 Kagan KO, Abele H, Yazdi B, Böer B, Pintoff K, Wright D, Hoopmann M. Intraoperator and interoperator repeatability of manual and semi-automated measurement of increased fetal nuchal translucency according to the operator's experience. <i>Prenatal diagnosis</i>. 2011a;31(13):1229-1233. doi:10.1002/pd.2868 Kagan KO, Hoopmann M, Baker A, Huebner M, Abele H, Wright D. Impact of bias in crown-rump length measurement at first-trimester screening for trisomy 21. <i>Ultrasound in Obstetrics & Gynecology</i>. 2012;40(2):135-139. doi:10.1002/uog.11095 Chitayat D, Langlois S, Douglas Wilson R; SOGC GENETICS COMMITTEE; CCMG PRENATAL DIAGNOSIS COMMITTEE. J Prenatal screening for fetal aneuploidy in singleton pregnancies. <i>Obstet Gynaecol Can</i>. 2011 Jul;33(7):736-750. doi: 10.1016/S1701-2163(16)34961-1.PMID: 21749752 Thornburg LL, Bromley B, Dugoff L, Platt LD, Fuchs KM, Norton ME, McIntosh J, Toland GJ, Cuckle H United States' experience in nuchal translucency measurement: variation according to provider characteristics in over five million ultrasound examinations. Nuchal Translucency Quality Review Program of the Perinatal Quality Foundation.<i>Ultrasound Obstet Gynecol</i>. 2021 Nov;58(5):732-737. doi: 10.1002/uog.23621.PMID: 33634915	
	starker Konsens (10/10)	

7.2	Handlungsempfehlung
Empfehlungsgrad: A	Es <i>soll</i> jeder Schwangeren ein Screening für Präeklampsie @11-13⁺⁶ SSW angeboten werden. Das Screening für Präeklampsie @ 11-13 ⁺⁶ SSW <i>soll</i> durch den Algorithmus der Fetal Medicine Foundation durchgeführt werden. Der A. uterina Doppler <i>soll</i> nach Fetal Medicine Foundation UK Kriterien erfolgen.
Evidenzgrad: 1b	Akolekar R, Syngelaki A, Poon L, Wright D, Nicolaides KH. Competing Risks Model in Early Screening for Preeclampsia by Biophysical and Biochemical Markers. Fetal Diagn Ther 2013;33:8–15. DOI: 10.1159/000341264 O’Gorman N, Wright D, Syngelaki A, Akolekar R, Wright A, Poon LC, Nicolaides KH. Competing risks model in screening for preeclampsia by maternal factors and biomarkers at 11–13 weeks gestation. Am J Obstet Gynecol.2016 Jan;214(1):103.e1-103.e12. PMID: 26297382 DOI: 10.1016/j.ajog.2015.08.034 O’Gorman N, Wright D, Poon LC, Rolnik DL, Syngelaki A, Wright A, Akolekar R, Cicero S, Janga D, Jani J, Molina FS, Matallana C de Paco, Papantoniou N, Persico N, Plasencia W, Singh M, Nicolaides KH. Accuracy of competing-risks model in screening for pre-eclampsia by maternal factors and biomarkers at 11–13 weeks' gestation. Ultrasound Obstet Gynecol 2017;49:751–755.DOI:10.1002/uog.17399 Scazzocchio E, Figueras F, Crispi F, Meler E, Masoller N, Mula R, Gratacos E. Performance of a first-trimester screening of preeclampsia in a routine care low-risk setting. Am J Obstet Gynecol 2013;208:203.e1-10 DOI: 10.1016/j.ajog.2012.12.016 Mosimann B, Amylidi-Mohr SK, Surbek D, Raio L. First trimester screening for preeclampsia – a systematic review. Hypertension in Pregnancy.2020 DOI:10.1080/10641955.2019.1682009 Khalil A, Nicolaides KH. How to record uterine artery Doppler in the first trimester. Ultrasound Obstet Gynecol 2013; 42: 478–479. DOI: 10.1002/uog.12366
	starker Konsens (12/12)

7.3	Empfehlung
Empfehlungsgrad: A	Schwangere mit einem Präeklampsie Risiko von >1:100 durch den Algorithmus der Fetal Medicine Foundation @11-13 ⁺⁶ SSW <i>sollen</i> ab sofort mit Aspirin 150mg jeden Abend bis 36 ⁺⁰ SSW therapiert werden.
Evidenzgrad: 1b	Rolnik DL, Wright D, Poon LC, O’Gorman N, Syngelaki A, de Paco Matallana C, Akolekar R, Cicero S, Janga D, Singh M, Molina FS, Persico N, Jani JC, Plasencia W, Papaioannou G, Tenenbaum-Gavish K, Meiri H, Gizurason S, Maclagan K, Nicolaides KH. Aspirin versus Placebo in Pregnancies at High Risk for Preterm Preeclampsia. N Engl J Med. 2017 Aug 17;377(7):613-622. doi: 10.1056/NEJMoa1704559. Epub 2017 Jun 28.
	starker Konsens (12/12)

8.1	Empfehlung
Empfehlungsgrad: A	Schwangeren nach Frühgeburt, Blutung oder verkürzter Cx kann im ersten Trimenon orales oder vaginal micronisiertes Progesteron angeboten werden.
Evidenzgrad: 1A	Saccone G, Schoen C, Franasiak JM, Scott RT, Berghella V. Supplementation with progestogens in the first trimester of pregnancy to prevent miscarriage in women with unexplained recurrent miscarriage: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials Fertil Steril .2017 Feb;107(2):430-438.e3. doi: 10.1016/j.fertnstert.2016.10.031.Epub 2016 Nov 22.
	starker Konsens (11/11)

9.1	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Bei Indikation für ein Screening für AIP / PAS zwischen 11-13 ⁺⁶ SSW sollte auf folgende Parameter geachtet werden: • Sectionarbe nicht darstellbar • Unterbrechung der Blasenwand • dünnes retroplazentare Myometrium • intraplazentare Lakunen • retroplazentarer arterieller throphoblastischer Blutfluss • irreguläre Plazentagefäße
Evidenzgrad 1b	D'Antonio F, Timor-Tritsch IE, Palacios-Jaraquemada J, Monteagudo A, Buca D, Forlani F, Minneci G, Foti F, Manzoli L, Liberati M, Acharya G, Cali G. First-trimester detection of abnormally invasive placenta in high-risk women: systematic review and meta-analysis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2018 Feb;51(2):176-183. doi: 10.1002/uog.18840. Panaiotova J, Tokunaka M, Krajewska K, Zosmer N, Nicolaides KH. Screening for morbidly adherent placenta in early pregnancy. Ultrasound Obstet Gynecol. 2019 Jan;53(1):101-106. doi: 10.1002/uog.20104.
	starker Konsens (11/11)

10.1	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Bei tiefer Insertion der Nabelschnur im ersten Trimenon <i>sollte</i> im ersten und frühen zweiten Trimenon ein Screening mit vaginalen Ultraschall und Farbdoppler für Vasa Praevia erfolgen.
Evidenzgrad 1b	Derisbourg S, Boulay A, Lamy C, Barlow P, Van Rysselberge M, Thomas D, Rozenberg S, Daelemans C. First trimester ultrasound prediction of velamentous cord insertions: a prospective study. J Matern Fetal Neonatal Med. 2021 Aug;34(16):2642-2648. doi: 10.1080/14767058.2019.1670797. Hasegawa J, Matsuoka R, Ichizuka K, Sekizawa A, Okai T. Velamentous cord insertion: significance of prenatal detection to predict perinatal complications. Taiwan J Obstet Gynecol. 2006 Mar;45(1):21-5. doi: 10.1016/S1028-4559(09)60185-6. PMID: 17272203 Hasegawa J, Nakamura M, Sekizawa A, Matsuoka R, Ichizuka K, Okai T. Prediction of risk for vasa previa at 9-13 weeks' gestation. J Obstet Gynaecol Res. 2011 Oct;37(10):1346-51. doi: 10.1111/j.1447-0756.2011.01525.x. PMID: 21564407
	starker Konsens (11/11)

0.2	Empfehlung	Amendment, neu 2025
Empfehlungsgrad: A	Ein Screening für GDM soll zwischen 11-13⁺⁶ SSW durchgeführt werden (Saravanan 2024, Hivert 2024, Sweeting 2024, Simmons 2023, Bhattacharya 2024). Es sollen bei jeder Schwangeren zwischen 11-13⁺⁶ SSW <u>Risikofaktoren</u> für GDM abgeklärt werden (Abbildung 11.1) (Sweeting et al., 2024). Ein 75g oGTT soll für <u>alle Schwangeren mit Risikofaktoren</u> durchgeführt werden. (Sweeting et al., 2024, Yeral et al., 2013, Benhalima et al., 2024). Wird der 75g oGTT abgelehnt / ist nicht durchführbar, sollen <u>Risikofaktoren</u> und <u>HbA1c >5.7% / Nüchtern glukose >95mg/dl (>5.27mmol/l)</u> bestimmt werden. (Sweeting et al, 2024, Kattini et al., 2020, Benhalima et al., 2024)	
Evidenzgrad 1a	Saravanan P, Deepa M, Ahmed Z, Ram U, Surapaneni T, Kallur SD, Desari P, Suresh S, Anjana RM, Hannah W, Shivashri C, Hemavathy S, Sukumar N, Kosgei WK, Christoffersen-Deb A, Kibet V, Hector JN, Anusu G, Stallard N, Ghebremichael-Weldeselassie Y, Waugh N, Pastakia SD, Mohan V. Early pregnancy HbA1c as the first screening test for gestational diabetes: results from three prospective cohorts. Lancet Diabetes Endocrinol. 2024 Aug;12(8):535-544. doi: 10.1016/S2213-8587(24)00151-7. Epub 2024 Jun 24. PMID: 38936371. (LoE 1b) Hivert MF, Backman H, Benhalima K, Catalano P, Desoye G, Immanuel J, McKinlay CJD, Meek CL, Nolan CJ, Ram U, Sweeting A, Simmons D, Jawerbaum A. Pathophysiology from preconception, during pregnancy, and beyond. Lancet. 2024 Jul 13;404(10448):158-174. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00827-4. Epub 2024 Jun 20. PMID: 38909619. (LoE 5) Sweeting A, Hannah W, Backman H, Catalano P, Feghali M, Herman WH, Hivert MF, Immanuel J, Meek C, Oppermann ML, Nolan CJ, Ram U, Schmidt MI, Simmons D, Chivese T, Benhalima K. Epidemiology and management of gestational diabetes. Lancet. 2024 Jul 13;404(10448):175-192. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00825-0. Epub 2024 Jun 20. PMID: 38909620. (LoE 1a) Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Mohan V, Enticott J, Cheung NW. On behalf of the TOBOGM Research Group. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. New Engl J Med. 2023; 388:2132-2144 (LoE 1b) Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Kamrul-Hasan ABM. Treatment Versus Observation in Early Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Endocrinol Metab. 2024 Dec 17;dgae878. doi: 10.1210/clinem/dgae878. Epub ahead of print. PMID: 39689014. (LoE 1a) Yeral MI, Ozgu-Erdinc AS, Uygur D, Doga Seckin K, Fatih Karsli M, Nuri Danisman A. Prediction of gestational diabetes mellitus in the first trimester, comparison of fasting plasma glucose, two-step and one-step methods: a prospective randomized controlled trial. Endocrine. 2013. DOI 10.1007/s12020-013-0111-z (LoE 1b) Kattini R, Hummelen R, Kelly L. Early Gestational Diabetes Mellitus Screening With Glycated Hemoglobin: A Systematic Review. J Obstet Gynaecol Can. 2020 Nov;42(11):1379-1384. doi: 10.1016/j.jogc.2019.12.015. Epub 2020 Apr 6. PMID: 32268994. (LoE 2a) Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Van Rijsselberghe M, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. Acta Clin Belg. 2024 Jun;79(3):217-224. doi: 10.1080/17843286.2024.2384258. Epub 2024 Jul 27. PMID: 39068500. (LoE 5)	
	starker Konsens (10/10)	

0.3	Empfehlung	Amendment, neu 2025
Empfehlungsgrad: A	Um eine high-risk Population zu definieren, für die eine signifikante neonatale Outcome-Verbesserung erzielt werden kann (Halbierung von Makrosomie & Atemnotsyndrom), sollen im 75g oGTT @ 11-13⁺⁶ SSW folgende Grenzwerte verwendet werden: nüchtern-BZ: 95mg/dl (5.3mmol/l), 1h: 191 mg/dl (10.6 mmol/l), 2h: 162mg/dl (9.0mmol/l) (Benhalima 2024). Wird einer dieser Grenzwerte überschritten, soll eine Beratung über Blutzuckerselbstkontrollen, Ernährungsberatung und Anleitung zu körperlicher Aktivität und ggfs. Insulintherapie erfolgen. (Simmons et al., 2023, Bhattacharya et al., 2024) Bei <u>negativem</u> Test zwischen 11-13⁺⁶ SSW soll mit 24⁺⁰-28⁺⁰ SSW ein GDM-Screening angeboten werden: nüchtern-BZ 92mg/dl (5.1 mmol/l), 1h: 180mg/dl (10mmol/l), 2h: 153mg/dl (8.5 mmol/l) (Metzger IADPSG 2010/Colagiuri WHO 2014) Bei <u>positivem</u> Test zwischen 11-13⁺⁶ SSW und Blutzuckerselbstkontrollen/Therapie soll bei 24⁺⁰-28⁺⁰ SSW kein erneutes GDM-Screening angeboten werden.	
Evidenzgrad: 1	Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Van Rijsselberghe M, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. Acta Clin Belg. 2024 Jun;79(3):217-224. doi: 10.1080/17843286.2024.2384258. Epub 2024 Jul 27. PMID: 39068500. (LoE 5) Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Enticott J, Cheung NW; TOBOGM Research Group. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. N Engl J Med. 2023 Jun 8;388(23):2132-2144. doi: 10.1056/NEJMoa2214956. Epub 2023 May 5. PMID: 37144983. (LoE 1b) Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Kamrul-Hasan ABM. Treatment Versus Observation in Early Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Endocrinol Metab. 2024 Dec 17:dgae878. doi: 10.1210/clinem/dgae878. Epub ahead of print. PMID: 39689014. (LoE 1a) International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Consensus Panel; Metzger BE, Gabbe SG, Persson B, Buchanan TA, Catalano PA, Damm P, Dyer AR, Leiva Ad, Hod M, Kitzmiller JL, Lowe LP, McIntyre HD, Oats JJ, Omori Y, Schmidt MI. International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy. Diabetes Care. 2010 Mar;33(3):676-82. doi: 10.2337/dc09-1848. PMID: 20190296; PMCID: PMC2827530. (LoE 5) Colagiuri S, Falavigna M, Agarwal MM, Boulvain M, Coetzee E, Hod M, Meltzer SJ, Metzger B, Omori Y, Rasa I, Schmidt MI, Seshiah V, Simmons D, Sobngwi E, Torloni MR, Yang HX. Strategies for implementing the WHO diagnostic criteria and classification of hyperglycaemia first detected in pregnancy. Diabetes Res Clin Pract. 2014 Mar;103(3):364-72. doi: 10.1016/j.diabres.2014.02.012. Epub 2014 Feb 25. PMID: 24731475. (LoE 5)	
	starker Konsens (10/10)	

Inhaltsverzeichnis

HERAUSGEBENDE FEDERFÜHRENDE FACHGESELLSCHAFTEN (PARITÄTISCH):	3
ZUSAMMENFASSUNG IN EINFACHER SPRACHE:	4
DIE WICHTIGSTEN EMPFEHLUNGEN AUF EINEN BLICK:	4
INHALTSVERZEICHNIS	18
1 GELTUNGSBEREICH UND ZWECK	21
1.1 Zielsetzung und Fragestellung	21
1.2 Versorgungsbereich	21
1.3 Patientenzielgruppe	21
1.4 Anwenderzielgruppe/Adressat*innen:	21
1.5 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie	21
1.6 Besonderer Hinweis	21
1.7 Genderhinweis	22
2 EINLEITUNG	23
2.1 Screening und Diagnostik @11-13 ⁺⁶ Schwangerschaftswochen	23
Wann?	23
Wer?	23
Ultraschall-Geräteausstattung	24
Dokumentation	24
Sicherheitsaspekte des Ultraschalls	24
Vorgehen, wenn die Untersuchung nicht dem Standard dieser Leitlinien folgend durchgeführt werden kann	24
2.2 Mehrlingsschwangerschaften	25
3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN	26
3.1 Aufklärung und Beratung	26
Deutschland	26
Österreich	27
Schweiz	28
3.2 Schwangerschaftsabbruch	29
4 SCREENING FÜR FEHLBILDUNGEN @ 11-13⁺⁶ SSW (BIOMETRIE & ANATOMIE)	30
4.1 Fetale Biometrie	30
Scheitel-Steiß-Länge (SSL)	30
Biparietaler Diameter (BPD) und Kopfumfang (HC)	31
Bauchumfang (AC):	31
Femurlänge (FL):	32
4.2 Fetale Anatomie	34
Überblick über den Feten und die Plazenta	34
Fruchtwasser und Eihäute	35
Kopf und Gehirn	35
Gesicht	36
Nacken	37
Thorax und Herz	37
Gastrointestinaltrakt	38
Bauchwand	39
Nabelschnur	39
Wirbelsäule	39
Extremitäten	40
Genitalien	40
Rolle des dreidimensionalen (3D) und 4D Ultraschalls	40
4.3 Detektionsraten nicht-chromosomaler Fehlbildungen	43
4.4 Detektionsraten: strukturiertes vs nicht-strukturiertes vs fehlendes Untersuchungsprotokoll	46
4.5 Indirektes vs direktes Screening für Fehlbildungen	51
4.6 Indirektes vs direktes Screening für Herzfehler	55
4.7 Fehlbildungsdiagnostik im zweiten nach frühem Ersttrimester Fehlbildungsschall	58
4.8 Bedeutung des Fehlbildungsschalls @11-13 ⁺⁶ SSW vs @18-23 SSW: Benefit für die Eltern	59
4.9 Psychologische Aspekte des Erst-Trimester-Screenings	59
5 SCREENING FÜR CHROMOSOMENSTÖRUNGEN @ 11-13⁺⁶ SSW	61
5.1 Statistische Kennziffern zur Beurteilung der Testgüte von Screeninguntersuchungen	61
Vierfeldertafel	61

5.2	Häufigkeit von Chromosomenstörungen	62
5.3	Beratung vor der Untersuchung	62
5.4	Ersttrimester-Screening	64
	Grundsätzlicher Ansatz der Risikoberechnung	64
5.5	Risikoalgorithmen	65
	Altersrisiko, Gestationsalter und Wiederholungsrisiko	65
	Ultraschall-basierte Untersuchungsverfahren	65
	Fetale Nackentransparenz	65
	Methodik und Meßregeln	65
	Normkurve	67
	Nackentransparenz bei Trisomie 21, 18 und 13	69
	Erhöhte NT Marker strukturelle Fehlbildungen, genetische Syndrome andere Chromosomst. ...	70
	Zusätzliche Risikomarker Nasenbein, Trikuspidalklappenfluss und Ductus venosus Blutfluss	73
	Nasenbein	73
	Trikuspidalklappenblutfluss	75
	Duktus venosus Blutfluss	76
	Serummarker	77
	Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13	79
	2-Stufen-Screening mit NBn, Trikuspidalklappen Ductus -Fluss bei intermediärem Risiko	81
5.6	Zellfreie DNA Analyse (cfDNA)	82
	Fetale Fraktion	82
	Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13	85
5.7	Sinnvolle Verwendung der verschiedenen Methoden	87
5.8	NIPT nicht ohne ETS	90
5.9	Screening auf anderen Chromosomenstörungen mittels cfDNA-Analyse	90
5.10	Screening auf gonosomale Chromosomenstörungen mittels cfDNA-Analyse	92
5.11	Screening auf seltene autosomale Trisomien mittels cfDNA-Analyse	92
5.12	Screening auf Mikrodeletionen/-duplikationen mittels cfDNA-Analyse	93
5.13	Screening auf strukturelle Chromosomenst. (genome wide Screening) mittels cfDNA-Analyse	94
5.14	Zusammenfassung	95
6	QUALITÄTSSICHERUNG & AUDIT @ 11+13⁺⁶ SSW	96
	(I) Scoring Systeme zur Bildbewertung (qualitativ):	97
	(II) statistische Methoden zur Bewertung der Messwerte Verteilung (quantitativ)	97
	(III) Prüfung der Gesamtperformance	97
7	SCREENING FÜR PRÄEKLAMPSIE UND FGR @ 11-13⁺⁶ SSW	99
7.1	Screening für Präeklampsie	99
	Risikoalgorithmen	99
	Hintergrundrisiko	99
	Ultraschall	100
	Doppler	100
	Biochemie	102
	Biophysikalischen Untersuchungen.	103
	Software-Algorithmen	103
7.2	Screening für FGR (keine Plazentainsuffizienz)	105
	Doppler	105
	Multifaktorielles Screening	105
7.3	Screening für Totgeburten	105
7.4	Prävention von Präeklampsie und Wachstumsrestriktion	106
8	SCREENING FÜR FRÜHGEBURT @ 11-13⁺⁶ SSW	108
8.1	Screening	108
	Ultraschall	108
	Cervix-Länge	108
	Cervix-Elastographie	109
	Biochemischen Marker	109
	Pregnancy Associated Plasma Protein-A (PAPP-A)	109
	freies beta-HCG (f-βhCG)	109
	Placental Growth Factor (PLGF)	109
	Placenta Protein 13 (PP13)	109
	Vitamin D	110
	Maternale und sonographische Parameter	110
	Mütterliche Hämodynamik	110
	Bakterielle Vaginose	111

8.2	Ersttrimester Prävention und Therapie von Frühgeburten @11-13 ⁺ 6 SSW.....	111
	Progesteron (vaginal, i.m., oral).....	111
	Aspirin.....	112
	Cerclage.....	112
	Früher totaler Muttermundverschluss (fTMMV)	112
	Pessar	112
8.3	Ersttrimester-Screening für Spätgeburt @ 11-13 ⁺ 6 SSW	112
9	SCREENING FÜR ABNORMAL INVASIVE PLACENTA (AIP) & PLACENTA ACCRETA SPECTRUM (PAS) @ 11-13⁺6 SSW.....	113
9.1	Narbenschwangerschaft und Plazenta-Anomalien	113
9.2	Die abnormal invasive Plazenta (AIP) und das Plazenta accreta Spektrum (PAS)	113
10	SCREENING FÜR INSERTIO VELAMENTOSA & VASA PRAEVIA @ 11-13⁺6 SSW.....	114
10.1	Insertio velamentosa und Vasa praevia.....	114
11	SCREENING FÜR DIABETES MELLITUS UND LGA @ 11-13⁺6 SSW.....	116
11.1	Ersttrimester-Screening für abnormalen Glukosemetabolismus	116
11.2	Screening für GDM / iGDM @ 11-13 ⁺ 6 SSW.....	118
11.3	Screening für Prädiabetes und Typ 1 Diabetes mellitus @ 11-13 ⁺ 6 SSW.....	123
11.4	Frühe Intervention des GDM <20 SSW.....	124
11.5	Screening für LGA Feten (nicht diabetisch) @ 11-13 ⁺ 6 SSW.....	128
12	WICHTIGE FORSCHUNGSFRAGEN	131
13	APPENDIX.....	131
13.1	10 goldene Regeln im Umgang mit NIPT ⁴⁰²	131
13.2	Wegweiser auffälliger NIPT ⁴⁰³	132
14	ZUSAMMENSETZUNG DER LEITLINIENGRUPPE	133
14.1	Leitlinienkoordinator/Ansprechpartner	133
14.2	Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen	133
14.3	Patientinnen/Bürgerinnenbeteiligung	134
14.4	Methodische Begleitung.....	134
15	INFORMATIONEN ZU DIESER LEITLINIE	134
15.1	Methodische Grundlagen	134
15.2	Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz.....	134
15.3	Kritische Bewertung der Evidenz	134
15.4	Konsensfindung	135
15.5	Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke.....	135
16	REDAKTIONELLE UNABHÄNGIGKEIT	136
16.1	Finanzierung der Leitlinie	136
16.2	Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten	136
17	EXTERNE BEGUTACHTUNG UND VERABSCHIEDUNG.....	137
18	GÜLTIGKEITSDAUER UND AKTUALISIERUNGSVERFAHREN	137
19	VERWENDETE ABKÜRZUNGEN.....	138
20	VERZEICHNIS DER STATEMENTS.....	141
21	VERZEICHNIS DER EMPFEHLUNGEN	141
22	VERZEICHNIS DER TABELLEN	142
23	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	142
24	LITERATURVERZEICHNIS	144

1 Geltungsbereich und Zweck

1.1 Zielsetzung und Fragestellung

Die rasche Entwicklung sonographischer, biochemischer und molekularer Methoden zwischen 11-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen (SSW) hat erforderlich gemacht, dass Vorschläge für ein strukturiertes und qualitätsgesichertes Vorgehen vorgelegt werden, um Patientinnen bestmögliche Beratung, Diagnostik und Prävention anbieten zu können.

Fragestellung: klare leicht verständliche Informationen zu liefern, was derzeit an Diagnostik verfügbar ist bezüglich:

- Chromosomenstörungen,
- Fehlbildungen,
- Plazentationsstörungen (Präeklampsie, Wachstumsretardierung, Fruchttod, Fehlgeburt),
- Abnormal invasive Plazenta (AIS) /Placenta accreta Spectrum (PAS), Insertio velamentosa, Vasa praevia,
- Glukosestoffwechselstörungen und Makrosomie,
- Frühgeburt,

wie die Leistungsfähigkeit einzelner sonographischer, biochemischer und molekularer Komponenten ist und was das derzeit vorgeschlagene Standard-Vorgehen sowie ein optionales Vorgehen ist, Informationen darüber zu geben, wie die spätere Manifestation von Risiken, die im ersten Trimenon als erhöht identifiziert wurden, durch prophylaktische Maßnahmen verringert werden können, Informationen darüber zu geben, wie ein individuell zugeschnittenes Management der Schwangerschaft aussieht.

1.2 Versorgungsbereich

Deutschland, Österreich, Schweiz

1.3 Patientenzielgruppe

Schwangere mit vitalen Einlingsschwangerschaften zum Zeitpunkt 11-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen

1.4 Anwenderzielgruppe/Adressat*innen:

Die Leitlinie richtet sich an Fachärzte für Frauenheilkunde und Geburtshilfe, die DEGUM, ÖGUM und SGUMGG, die DGGG, ÖGG, SGG, die DGPM und DGPGM, den BVF und die ACHSE und dient zur Information für Hebammen.

1.5 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie

- Langversion: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/085-002>
- Kurzversion
- Leitlinienreport mit Evidenztabelle

1.6 Besonderer Hinweis

Die Medizin unterliegt einem fortwährenden Entwicklungsprozess, sodass alle Angaben, insbesondere zu diagnostischen und therapeutischen Verfahren, immer nur dem Wissensstand zur Zeit der Drucklegung dieser Leitlinie entsprechen können.

Hinsichtlich der angegebenen Empfehlungen zur Therapie und der Auswahl sowie Dosierung von Medikamenten wurde die größtmögliche Sorgfalt beachtet. Gleichwohl werden die Benutzer aufgefordert, die Beipackzettel und Fachinformationen der Hersteller zur Kontrolle heranzuziehen und im Zweifelsfall einen Spezialisten zu konsultieren. Fragliche Unstimmigkeiten sollen bitte im allgemeinen Interesse der Leitlinien-Redaktion mitgeteilt werden.

Der Benutzer selbst bleibt verantwortlich für jede diagnostische und therapeutische Applikation, Medikation und Dosierung.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Bestimmung des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung der Leitlinien-Redaktion unzulässig und strafbar.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert werden. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung, Nutzung und Verwertung in elektronischen Systemen, Intranets und dem Internet.

1.7 Genderhinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für alle Geschlechter.

2 Einleitung

2.1 Screening und Diagnostik @11-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen

Die Ziele des Ersttrimester Screenings zwischen 11⁺⁰-13⁺⁶ SSW sind die Identifikation von Risikofaktoren, die zum einen eine weiterführende Diagnostik und zum anderen eine Intervention zu einem frühen Zeitpunkt der Schwangerschaft in einer selbst-selektierten Population ermöglichen.

Screening wird hier als Angebot verstanden, anlasslos und freiwillig (opportunistisch) eine Untersuchung wahrzunehmen.

Dies schließt die Anamnese, Ultraschall, biochemische, biophysikalische und genetische Faktoren der Mutter und des Feten ein.

Das hier vorgelegte Konzept ist evidenzbasiert und ist nicht Inhalt der Mutterschaftsrichtlinien.

Das Ersttrimester Screening erfolgt qualitätsgesichert.

Die Leitlinie soll den Betreuenden einen systematischen Überblick über die derzeitigen Möglichkeiten zum Zeitpunkt 11-13⁺⁶ SSW geben.

Das Ersttrimester Screening hat sich aus der Messung der fetalen Nackentransparenz (NT) hin zu einer frühen Untersuchung fetaler und mütterlicher Risikofaktoren entwickelt. Von Nackenfalte (oder persistierendem Nackenödem) spricht man ausschließlich im zweiten Trimenon.

Die jüngere Einführung des nicht-invasiven pränatalen Tests (NIPT) mittels zellfreier plazentarer DNA (cfDNA) hat eine Evaluierung und Neupositionierung des Ersttrimester Screenings unter evidenz-basierten Gesichtspunkten notwendig gemacht.

Wann?

Das Konzept des Ersttrimester-Screenings von 11⁺⁰-13⁺⁶ SSW (SSL 45-84mm) ermöglicht am Ende des ersten Trimenons die Erkennung schwerer fetaler Fehlbildungen, eines hohen Risikos für die spätere Entwicklung einer Präeklampsie sowie einer Wachstumsrestriktion und, sofern nach qualifizierter Aufklärung und Beratung von der Schwangeren gewünscht, eines hohen Risikos für Chromosomenstörungen. Die frühe Fehlbildungsdiagnostik ist jedoch kein Ersatz für die Organdiagnostik zwischen 18 und 23 SSW, da einige Fehlbildungen erst später erkennbar sind.

Wer?

Fachärzte für Frauenheilkunde und Geburtshilfe, die die in dieser LL beschriebenen Standards erfüllen (Arztvorbehalt).

Wesentliche Komponenten einer hohen Detektionsrate im ersten Trimenon sind:

- Absolvieren einer spezialisierten Ultraschall-Ausbildung, um diagnostischen Ultraschall bei Schwangeren durchführen zu können (mit ALARA Kenntnissen).
- Anhaltende Weiterbildung in Ultraschalldiagnostik.
- Etablierte Algorithmen für das Management verdächtiger / abnormaler Befunde.
- Erfolgreiche jährliche Teilnahme an einem Qualitätssicherungsprogramm, welches die in dieser LL beschriebenen Standards überprüft.

Ultraschall-Geräteausstattung

Minimale gerätetechnische Voraussetzungen sind: ^{1,2}

2.1	Empfehlung	
EK	Minimale gerätetechnische Voraussetzungen <i>sollen</i> beachtet werden: • real-time, grey-scale, Ultraschall (2D, B-Bild), • Farbdoppler (Power Doppler), gepulster Doppler • M-Mode • transabdominale Ultraschallköpfe (elektronische und/oder mechanische curved array bzw. lineare, breitbandig, Frequenzbereich 3,0-7,5 MHz), ggfs. • transvaginale Ultraschallköpfe (elektronische und/oder mechanische, breitbandig, hochfrequent (4,0-10,0MHz) • einstellbare Acoustic Power Kontrolle, Standardparameter (TIs, TIb, MI) • Freeze und Online-Zoom-Fähigkeit • Video-Cine-Loop-Fähigkeit • elektronische Caliper (minimale Diskrimination 0,1 mm) • Speicher- und Druckmöglichkeiten für Bilder • regelmäßige technische Überprüfung (s.a. Ultraschallvereinbarung)	
	starker Konsens (10/10)	

Dokumentation

Die Aufklärung und schriftliche Einwilligung in die Untersuchung ist zu dokumentieren. Es soll ein Arztbrief von der Untersuchung elektronisch oder als Papiaerausdruck erstellt werden. Das Dokument soll lokal gespeichert werden. Ein Ausdruck soll der Schwangeren und dem überweisenden Arzt ausgehändigt werden.

Sicherheitsaspekte des Ultraschalls

Für alle pränatalen Ultraschalluntersuchungen gilt das ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable): die notwendigen diagnostischen Informationen sollten mit den niedrigsten Schallintensitäten in der kürzestmöglichen Zeit gewonnen werden.

Biosafety Indices sind der 'Thermal Index in soft tissue' (TIs) und der 'Thermal Index in bone' (TIb) sowie der 'Mechanical Index' (MI). Ab 10 SSW sollte der TIb verwendet werden, der MI spielt pränatal eine untergeordnete Rolle. Im B-mode und M-mode ist der TIb niedrig, mit dem gepulsten Doppler sind die Energien jedoch höher. Die empfohlenen maximalen Untersuchungszeiten sind für einen TIb <0.7 (unbegrenzt), 0.7-1 (<60'), 1.0-1.5 (<30'), 1.5-2 (<15'), 2-2.5 (<4') und 2.5-3 (<1').^{3,4}

Vorgehen, wenn die Untersuchung nicht dem Standard dieser Leitlinien folgend durchgeführt werden kann

Für diesen Fall soll die Schwangere an einen Arzt überwiesen werden, der die Untersuchung entsprechend diesem Standard durchführen kann.

2.2	Empfehlung	
EK	Wenn die Untersuchung nicht entsprechend des Standards dieser Leitlinie durchgeführt werden kann: <i>so//</i> die Patientin an eine Stelle überwiesen werden, wo die Untersuchung entsprechend dieser LL durchgeführt werden kann, die Patientin <i>so//</i> detailliert darüber informiert werden, was ein Ersttrimester Screening ist: • Beratung vor und nach der Untersuchung • Suche nach Fehlbildungen • Suche nach Präeklampsie und Wachstumsrestriktion, • Suche nach Chromosomenstörungen • Suche nach weiteren Schwangerschaftsproblemen (bei Indikation) und darüber, was die potentiellen Ergebnisse und Konsequenzen eines ETS sind. Die Beratung <i>so//</i> sicherstellen, dass jeder Patientin ein Ersttrimester Screening entsprechend dem Standard in dieser Leitlinie angeboten wird. Ist eines der Risiken nach ETS oder NIPT erhöht, <i>so//</i> die Schwangere rasch einer Institution zugeführt werden, die eine Abklärung durchführen kann, um unnötige Ängste zu vermeiden.	
	starker Konsens (11/11)	

2.2 Mehrlingsschwangerschaften

Die [AWMF 015-087 S2e-Leitlinie Überwachung und Betreuung von Zwillingschwangerschaften](#) (1.5.2020)⁵ beschreibt, wie die Betreuung von Zwillingen erfolgen soll (Kapitel 3 folgende).

Die Bestimmung der Chorionizität, der Amnionverhältnisse, der Lage, der Scheitel-Steiß-Länge (SSL) und NT zum Zeitpunkt 11-13⁺⁶ SSW sind von herausragender Wichtigkeit für das weitere Management der Schwangerschaft.⁵

3 Rechtliche Grundlagen

3.1 Aufklärung und Beratung

Die Einhaltung des Facharztstandard bedeutet, dass Patientinnen, für die eine Leistung nicht selbst nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik erbracht werden kann, an eine Institution geschickt werden, wo sie erbracht werden kann. Dies nicht zu tun ist eine Standardunterschreitung und ist haftungsbegründend.

Deutschland

In Deutschland werden die rechtlichen Voraussetzungen für den Umgang mit der **vorgeburtlichen Risikoabklärung bestimmter genetischer Eigenschaften** und für **genetische Analysen** im **Gendiagnostikgesetz (GenDG, 2010)**⁶ definiert. Die in der Folge eingerichtete **Gendiagnostik-Kommission (GEKO)** am **Robert-Koch-Institut (RKI)** erstellt Richtlinien (**RL**) für die konkrete Umsetzung beim Umgang mit genetischen Analysen wie der vorgeburtlichen Risikoabklärung mittels Aneuploidie-Screening im ETS oder dem cfDNA-Screening.

Hier sind insbesondere die **Richtlinie vorgeburtliche Risikoabklärung**⁷ sowie die **Richtlinie vorgeburtliche Untersuchung**⁸ relevant. Hier ist besonders auf den **Arztvorbehalt** und die **Aufklärung** hinzuweisen:

Die Richtlinie zur **vorgeburtlichen Risikoabklärung**⁷ beschreibt die Verpflichtung zu einer **Beratung** der Schwangeren **vor** einem Ersttrimester Screening sowie **nach Vorliegen** der Ergebnisse und beschreibt **Details** der **durchzuführenden Qualitätssicherung**.

Vor Einholung der Einwilligung hat die verantwortliche ärztliche Person die betroffene Person über Wesen, Bedeutung und Tragweite der genetischen Untersuchung aufzuklären. Der betroffenen Person ist nach der Aufklärung eine angemessene Bedenkzeit bis zur Entscheidung über die Einwilligung einzuräumen.

Die GEKO präziserte die Einordnung der **cfDNA** und die entsprechende Beratungsqualifikation: Untersuchungen an **zirkulierender plazentarer DNA** aus mütterlichem Blut sind - im Gegensatz zur vorgeburtlichen Risikoabklärung - den vorgeburtlichen **genetischen Analysen** zur Feststellung genetischer Eigenschaften zugeordnet. Damit gelten für die **fachgebundene genetische Beratung** die Qualifikationsinhalte, deren essentielle Grundlagen sich in 72 Fortbildungseinheiten und der dazugehörigen Qualifizierungsmaßnahme vermitteln lassen. Die Qualifikation **fachgebundene genetische Beratung** ist auch für das **Ersttrimester Screening** verpflichtend.

Die Einhaltung dieser Richtlinien sind für das Ersttrimester Screening **obligatorisch**.

In den Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses (**G-BA**) über die ärztliche Betreuung in der Schwangerschaft und nach der Entbindung (**‘Mutterschafts-Richtlinien’**) sind die frühzeitige Erkennung von Risikoschwangerschaften und -geburten als vorrangiges Ziel der ärztlichen Schwangerenvorsorge definiert. Im Abschnitt B der Richtlinie ist neben anderen anamnestischen Faktoren von Risikoschwangerschaften das mütterliche Alter unter 18 Jahren oder über 35 Jahren aufgeführt.⁹

Inhalt und Zeitpunkte der Untersuchungen im Verlauf der Schwangerschaft sind in den Richtlinien zur Betreuung (**‘Mutterschafts-Richtlinien’**) geregelt. Diese sehen im Verlauf drei Ultraschalluntersuchungen bei **8⁺⁰-11⁺⁶**, **18⁺⁰-21⁺⁶** und **28⁺⁰-31⁺⁶** SSW vor. Darüber

hinaus sind weitere Ultraschalluntersuchungen nur bei Auffälligkeiten und anamnestischen oder befundenen Risiken indiziert.⁹

Die frühe Organdiagnostik und/oder das Ersttrimester-Screening sind in den Richtlinien nicht abgebildet und damit auch keine Leistungen der gesetzlichen Kostenträger.

Seit dem 1.7.2022 **kann** ein Screening-Test auf Trisomie 21, 18 und 13 aus zellfreier placentarer DNA (NIPT) „... **dann durchgeführt werden**, wenn er **geboten** ist, um der **Schwangeren eine Auseinandersetzung** mit ihrer **individuellen Situation** hinsichtlich des **Vorliegens einer Trisomie** im Rahmen der ärztlichen Begleitung **zu ermöglichen**.“⁹. In der Beratung über die Inanspruchnahme soll eine entsprechende Broschüre verwendet werden.

Das **Patientenrechtegesetz (PRG)** fordert eine **Vollständigkeit** und **Verständlichkeit** der Risikoberatung und der Darstellung diagnostischer Alternativen, die auch durch **Dokumentation** und **Einwilligung** der Betroffenen belegt werden muss. Das PRG bestimmt, dass ein Arzt für den Schaden bei Eintritt eines Risikos **haftet**, sofern er nicht beweisen kann, dass er über dieses Risiko und alle Möglichkeiten seiner Erkennung umfassend aufgeklärt hat (**§630 BGB**).¹⁰

Das **Schwangerschaftskonfliktgesetz (SchKG)** legt fest, dass die Schwangere nach Feststellung einer Anomalie umfassend und verständlich über die Art und die Bedeutung für ihr ungeborenes Kind und ihren familiären Kontext **aufgeklärt** werden. Hier sollen auch entsprechende Fachdisziplinen und eine psychosoziale Begleitung einbezogen werden.¹¹

Österreich

In Österreich wird die Schwangerenbetreuung im **Mutter-Kind-Pass** vorgeschrieben. Der Mutter-Kind-Pass dient der gesundheitlichen Vorsorge für Schwangere und Kleinkinder und beinhaltet ärztliche Untersuchungen während der Schwangerschaft und bis zum 5. Lebensjahr des Kindes. Diese Untersuchungen sind bei Inanspruchnahme von Vertragsärzten der österreichischen Krankenversicherungsträger kostenlos. Während der Schwangerschaft sind fünf ärztliche Untersuchungen der Schwangeren vorgesehen, wobei in der 8.-12., in der 18.-22. und in der 30.-34. Schwangerschaftswoche der Schwangeren zusätzlich jeweils eine Ultraschalluntersuchung empfohlen wird. Diese Ultraschalluntersuchungen sind aber weder verpflichtend noch stellen sie eine Voraussetzung für die Weitergewährung des Kinderbetreuungsgeldes in voller Höhe dar.

Die Durchführung eines formalen Screenings auf genetische oder körperliche Fehlbildungen ist im Mutter-Kind-Pass nicht vorgeschrieben und auch nicht Teil des Untersuchungsauftrags der betreuenden Fachärzte, die lediglich über die Möglichkeit eines solchen Screenings aufklären müssen. Dies ist für Schwangere teilweise irreführend, da sie häufig der Annahme unterliegen, dass die regelmäßigen Untersuchungen auch zur Aufdeckung fetaler Anomalien oder Erkrankungen dienen. Im Falle der vorgeburtlichen Nichterkennung einer schwerwiegenden Anomalie kommt es dann immer wieder zu gerichtlichen Schadensersatzprozessen. Es wird dann damit argumentiert, dass eine rechtzeitige vorgeburtliche Erkennung zum Schwangerschaftsabbruch geführt hätte.

Die Durchführung **genetischer Untersuchungen**, zu denen auch NIPT gezählt wird, ist in Österreich in §68 **Gentechnikgesetz (GTG)**¹² geregelt. Die Patientin ist durch einen für das Indikationsgebiet zuständigen Facharzt über Wesen, Tragweite und Aussagekraft des ihr angebotenen Verfahrens aufzuklären. Eine **schriftliche Einwilligungserklärung** ist notwendig. Außerdem wird empfohlen eine schriftliche **Patienteninformation** zur Verfügung zu stellen.

Schweiz

In der Schweiz bildet die gesetzliche Grundlage für pränatale Risikoabklärungen und genetische Untersuchungen das **Bundesgesetz über genetische Untersuchungen beim Menschen (GUMG)**.¹³ Mit diesem Gesetz wird u.a. geregelt:

- Die **Informations- und Beratungspflicht** vor der Durchführung von pränatalen Risikoabklärungen, dazu gehören bildgebende Verfahren wie **Ultraschall** und **Laboruntersuchungen** (Art. 16, GUMG) sowie **genetischen Untersuchungen** (Art. 15, GUMG).
- Die schwangere Frau ist **vor** und **nach** einer pränatalen genetischen Untersuchung ausdrücklich über ihr **Selbstbestimmungsrecht** zu informieren (Art. 18, GUMG).
- Pränatale Untersuchungen dürfen nur dazu dienen, Eigenschaften des ungeborenen Kindes zu ermitteln, welche **unmittelbar dessen Gesundheit** beeinträchtigen (Art. 11, GUMG).

Die Regelung der Kostenübernahme durch die obligatorische Krankenversicherung von pränatalen Untersuchungen erfolgt durch die **Eidgenössische Krankenpflege-Leistungsverordnung (KLV)**.¹⁴ Voraussetzung ist u.a. ein umfassendes **Aufklärungs- und Beratungsgespräch**, das dokumentiert werden muss. Ultraschalluntersuchung dürfen nur von Ärztinnen und Ärzten vorgenommen werden, welche den Fähigkeitsausweis "**Schwangerschafts-ultraschall**" besitzen. Weiterhin ist die Krankenkasse nur zur Kostenübernahme verpflichtet, wenn die Ultraschalluntersuchungen entsprechend den **aktuellen Empfehlungen zur Ultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft** durchgeführt werden.

Voraussetzung für die Anordnung eines NIPT oder einer genetischen Analyse ist:

- **Facharzt** für Gynäkologie und Geburtshilfe inklusive **Schwerpunkt fetomaternale Medizin**, oder
- Arzt /Ärztin mit Fähigkeitsausweis **Schwangerschafts-ultraschall**, oder
- Facharzt für **Medizinische Genetik**

Die obligatorische Krankenversicherung übernimmt die **Kosten** für einen **NIPT** nur, wenn dieser nach 11⁺⁰ SSW durchgeführt wird und das Risiko im **ETT höher als 1:1000** ist. Die Grundlage für die Kostenübernahme von Laborleistungen durch die Krankenkassen bildet die Analysenliste.

Für die Schweiz gelten folgende **Expertenbriefe** und **Empfehlungen** zum **Schwangerschafts-ultraschall** prioritär und vorrangig vor den Empfehlungen in dieser Leitlinie (Addendum SGGG und SGUMGG):

Expertenbrief No. 52: **Pränatale nicht-invasive Risikoabschätzung fetaler Aneuploidien**
<https://www.sggg.ch/fileadmin/userupload/PDF/2018041152Praenatalenicht-invasiveRisikoabschaetzungfetalerAneuploidien07032018.pdf>

Expertenbrief No. 80: **First trimester screening for preeclampsia**
<https://www.sggg.ch/fileadmin/userupload/Dokumente/3Fachinformationen/1Expertenbriefe/De/80Firsttrimesterscreeningforpreeclampsia002.pdf>

Empfehlungen zur Ultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft
<https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/kuv-leistungen/referenzdokumente-klv/art13ultraschallkontrollen.pdf.download.pdf>

3.2 Schwangerschaftsabbruch

Ein **Schwangerschaftsabbruch** ist in Deutschland im **Strafgesetzbuch (StGB §218)**¹⁵ geregelt. Hier wird die Fristenregelung - nicht mehr als 12 Wochen seit der Empfängnis - (**StGB §218a Abs 1**) von der Medizinischen Indikation (**StGB §218a Abs 2**) unterschieden (s.a. [AWMF 015-094 S2k-Leitlinie Schwangerschaftsabbruch im 1. Trimenon](#)).

In Österreich ist nach § 97 des **Strafgesetzbuches**¹⁶ ein Schwangerschaftsabbruch bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen nicht strafbar. Hier wird ebenfalls die Fristenregelung genannt – innerhalb der ersten drei Monate nach Beginn der Schwangerschaft - **§97 (1) Abs. 1** sowie in **Abs. 2-3** eine der medizinischen Indikation vergleichbare Regelung.

In der Schweiz sind die Voraussetzungen zur Durchführung eines straffreien Schwangerschaftsabbruchs im **Strafgesetzbuch**¹⁷ geregelt. In **§119, Abs 1** wird eine der medizinischen Indikation vergleichbare Regelung genannt, in **§119, Abs 2** eine Fristenregelung bis 12 Wochen seit Beginn der letzten Periode.

Gesetze und Richtlinien für die Durchführung des Ersttrimester-Screenings in Deutschland, Österreich und Schweiz.

3.1	Statement
	Für das Ersttrimester-Screening sind folgende Gesetze und Richtlinien (RL) zu beachten: Deutschland • Mutterschaftsrichtlinien⁹ • Richtlinie vorgeburtliche Risikoabklärung / Untersuchung^{7,8} • Gendiagnostikgesetz (GenDG)⁶ • Patientenrechtegesetz (PRG) §630 BGB¹⁰ • Schwangerschaftskonfliktgesetz (SchKG)¹¹ • Strafgesetzbuch (StGB §218a Absatz 2)¹⁵ Österreich • Mutter-Kind-Pass-Verordnung (BGBI. II Nr. 470/2001)¹⁸ • Gentechnikgesetz (GTG)¹² • Strafgesetzbuch (StGB §97)¹⁶ Schweiz • Bundesgesetz über genetische Untersuchungen beim Menschen (GUMG)¹³ • Strafgesetzbuch (StGB §119)¹⁷ • Eidgenössische Krankenpflege-Leistungsverordnung (KLV)¹⁹
	starker Konsens (10/10)

4 Screening für Fehlbildungen @ 11-13⁺⁶ SSW (Biometrie & Anatomie)

Einige Fehlbildungen sind im ersten Trimenon immer erkennbar, einige teilweise und einige sind einer Diagnostik im ersten Trimenon noch nicht zugänglich (*direktes Screening*) (Tabelle 4.1, 4.2).

Das indirekte Screening (*indirektes Screening*) kann die Detektionsraten noch zusätzlich erhöhen, insbesondere für fetale Herzvitien, für Spina bifida und für Gesichtsspalten.

Das *sequentielle Screening* für Fehlbildungen zu den Zeitpunkten 11-13⁺⁶ SSW, 18-23 SSW und im dritten Trimenon erhöht die Detektionsrate.

Die systematische Verwendung von *Checklisten-Protokollen* steigert die Detektionsrate noch weiter, insbesondere in Hochrisiko Populationen.

Zu diesem Komplex wurden fünf PICO Fragen gestellt. Diese betrafen einen strukturierten vs nicht strukturierten frühen Fehlbildungsschall, das direkte vs das indirekte Screening für Fehlbildungen, das direkte vs das indirekte Screening für die fetale Echokardiographie, das sequentielle Screening im ersten und zweiten Trimenon sowie die Wahrnehmung durch die Eltern.

4.1 Fetale Biometrie

Für die Ersttrimester Biometrie gibt es eine Vielzahl von publizierten Normwertkurven^{20,21}. Eine systematische Messung der Messwerte des Kopfes, des Abdomens und der Extremitäten ermöglicht eine Dokumentation der Präsenz essenzieller anatomischer Referenzpunkte. Abnormale Messwerte können auf eine schwerwiegende Pathologie hinweisen. Die zu verwendenden Messwerte und Referenzwertkurven sind Gegenstand lokaler Ultraschallfachgesellschaften¹. Eine exzessive Zahl falsch positiver Befunde und notwendiger Folgeuntersuchungen sollte vermieden werden. Die Verwendung umfangreicher Messwerte sollte daher evidenzbasiert erfolgen. Die Evidenz hierfür ist jedoch begrenzt.

Scheitel-Steiß-Länge (SSL)

- Die SSL ist routinemäßig Teil der Ersttrimester Ultraschalluntersuchung und kann transabdominal oder transvaginal gemessen werden. Die Messung soll nach standardisierten Kriterien erfolgen. Hierzu liegt der Fetus horizontal, in einer sagittalen Einstellung und neutralen Position (der Kopf ist nicht stark gebeugt oder überstreckt), etwa 90° zum Ultraschall (Abbildung 4.1). Das Bild soll so vergrößert werden, dass der Fetus nahezu das gesamte Ultraschallbild einnimmt. Die Caliper werden an den jeweiligen Endpunkten des Feten, die klar dargestellt werden sollen, als maximaler Diameter positioniert (Scheitel und Steiß).²²⁻²⁴



Abbildung 4.1 Scheitel-Steiß-Länge (SSL), 12⁺³ SSW

Biparietaler Diameter (BPD) und Kopfumfang (HC)

- Der BPD und der Kopfumfang werden im größten horizontalen Querschnitt des Kopfes gemessen, die Hirnhälften symmetrisch gleich groß (Abbildung 4.2). Die Caliper sollten von außen nach außen, im rechten Winkel zur Falx cerebri, gesetzt werden. (Es wurde auch die Methode der Messung von außen nach innen beschrieben, dies findet im deutschsprachigen Raum jedoch wenig Verbreitung. Es soll diejenige Messmethode verwendet werden, die für die entsprechende Normwertkurve publiziert ist.) Für den Kopfumfang kann die Berechnung unter Nutzung des BPD und FOD verwendet werden, alternativ auch die manuelle Tracing Methode. Verschiedene Quotienten aus BPD/SSL²⁰, BPD/AC oder BPD/TAD haben sich für das frühe Screening der Myelomeningocele^{25–28} und der Holoprosenzephalie²⁹ als nützlich erwiesen.

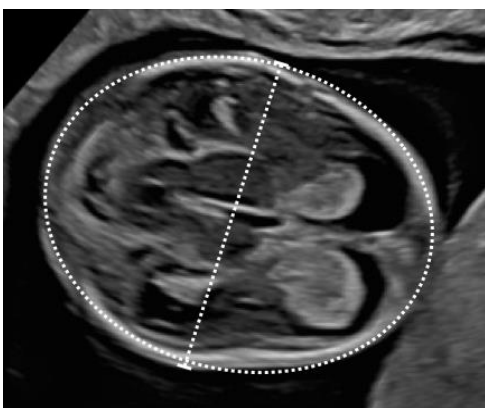


Abbildung 4.2 Biparietaler Diameter (BPD) und Kopfumfang (HC), 12⁺³ SSW

Bauchumfang (AC):

- Der Bauchumfang wird in einer axialen Schnittebene auf der Höhe des Magens gemessen (Abbildung 4.3). Man kann ihn als Ellipse oder durch Nutzung der beiden rechtwinklig zueinander stehenden Messungen APAD und TAD bestimmen. Der APAD wird von der die Wirbelsäule bedeckenden Haut bis zur vorderen Bauchwand

gemessen. Der TAD wird von der Hautoberfläche der breitesten Stellen des seitlichen Rumpfes quer 90° auf dem APAD gemessen. Der Bauchumfang kann mit folgender Formel berechnet werden: $AC = \pi(APAD + TAD)/2 = 1.57 (APAD + TAD)^2$. Ein Vorteil der Messung des Bauchumfanges besteht darin, dass damit auch das Vorliegen des Magens dokumentiert ist.

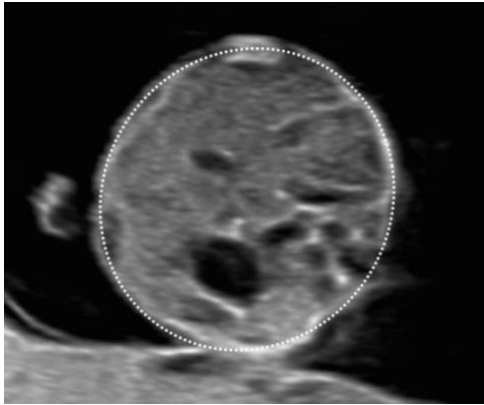


Abbildung 4.3 Bauchumfang (AC), 12⁺³ SSW

Femurlänge (FL):

- Die Femurlänge wird in einem Längsschnitt gemessen (Abbildung 4.4). Die Caliper werden an beiden Enden der ossifizierten Diaphyse gesetzt, welche klar darstellbar ist. Der Femur sollte in einem rechten Winkel zum Schallstrahl liegen (horizontal), es sollte der schallkopfnaher Femur gemessen werden. Ein Vorteil der Messung des Femurs besteht darin, dass damit auch die Entwicklung der unteren Extremitäten überprüft wird und ggfs. frühzeitig schwere Skelettanomalien entdeckt werden ³⁰.

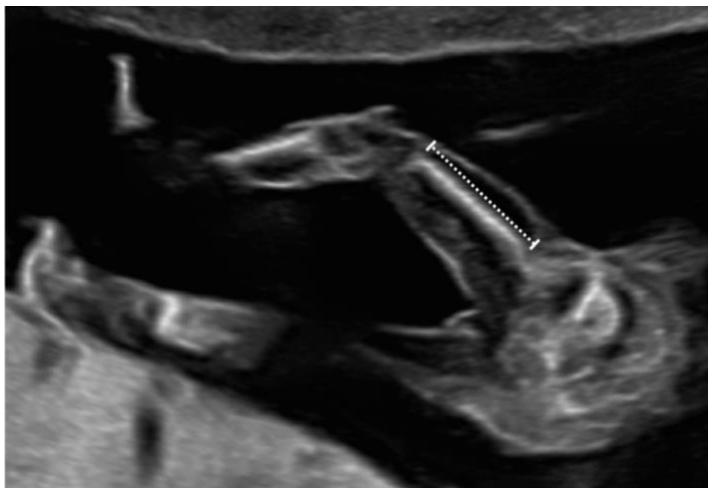


Abbildung 4.4 Femurlänge (FL), 12⁺³ SSW

Für die Datierung der Schwangerschaft werden eine Reihe von Formeln basierend auf der Scheitel-Steiß-Länge verwendet.

Napolitano et al.,²³ haben die publizierten Formeln hinsichtlich ihrer Qualität umfassend geratet (overall quality score: 0-29).

Es ist ungewiss, ob sich ein Schwangerschaftsalter, das auf einer IVF basiert, mit spontan konzipierten Schwangerschaften vergleichen lässt, da dies eine ausgewählte Population darstellt und das Wachstumsverhalten von dem spontan konzipierter Schwangerschaften abweichen kann³¹⁻³⁴.

Die SSL soll für alle Schwangerschaften zur Bestimmung des Schwangerschaftsalters herangezogen werden, da sie genauer als der erste Tag der Letzten Regelblutung ist.^{22,24} Für nach assistierter Reproduktion konzipierte Schwangerschaften ist jedoch der Konzeptionszeitpunkt bekannt und soll stattdessen verwendet werden.³⁵ Für vier Studien wurde eine hoher overall quality score gefunden²³, das Schwangerschaftsalter auch verlässlich basierend auf der SSL wiederzugeben^{36–39}. Im gleichen Jahr wurde eine weitere qualitativ hochwertige Studie zu der SSL Referenzwertkurve publiziert.⁴⁰ Sie wird ebenfalls als geeignet angesehen, da sie von Papageorghiou publiziert wurde, dem Letzautor des review papers von Napolitano²³, in dem die Methode zur Erstellung qualitativ hochwertiger Referenzwertkurven beschrieben wird.

4.1	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Für die Datierung des Schwangerschaftsalters zwischen 11-13 ⁺⁶ SSW, basierend auf der Scheitel-Steiß-Länge (SSL) , <i>sollen</i> die Referenzwertkurven (Formeln) einer der folgenden fünf Autoren verwendet werden: Robinson et al., 1975, McLennan et al., 2008, Sahota et al., 2009; Verburg et al., 2008 or Papageorghiou et al., 2014. Die Messung der SSL soll immer für die Bestimmung des Schwangerschaftsalters verwendet werden, außer bei IVF Schwangerschaften. Hier <i>soll</i> der Konzeptionszeitpunkt verwendet werden.	
Evidenzgrad 1a	Robinson HP, Fleming JE. A critical evaluation of sonar“crown-rump length” measurements. Br J Obstet Gynaecol 1975; 82:702–10. doi: 10.1111/j.1471-0528.1975.tb00710.x. McLennan AC, Schluter PJ. Construction of modern Australian first trimester ultrasound dating and growth charts. J Med Imaging Radiat Oncol 2008;52:471-9. doi: 10.1111/j.1440-1673.2008.01992.x. Verburg BO, Steegers EA, De Ridder M, Snijders RJ, Smith E, Hofman A, Moll HA, Jaddoe VVW, Witteman JCM. New charts for ultrasound dating of pregnancy and assessment of fetal growth: longitudinal data from a population-based cohort study. Ultrasound Obstet Gynecol 2008;31:388–96. DOI: 10.1002/uog.5225 Sahota DS, Leung TY, Leung TN, Chan OK, Lau TK. Fetal crown-rump length and estimation of gestational age in an ethnic Chinese population. Ultrasound Obstet Gynecol 2009;33:157–60. DOI: 10.1002/uog.6252 Papageorghiou AT, Kennedy SH, Salomon LJ, Ohuma EO, Ismail L Cheikh, Barros FC, Lambert A, Carvalho M, Jaffer YA, Bertino E, Gravett MG, Altman DG, Purwar M, Noble JA, Pang R, Victora CG, Bhutta ZA, Villar J. International standards for early fetal size and pregnancy dating based on ultrasound measurement of crown–rump length in the first trimester of pregnancy (INTERGROWTH-21st), for the International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2014. DOI: 10.1002/uog.13448 Savitz DA, Terry Jr JW, Dole N, Thorp Jr JM, Siega-Riz AM, Herring AH. Comparison of pregnancy dating by last menstrual period, ultrasound scanning, and their combination. Am J Obstet Gynecol 2002;187:1660–66. DOI: 10.1067/mob.2002.127601 Salomon LJ. Comment déterminer la date de début de grossesse? [How to date pregnancy?]. J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris). 2011 Dec;40(8):726-33. doi: 10.1016/j.jgyn.2011.09.016.	
	starker Konsens (10/10)	

Zu der Empfehlung 4.1 und 4.2 hat die Gynecologie Suisse ein Sondervotum beantragt (s.a. Addendum Sondervotum SGUMGG, SGGG im Leitlinienreport).

4.2	Empfehlung	
Empfehlungsgrad EK	Es <i>sollen</i> zwischen 11-13 ⁺⁶ SSW gemessen werden: SSL, NT, BPD Es <i>sollten</i> zusätzlich zwischen 11-13 ⁺⁶ SSW gemessen werden (optional): FHR, HC, AC, FL, NB, TR, DV, IT, UA, Cx	
Evidenzgrad 5	von Kaisenberg C, Chaoui R, Häusler M, Kagan KO, Kozlowski P, Merz E, Rempen A, Steiner H, Tercanli S, Wisser J, Heling KS. Quality Requirements for the early Fetal Ultrasound Assessment at 11-13+6 Weeks of Gestation (DEGUM Levels II and III). Ultraschall Med. 2016 Jun;37(3):297-302. doi: 10.1055/s-0042-105514.	
	starker Konsens (11/11)	

SSL: Scheitel-Steiß-Länge, NT: Nackentransparenz, BPD: Biparietaler Diameter, HC: Kopfumfang, AC: Abdomenumfang, FL: Femurlänge, NB: Nasenbein, IT: Intracranielle Transparenz, FHR: Fetale Herzfrequenz, TR: Trikuspidalklappenfluss (Insuffizienz), DV: Ductus venosus Fluss (reverse A-Welle), UA: Arteriae uterinae bds, Cx: Cervixlänge

4.2 Fetale Anatomie

Die Detektionsrate für Fehlbildungen hängt davon ab, ob die untersuchten Organe Teil eines Protokolls für die Routineuntersuchung sind und ob für die Untersuchung ausreichend Zeit vorgesehen wurde². Die frühzeitige Detektion von fetalen Strukturanomalien hängt zudem von dem zur Verfügung stehenden Ultraschallgerät, der Ausbildung des Ultraschalldiagnostikers sowie der Prävalenz der Fehlbildungen in der untersuchten Population ab².

Einige Fehlbildungen wurden erst in jüngerer Zeit beschrieben, es ist daher ungewiss, wie sie in einem Populations-Screening abschneiden. Es ist zudem nicht immer möglich, im ersten Trimenon bei jeder Patientin auch jede fetale Struktur darstellen zu können. Eine LL und Protokolle zielen zwar darauf ab, die Detektionsrate zu erhöhen, sind jedoch nicht justiziabel. Es wird daher ein Zweistufenkonzept vorgeschlagen, welches obligate Standardparameter sowie optionale Parameter berücksichtigt¹. Die Standardparameter stellen die Minimalanforderungen an eine basale Fehlbildungsdiagnostik zum Zeitpunkt 11-13⁺⁶ SSW dar (Empfehlung 4.3), die optionalen Parameter sind eine Beschreibung einer umfassenden detaillierten Fehlbildungsdiagnostik im ersten Trimenon, die unter optimalen Bedingungen möglich ist (Empfehlung 4.3). Es existiert derzeit nur begrenzte Evidenz für einen sozioökonomischen Nutzen der frühen Diagnostik fetaler Fehlbildungen².

Überblick über den Feten und die Plazenta

Man sollte immer mit einem Übersichtsbild des Feten beginnen (Gesamtlänge, analog der SSL Messung) (Abbildung 4.5). Dabei kann man in einem median-sagittalen Längsschnitt die Lage der Plazenta (Vorderwand, Hinterwand, Seitenwand, Fundus) festlegen. Eine Fehlermöglichkeit ist der spitzwinklig anteflektierte Uterus, deshalb sollte man immer die mütterliche Harnblase als Orientierungsmerkmal verwenden. Die Plazenta sieht gleichförmig echogen aus. Die Basalplatte mit Gefäßen ist darstellbar. Die Diagnose einer Plazenta praevia kann zu diesem Zeitpunkt nicht gestellt werden. Eine Placenta increta/percreta kann bereits erkannt werden.

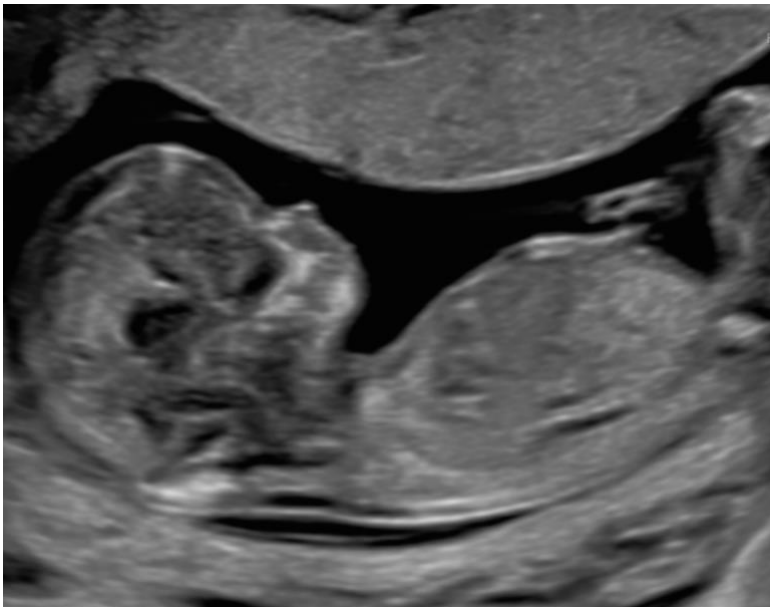


Abbildung 4.5 Übersicht Fetus und Plazenta, 12⁺³ SSW

Fruchtwasser und Eihäute

- Die Fruchtwassermenge ist zu diesem Zeitpunkt das Produkt von Eihäuten und Nabelschnur. Das Amnion ist klar vom Chorion abgrenzbar. Der Dottersack ist im extraamniotischen Zölium sichtbar.

Kopf und Gehirn

- Kopf und Gehirn können in Quer – und Längsschnitten untersucht werden. Im Querschnitt (Abbildung 4.6) wird man von kranial nach kaudal: 1. die Falx cerebri, die beiden Lateralventrikel und die beiden Plexus choroidei darstellen (**Abbildung 4.6A**). 2. Die beiden Lateralventrikel füllen praktisch die beiden Hemisphären aus. Das Großhirn ist nur als eine dünne Schicht am Knochen sichtbar (besser von transvaginal darstellbar). 3. Der Bereich der beiden Thalami und der Pedunculi cerebri schließt sich an (**Abbildung 4.6B**) und erscheint als homogen strukturiertes dunkleres Gewebe im Ultraschall. 4. Hinter den Pedunculi cerebri (**Abbildung 4.6C**) findet man die intracranielle Transparenz, den Plexus des 4. Ventrikels und die zukünftige Cisterna magna.
- Untersucht man den Schädel in einem Längsschnitt (Abbildung 4.7), so erscheint der Bereich des Großhirns eher schwarz (Lateralventrikel). Es fallen die dunkel-echogenen Thalami auf, daran schließt sich nach kaudal der abgeknickte Hirnstamm und dahinter die intracranielle Transparenz, der Plexus des 4. Ventrikels und die Cisterna magna an.
- Die Schädelknochen sind sehr gut darstellbar, insbesondere die weit offenen Schädelnähte. Die Stirnknochen sind noch durch eine weit offene Frontalnaht gekennzeichnet.

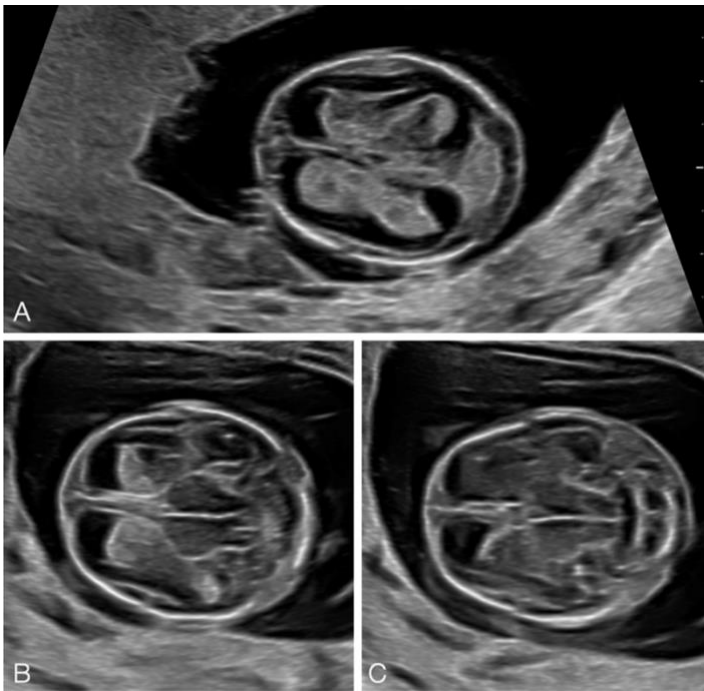


Abbildung 4.6 Kopf und Gehirn axial, 12⁺³ SSW

Gesicht

Das Fetale Gesicht kann in verschiedenen Ebenen untersucht werden (Abbildung 4.7):

- *Sagittalschnitt (Abbildung 4.7A): Typische Einstellung des Profils mit Stirn, Nase, Nasenspitze, und Ober – und Unterkiefer. Zu den Augen gelangt man durch eine Parallelverschiebung nach links und rechts.*
- *Frontalschnitt (Abbildung 4.7C): man sieht die weit offene Frontalnaht, die beiden Augen mit Linse, den Processus maxillaris, den Ober- und Unterkiefer.*
- *Axialer Schnitt (Abbildung 4.7B): beginnend mit der Stirn geht man nach kaudal und findet: zwei Stirnknochen, zwei Augen mit Linse, zwei Nasenknochen, Nasenspitze, Oberkieferbogen, Unterkieferbogen.*

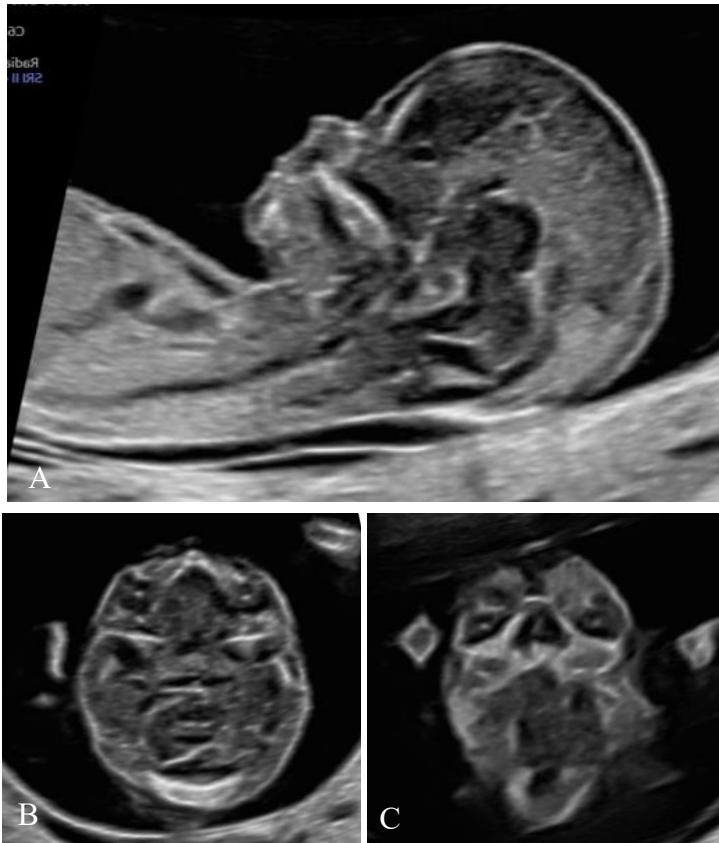


Abbildung 4.7 Gesicht sagittal, axial und frontal, 12⁺³ SSW

Nacken

- Der Nacken sollte in einem Median-Sagittalschnitt dargestellt werden, wobei der Rücken hinten liegen sollte (dorsoposterior). Hier kann bei entsprechender Vergrößerung (mindestens 75% der Bildgröße) die Nackentransparenz gemessen werden. Zusätzlich kann die intracranielle Transparenz dargestellt werden. (s.a. Abbildung 5.1)
- Der Nacken lässt sich auch dorsoanterior und in einem Querschnitt darstellen (keine zertifizierte Messung).

Thorax und Herz

- Die Beurteilung des Thorax und Herzens erfolgt üblicherweise im Querschnitt (Abbildung 4.8). Man legt den Fokus auf das Herz. Das Herz liegt links (Abbildung 4.8A), die Herzachse beträgt 45° zum AP-Diameter (Abbildung 4.8B), man stellt den Vierkammerblick ein, üblicherweise im B-Bild und mit Farbe (Abbildungen 4.8A,C). Anschließend geht man zu den Gefäßen, wobei man im Regelfall den Dreigefäß-Tracheablick einstellt (Abbildung 4.8D), typischerweise im Farbdoppler. Beide Gefäßbögen liegen auf der linken Seite und werden jeweils antegrad perfundiert. Mit hochauflösenden Geräten kann man die Gefäße auch im B-Bild darstellen.

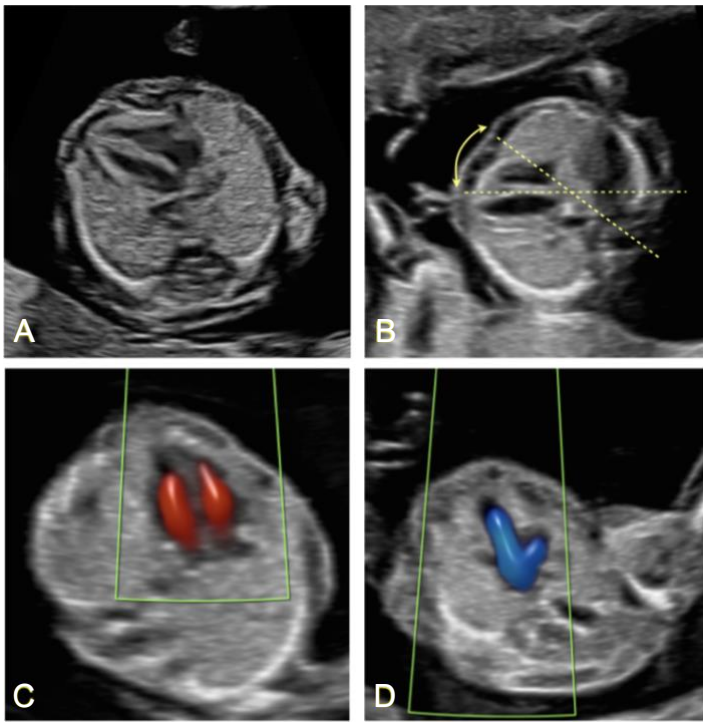


Abbildung 4.8 Herz und Thorax, axial, 12⁺³ SSW

Gastrointestinaltrakt

- Die Untersuchung des Gastrointestinaltraktes erfolgt im B-Bild (Abbildung 4.9). Im Oberbauch sieht man den Magen auf der linken Seite, in der Bildmitte findet man die Umbilikalvene (Farbe), praktisch eingebettet in die große homogene Leber. Ventral liegt der Bauchnabel, intraabdominal liegt der eher echogene Darm.

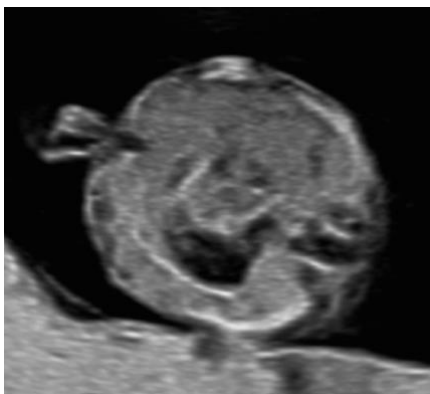


Abbildung 4.9 Gastrointestinaltrakt, 12⁺³ SSW

Bauchwand

- Bei der Bauchwand ist insbesondere die Beurteilung des Nabels von Bedeutung, diese kann sowohl im Querschnitt (Abbildung 4.10A), als auch in einem Längsschnitt (Abbildung 4.10B) erfolgen. Ist die Harnblase ständig leer, sollte der untere Anteil der Bauchwand genau untersucht werden (Blasenektrophie).

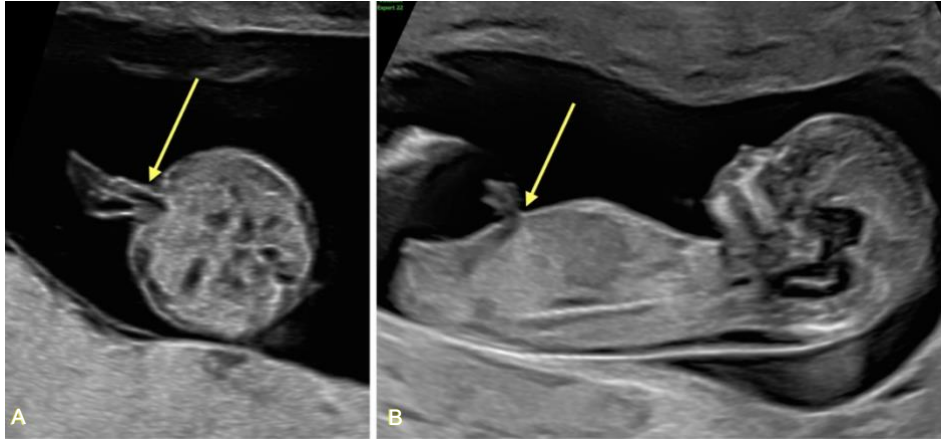


Abbildung 4.10 Bauchwand, 12⁺³ SSW

Nabelschnur

- Die Nabelschnur weist 3 Gefäße auf, eine Umbilikalvene (sichtbar im Oberbauch) und 2 Arterien, (sichtbar seitlich der Harnblase (Farbe)) (Abbildung 4.11).

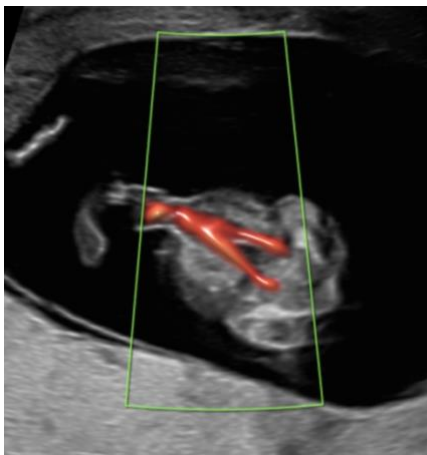


Abbildung 4.11 Nabelschnur, 12⁺³ SSW

Wirbelsäule

- Die Wirbelsäule kann am besten bei dorsoanteriorer Lage dargestellt werden (Abbildung 4.12), wobei die Echogenität nicht der des 2. Trimenon entspricht. Für das Screening auf eine offene Spina bifida sollte man sich auf die intracraniellen Veränderungen in der hinteren Fossa wie die intracranielle Transparenz, den Hirnstamm, die Cisterna magna und die Pedunculi cerebri fokussieren (Abbildung 5.1).

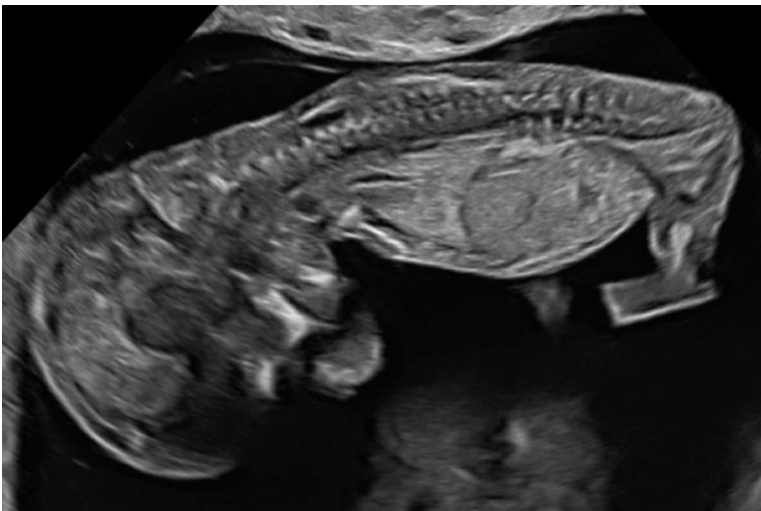


Abbildung 4.12 Wirbelsäule, 12⁺³ SSW

Extremitäten

- Alle 4 Extremitäten sollten in Längsschnitten mit allen 3 Segmenten (Abbildungen 4.13A,B). (Ober-, Unter-Arm (Abbildungen 4.13A,C) / Schenkel (Abbildungen 4.13B,D). und Hand/Fuß) dargestellt werden. Die Finger sind meist gestreckt (Abbildung 4.13A).

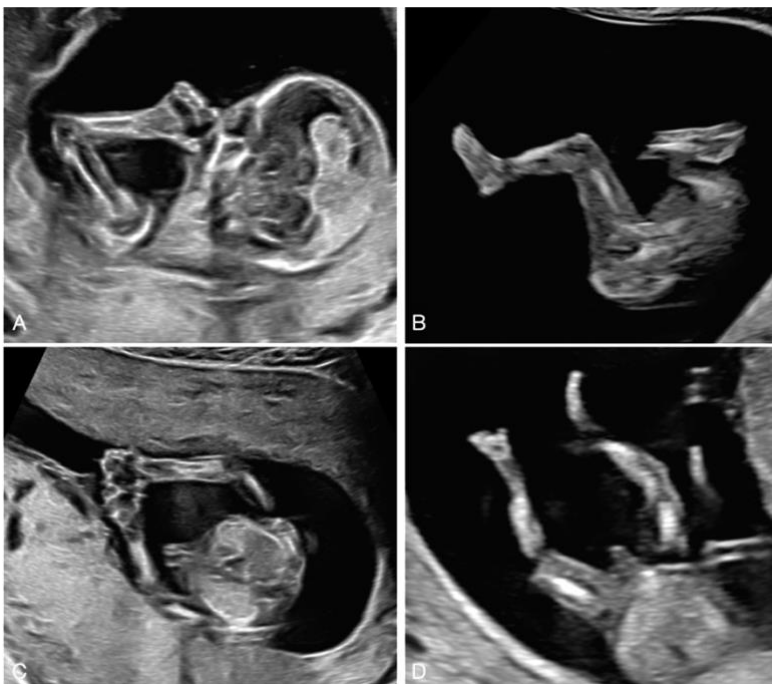


Abbildung 4.13 Extremitäten, 12⁺³ SSW

Genitalien

- Das genitale kann indirekt anhand des Genitalhöckers in einem sagittalen Längsschnitt bestimmt werden, am besten bei dorsoposteriorer Lage. Eine Querschnittseinstellung mit beiden Beinen führt regelmäßig zu falschen Ergebnissen.

Rolle des dreidimensionalen (3D) und 4D Ultraschalls

- Der 3D und 4D Ultraschall ermöglicht die Visualisierung des Feten für die Eltern (Abbildung 4.14), einen Überblick des gesamten Feten (Abbildung 4.14A) mit allen Oberflächenstrukturen, die Nutzung der Schnittbildtechnik für Einstellung

standardisierter Schnittebenen, z.B. des Kopfes und Gehirns, den Größenvergleich bei Mehrlingen sowie die Zuordnung der Mehrlinge (Abbildung 4.14B).

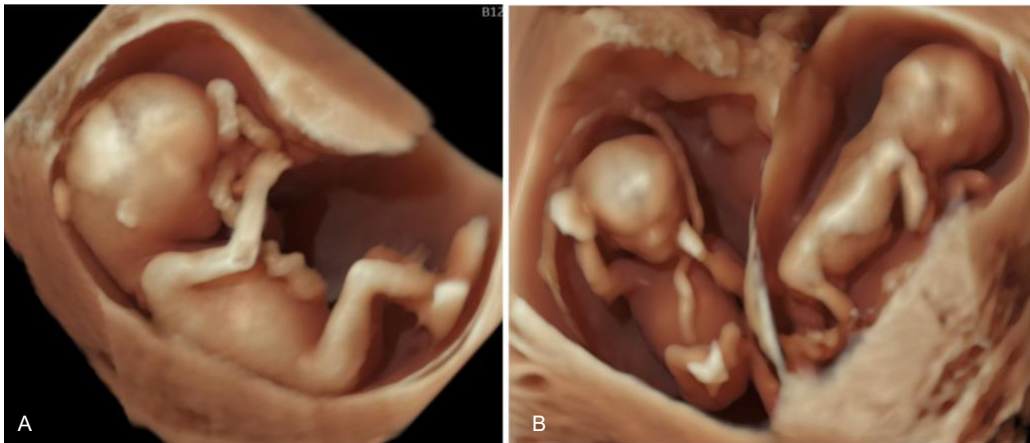


Abbildung 4.14 3D Ultraschall, 12⁺³ SSW, Einling (A) und DC Zwillinge (B)

4.3	Empfehlung	2016
EK	3 Es <i>sollen</i> zwischen 11-13⁺⁶ SSW für die frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik folgende Einstellungen durchgeführt werden (obligatorisch): • Schädel&Gehirn: Kalotte, Falx cerebri, Plexus chorioidei • Gesicht: Profil • Nacken: Nackentransparenz (NT)¹ • Wirbelsäule: • Herz&Thorax: Lage, Kontur, Vierkammerblick, Lungen • Abdomen: Magen, Bauchwand • Extremitäten: Arme und Beine • Urogenitaltrakt: Harnblase • Plazenta: Chorionizität, Amnionizität (Mehrlinge), Struktur	Es <i>sollten</i> zwischen 11-13⁺⁶ SSW für die frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik folgende Einstellungen zusätzlich eingestellt werden (optional): Intracranielle Transparenz (IT), Hirnstamm Augen, Kiefer, Lippen Nasenbein (NB)¹ Kontur Ausflusstrakte (Farbe), Drei-Gefäß-Trachea-Blick, Trikuspidalklappenfluss (TR)¹ Zwerchfell, Ductus venosus Fluss (DV)¹, NS Arterien bds. der Harnblase Hände & Füße (Femur, Tibia, Fibula, Humerus, Radius, Ulna) Nieren Lage, Ansatz der Nabelschnur, Aa. uterinae¹
	von Kaisenberg C, Chaoui R, Häusler M, Kagan KO, Kozlowski P, Merz E, Rempen A, Steiner H, Tercanli S, Wisser J, Heling KS. Quality Requirements for the early Fetal Ultrasound Assessment at 11-13+6 Weeks of Gestation (DEGUM Levels II and III). <i>Ultraschall Med.</i> 2016 Jun;37(3):297-302. doi: 10.1055/s-0042-105514.	
	starker Konsens (10/10)	

1 Nach Aufklärung und Einwilligung (GenDG)/Zertifizierung durch die Fetal Medicine Foundation: NT, NB, TR, DV, Aa uterinae, Cx.

NB: Nasenbein, TR: Trikuspidalklappenfluss (Insuffizienz), DV: Ductus venosus Fluss (reverse A-Welle), IT: Intracranielle Transparenz

4.3 Detektionsraten nicht-chromosomaler Fehlbildungen

Für den folgenden Abschnitt wurde anhand der Fragestellung allgemeine Detektionsraten von nicht-chromosomalen Fehlbildungen zwischen 11-13⁺⁶ SSW folgende Evidenz bewertet: es fanden sich zwei Cochrane systematische Reviews, ein systematischer Review sowie eine Serie von Kohortenstudien mit z.T. sehr hohen Fallzahlen und guter Qualität.

Mit dem weit verbreiteten Einsatz des NT-Screenings wurde zunehmend mehr die Beurteilung der fetalen Anatomie Teil des Ultraschalls in der Frühschwangerschaft, somit sind heute eine Reihe von fetalen Fehlbildungen, die früher im zweiten und dritten Trimenon diagnostiziert wurden, einer Diagnostik im ersten Trimenon zugänglich ⁴¹. Die Erkennung von strukturellen Fehlbildungen hat durch die zunehmende Etablierung des Ersttrimester-Screenings, die Verbesserung der Geräteauflösung und gezieltem Training der Untersucher zu einem Lernprozess für die frühe fetale Sonoanatomie geführt.

Die beschriebenen Erkennungsraten von Fehlbildungen hängen u.a. von der Unterteilung der Fehlbildungen in schwere, moderate und leichtere Fehlbildungen, der Population (high-risk, low-risk) und der Ausbildung der Untersucher ab. ⁴² Die Sensitivität der Untersuchung ist umso höher, je höher die Prävalenz von Fehlbildungen in der untersuchten Population ist. Sie hängt zudem vom Zugang (abdominal und/oder vaginal), der Geräteauflösung, der SSL, dem BMI sowie von dem jeweiligen Organsystem ab, das untersucht wird ¹.

Mehrere Studien und Metaanalysen haben gezeigt, dass eine Reihe von Fehlbildungen im ersten Trimenon nahezu immer entdeckt werden können, einige gelegentlich und einige so gut wie nie. ⁴³⁻⁴⁵ Die Detektionsraten können zudem stark variieren.

In einer Metaanalyse von Rossi & Prefumo ⁴⁵ wurden 19 Studien mit 78.002 Patienten ausgewertet. Die höchsten Entdeckungsraten wurden bei Kopf und Hals (92%) und Bauch (88%), eine mittlere Rate bei Gehirn und Wirbelsäule (51%) und Herz (48%) und niedrigere Raten bei Extremitäten, Urogenitaltrakt und Gesicht (jeweils 34%) gefunden (LoE 1a).

Die beiden größten monozentrischen Kohortenstudien kamen aus London ⁴⁴ und Shenzhen ⁴⁶. Syngelaki ⁴⁴ schloss insgesamt 100.997 Ersttrimester Untersuchungen ein. Sie fand eine Detektionsrate für strukturelle Fehlbildungen von 27,9% bei einer Fehlbildungsrate von 1,8% innerhalb des Kollektivs. Liao ⁴⁶ kam auf eine Detektionsrate von 43,1% für schwere strukturelle Fehlbildungen im ersten Trimenon innerhalb einer Population von 55.349 Feten mit einer Fehlbildungsrate von 3%. Aufgrund der Größe dieser prospektiven Kohorten wurden diese als populationsbasiert eingeschätzt, zudem war ein valider Referenzstandard gegeben (LoE 1b).

4.1	Statement
	Das Screening für fetale Fehlbildungen in einer unselektierten Population unterscheidet Fehlbildungen, die immer erkennbar sind, solche die potentiell erkennbar sind und solche, die einer Diagnostik im ersten Trimenon noch nicht zugänglich sind.
Evidenzgrad 1a	Syngelaki A, Chelemen T, Dagklis T, Allan L, Nicolaides KH. Challenges in the diagnosis of fetal non-chromosomal abnormalities at 11-13 weeks. Prenat Diagn. 2011 Jan;31(1):90-102. Rossi AC, Prefumo F. Accuracy of ultrasonography at 11-14 weeks of gestation for detection of fetal structural anomalies: a systematic review. Obstet Gynecol. 2013;122(6):1160-1167. Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorgiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obst Gyn 2017. 50:429–441. doi.org/10.1002/uog.17246 Syngelaki A, Hammami A, Bower S, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH. Ultrasound Obstet Gynecol. 2019 Oct;54(4):468-476. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, Fu Q, Yang X, Guo W, Huang Y, Zeng Q, Qin Y, Xiang H, Li S. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. Am J Obstet Gynecol. 2021 Apr;224(4):396.e1-396.e15. doi: 10.1016/j.ajog.2020.10.037
	starker Konsens (7/7)

Fetale Anomalien wie die Anenzephalie, die alobäre Holoprosenzephalie, die Omphalozele und Gastroschisis, die Megablase, die Body-Stalk-Anomalie, die Ectopia cordis und der generalisierter Hydrops erreichen in neueren Studien zum ersten Trimenon Entdeckungsraten von 100%. Andere Fehlbildungen können potentiell entdeckt werden, wie fehlende Hände oder Füße, die Zwerchfellhernie, letale Skelettdysplasien, Polydaktylien, schwere Herzfehler, Gesichtsspalten und offene Spina bifida. Ein Teil der Fehlbildungen wie der Balkenmangel, die Hypoplasie des Kleinhirnwurms, echogene Lungenläsionen, intestinale Obstruktion, Nierenfehlbildungen oder Klumpfüße entziehen sich in der Regel einer Diagnose im ersten Trimenon^{43,44}, (Tabelle 4.1, Tabelle 4.2).

Tabelle 4.1 Detektionsraten für immer, potentiell und nicht entdeckbare Fehlbildungen zum Zeitpunkt 11-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen bei 488 chromosomal normalen Feten.⁴³

immer entdeckbar	DR (%)	potentiell entdeckbar	DR (%)	nicht entdeckbar	DR (%)
Anenzephalie	100	fehlende Hand / Fuß	77	Balkenmangel	0
alobäre Holoprosenzephalie	100	Zwerchfellhernie	50	Kleinhirnwurmhypoplasie	0
Omphalozele	100	Skelettdysplasien	50	echogene Lungenläsionen	0
Gastroschisis	100	Polydaktylie	60	intestinale Obstruktion	0
Megablase	100	schwere Herzfehler	34	Nierenfehlbildungen	0
Body-Stalk Anomalie	100	Gesichtsspalten	5	Klumpfüße	0
generalisierter Hydrops	100	offene Spina bifida	14		

An einem neueren Datensatz stieg die Detektionsrate insbesondere für die als potentiell erkennbaren Fehlbildungen noch weiter.

Tabelle 4.2 Detektionsrate in einer neuen Studie für immer (linke Spalte) und in mehr als 50% entdeckbare Anomalien (mittlere Spalte) gegenüber selten entdeckbaren Anomalien (rechte Spalte) in 1720 (1,7%) Feten mit normalen Chromosomen.⁴⁴

immer entdeckbar	DR (%)	häufig entdeckbar	DR (%)	selten entdeckbar	DR (%)
Anenzephalie	100	Offene Spina bifida	>50	cerebrale Ventrikulomegalie	<10
alobäre Holoprosenzephalie	100	HLHS	>50	Balkenmangel	<10
Enzephalozele	100	AV-Kanal	>50	Lippenspalte (isoliert)	<10
Trikuspidal/Pulmonalatresie	100	komplexe Herzfehler	>50	Lungenfehlbildungen	<10
Cantrell'sche Pentalogie	100	Links Isomerismus	>50	VSDs	<10
Herzektopie	100	Urogenitale Obstruktion	>50	Abdominale Zysten	<10
Omphalozele	100	Extremitätenefekte	>50	Nierenagenesie (unilateral)	<10
Gastroschisis	100	FADS	>50	Multizystische Nieren	<10
Body-Stalk Anomalie	100	Letale Skelettdysplasien	>50	Hydronephrose	<10
				Doppelnieren	<10
				Hypospadie	<10
				Klumpfüße	<10

4.2	Statement
	Die Detektionsrate nicht-chromosomaler struktureller Anomalien hängt u.a. von der Prävalenz schwerer Fehlbildungen im untersuchten Kollektiv ab. Sie liegt bei 32% in low-risk und 60% in high-risk Kollektiven.
Evidenzgrad 1a	Rossi AC, Prefumo F. Accuracy of ultrasonography at 11-14 weeks of gestation for detection of fetal structural anomalies: a systematic review. Obstet Gynecol. 2013;122(6):1160-1167. Farraposo S, Montenegro N, Matias A. Evaluation of the role of first-trimester obstetric ultrasound in the detection of major anomalies: a systematic review. J Perinat Med 2014;42:141–149. doi.org/10.1515/jpm-2013-0130 Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorgiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017;50(4):429-441. Syngelaki A, Hammami A, Bower S, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH. Ultrasound Obstet Gynecol. 2019 Oct;54(4):468-476. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, Fu Q, Yang X, Guo W, Huang Y, Zeng Q, Qin Y, Xiang H, Li S. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. Am J Obstet Gynecol. 2021 Apr;224(4): 396.e1-396.e15. doi: 10.1016/j.ajog.2020.10.037
	starker Konsens (10/10)

In einem systematischen Review der Arbeitsgruppe um Farraposo wurden insgesamt 19 Studien mit 126.937 Feten und 1.399 schweren Fehlbildungen analysiert. Die Prävalenz schwerer (letaler) Fehlbildungen betrug 1,2% [95% Konfidenzintervall (KI), 1,0-1,4]. Die durchschnittliche Sensitivität lag bei 50,0% (95% CI 44,1-55,9) bzw. 45,2% für die gepoolte Sensitivität zur Erkennung von strukturellen Fehlbildungen⁴⁷.

Ein weiterer systematischer Review von Karim schloss insgesamt 30 Studien ein, welche zwischen 1991 und 2014 veröffentlicht worden waren.⁴² In der Analyse wurde insbesondere die Abhängigkeit der Erkennungsraten von der Zusammensetzung des untersuchten Kollektivs und der Anwendung eines standardisierten Protokolls untersucht. Die gepoolte Sensitivität für die Erkennung schwerer Anomalien in Populationen mit niedrigem oder unselektiertem Risiko (19 Studien, 115.731 Feten) betrug 46,10% (95% CI, 36,88-55,46%). Die Entdeckungsrate für alle Anomalien betrug in der Populationen mit niedrigem unselektiertem Risiko (14 Studien, 97.976 Feten) 32,35% (95% CI, 22,45-43,12%), während sie in Populationen mit hohem Risiko (sechs Studien, 2.841 Feten) 61,18% (95% CI, 37,71-82,19%) betrug.

Die Literatursuche hat zusätzlich 3 weitere systematische Reviews und Metaanalysen identifiziert^{1,48,49} sowie 4 randomisierte Studien^{50–53}. Ferner wurden weitere 42 Kohorten- bzw. Beobachtungsstudien aufgenommen mit unterschiedlicher LOE (1b-5). Wesentliche zusätzliche Informationen finden sich dort nicht.

4.4 Detektionsraten: strukturiertes vs nicht-strukturiertes vs fehlendes Untersuchungsprotokoll

Es existieren viele Vorschläge zur Biometrie und Standardebenen aus Einzelpublikationen.^{21,54} Vorschläge zu Inhalten und Durchführung der anatomischen Beurteilung durch Fachgesellschaften wurden u.a. von der DEGUM publiziert.⁵⁵ Die ISUOG machte detailliertere Vorschläge.⁵⁶ Im Jahre 2016 publizierte die DEGUM umfassende Qualitätsanforderungen für die Ultraschalluntersuchung @11⁺⁰-13⁺⁶ SSW für die Stufen II & III.¹ Es wurde das Konzept von Standardparametern und optionalen Parametern eingeführt. Hierbei wurde dem Problem Rechnung getragen, dass sich nicht alle Ebenen immer im ersten Trimenon einstellen lassen. Dies sollte zwar angestrebt werden, jedoch möglichst ohne Haftungsansprüche. Weitere

Protokolle und Empfehlungen zum Inhalt der Diagnostik wurden u.a. von der World Association of Perinatal Medicine (WAPM) und der Perinatal Medicine Foundation (PMF) herausgegeben.⁵⁷

Die für diese Leitlinie durchgeführte Literaturrecherche hatte zum Ziel, festzustellen, ob die Nutzung eines vordefinierten Untersuchungs-Protokolls die Erkennungsraten von Fehlbildungen verbessert. Es wurden 6 systematische Reviews/Meta-Analysen und 4 RCTs identifiziert. In einer Cochrane Analyse von Whitworth et al. mit 11 RCTs und 37.505 Schwangerschaften konnte nachgewiesen werden, dass eine selektierte, gezielte Untersuchung die Erkennungsrate von schweren Fehlbildungen vor der 24. SSW im Vergleich zu einer ungezielten Routineuntersuchung signifikant erhöht (RR 3,46; CI 1,67-7,14).⁵⁸

4.4	Empfehlung
Empfehlungsgrad: B	Wenn eine frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik durchgeführt wird, <i>sollte</i> sie nach einem zuvor festgelegten Protokoll erfolgen.
Evidenzgrad 1a	Farraposo S, Montenegro N, Matias A. Evaluation of the role of first-trimester obstetric ultrasound in the detection of major anomalies: a systematic review. J Perinat Med 2014 Mar;42(2):141-9. doi: 10.1515/jpm-2013-0130. PMID:24216159 Whitworth M, Bricker L, Mullan C. Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. Cochrane Database Syst Rev. 2015 Jul 14;2015(7):CD007058. doi: 10.1002/14651858.CD007058.pub3.PMID:26171896 Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorgiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017 Oct;50(4):429-441. doi: 10.1002/uog.17246. Epub 2017 Sep 7. PMID: 27546497 Kaelin Agten A, Xia J, Servante JA, Thornton JG, Jones NW. Routine ultrasound for fetal assessment before 24 weeks' gestation Cochrane Database Syst Rev. 2021 Aug 26;8(8):CD014698. doi: 10.1002/14651858.CD014698.
	starker Konsens (10/10)

In der Metaanalyse von Karim werden drei Risiko-Untergruppen unterschieden. In allen drei Untergruppen konnte ein signifikanter Unterschied in der Erkennung von strukturellen Fehlbildungen durch die Verwendung eines standardisierten anatomischen Protokolls gefunden werden: Gruppe 1 (schwere Fehlbildungen, low-risk unselektiert: X^2 , 60.95 ($P < 0.0001$)); Gruppe 2 (alle Fehlbildungen, low-risk unselektiert): X^2 , 112.46 ($P < 0.0001$); Gruppe 3 (schwere Fehlbildungen, high-risk,): X^2 , 24.71 ($P < 0.0001$)), (Tabelle 4.3).⁴²

Tabelle 4.3 Detektionsraten von Fehlbildungen/schweren Fehlbildungen in Abhängigkeit von einer low risk, high risk oder unselektierten Population.⁴²

Sub-gruppe	Population	Anomalien (n/100 Feten)	Sensitivität (%)	Diagnose @ 11-13 ⁺⁶ SSW (%)
1	schwere Fehlbildungen/ <i>low risk</i> unselektiert	1.01 (0.95–1.07)	46.10 (36.88–55.46)	53.47 (43.42–63.37)
2	alle Fehlbildungen/ <i>low risk</i> unselektiert	1.81 (1.72–1.90)	32.35 (22.45–43.12)	41.10 (32.13–50.38)
3	alle Fehlbildungen / <i>high risk</i>	6.55 (5.66–7.52)	61.18 (37.71–82.19)	66.29 (43.47–85.69)

(Zahlen in Klammern sind 95% CI).

In der Kohorten-Studie von Liao et al. wird bei 55.349 Erstrimesteruntersuchungen eine Detektionsrate von 43% für strukturelle Fehlbildungen erreicht. Die Publikation enthält ein Untersuchungsprotokoll von 14 zu dokumentierenden anatomischen Standardebenen.⁴⁶ Ein besonderer Zugewinn in der Detektion wird bei der Früherkennung der Spina bifida aperta und Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten beschrieben.

In den beiden Kohorten von Syngelaki et al. (2006-2009: n=45.191, 2009-2018: n=100.997), welche die weltweit größten Kollektive zur Fehlbildungsdiagnostik im 1. Trimenon darstellen, verbesserte sich die Erkennungsrate für die Spina bifida aperta im 1. Trimenon von 15 auf 59% und für Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten von 5 auf 35%.^{43,44}

Neben einer verbesserten Ultraschalltechnik ist die gezielte Untersuchung von Markern des indirekten Screenings für Fehlbildungen im Bereich der Fossa posterior (Intracranielle Transparenz) und Maxilla-Gaumen-Region (Maxilla-Lücke) in das Untersuchungsprotokoll ursächlich für diese Verbesserung.^{59–61}

Tabelle 4.4 Minimalanforderungen an einen Ersttrimester Ultraschall @ 11⁺⁰-13⁺⁶ Schwangerschaftswochen nach ISUOG² (Abbildungen 4.1 bis 4.13, 5.1).

Region	Minimalanforderungen an eine Ersttrimester Ultraschalluntersuchung
allgemeine Aspekte	Einlingsschwangerschaft / Mehrlinge
Kopf und Gehirn	• axiale Ebene des Kopfes • Kalzifikation des Schädels • Form des Schädels (keine knöchernen Defekte) • zwei Hemisphären durch Falx cerebri getrennt • Plexus chorioideus füllen Seitenventrikel nahezu aus (Butterfly Zeichen)
Nacken	median-sagittale Ebene des Kopfes und Nackens (Profil) • Nackentransparenz <95. Perzentile
Herz	axiale Ebene des Herzens, Vierkammerblick • Herz liegt im Brustkorb, schlägt rhythmisch
Abdomen	axiale Ebenen • Magen darstellbar • Bauchwand geschlossen • axiale oder sagittale Ebenen • Harnblase nicht dilatiert
Extremitäten	vier Extremitäten mit je drei Segmenten darstellbar
Plazenta	normales Aussehen ohne zystische Strukturen
Biometrie	sagittal: Scheitel-Steiß-Länge und Nackentransparenz axial: BPD

Tabelle 4.5 Anatomische Strukturen, die potentiell durch eine strukturierte fetale Ultraschalluntersuchung @ 11⁺⁰-13⁺⁶ SSW nach ISUOG untersuchbar sind² (Abbildungen 4.1 bis 4.13, 5.1).

Region	Strukturen die durch eine detaillierte anatomische Untersuchung nach Bedarf in sagittalen axialen oder coronaren Ebenen darstellbar sind
Kopf & Gehirn	• Schädel intakt • Kopfform normal • Falx cerebri vorhanden • Plexus chorioidei füllen Seitenventrikel nahezu aus (Butterfly Zeichen) • Thalami • Hirnstamm • Pedunculi cerebri mit Aquaeductus Sylvii • Intracranielle Transparenz (vierter Ventrikel) • Cisterna magna
Gesicht & Nacken	• Stirn • Orbitae • Nasenbein • Maxilla • retronasales Dreieck • Oberlippe • Unterkiefer • Nackentransparenz
Thorax	• Form der Thoraxwand • Lungenfelder • Zwerchfell, Kontinuität
Herz	• Herzaktionen vorhanden, regelmäßiger Rhythmus • Position: intrathorakal, Herzachse nach links (30-60°) • Größe: 1/3 der Fläche des Brustkorbs • Vierkammerblick, zwei Ventrikel, B-Bild und Farbdoppler • LVOT im B-Bild oder Farbdoppler • Drei-Gefäß-Trachea Blick, B-Bild oder Farbdoppler • keine TI • antegrader Fluss im Ductus Venosus, positive A Welle im gepulsten Doppler
Abdomen	• Magen in normaler Position im linken oberen Abdomen • Blase: normal gefüllt, im Becken (longitudinaler Diameter <7mm) • Bauchwand: intakt mit Nabelschnurinsektion • zwei Nabelschnurarterien die Blase begrenzend • Nieren: beidseits vorhanden
Wirbelsäule	• normale Form und Kontinuität
Extremitäten	• obere Extremitäten mit drei Segmenten, frei beweglich • untere Extremitäten mit drei Segmenten, frei beweglich
Plazenta	• Größe und Textur normal, kein zystisches Aussehen • Lokalisation zur Zervix sowie zu einer früheren Sektio-Narbe • Nabelschnurinsektion in der Plazenta
Fruchtwasser & Amnion	• Normale Fruchtwassermenge • Amnion und Chorion mit physiologischer Dissoziation

4.5	Empfehlung
Empfehlungsgrad: A	Ein Protokoll für eine frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik <i>sollte</i> mindestens einschließen: Biometrie, Kopf, Gehirn, Gesicht, Nackentransparenz, Wirbelsäule, Extremitäten, Thorax, Herz, Abdomen, Placenta mit Nabelschnur und Fruchtwasser
Evidenzgrad 1a	Farraposo S, Montenegro N, Matias A. Evaluation of the role of first-trimester obstetric ultrasound in the detection of major anomalies: a systematic review. J Perinat Med 2014 Mar;42(2):141-9. doi: 10.1515/jpm-2013-0130. PMID:24216159 Whitworth M, Bricker L, Mullan C. Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. Cochrane Database Syst Rev. 2015 Jul 14;2015(7):CD007058. doi: 10.1002/14651858.CD007058.pub3.PMID:26171896 von Kaisenberg C, Chaoui R, Häusler M, Kagan KO, Kozłowski P, Merz E, Rempen A, Steiner H, Tercanli S, Wisser J, Heling KS. Quality Requirements for the early Fetal Ultrasound Assessment at 11-13+6 Weeks of Gestation (DEGUM Levels II and III). Ultraschall Med. 2016 Jun;37(3):297-302. doi: 10.1055/s-0042-105514. Epub 2016 Apr 19. Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorgiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017 Oct;50(4):429-441. doi: 10.1002/uog.17246. Epub 2017 Sep 7.PMID: 27546497 Kaelin Agten A, Xia J, Servante JA, Thornton JG, Jones NW. Routine ultrasound for fetal assessment before 24 weeks' gestation Cochrane Database Syst Rev. 2021 Aug 26;8(8):CD014698. doi: 10.1002/14651858.CD014698.
	starker Konsens (10/10)

4.6	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Folgende Fehlbildungen können @11–13 ⁺⁶ SSW nahezu immer erkannt werden und <i>sollten</i> daher diagnostiziert werden: • Akranium / Exencephalie / Encephalocele (groß) • alobäre Holoprosencephalie • Omphalozele • Gastroschisis • Body-Stalk-Anomalie/ Ectopia cordis • Megazystis
Evidenzgrad 2b	Syngelaki A, Chelemen T, Dagklis T, Allan L, Nicolaides KH. Challenges in the diagnosis of fetal non-chromosomal abnormalities at 11-13 weeks. Prenat Diagn. 2011. Jan;31(1):90-102. Syngelaki A, Hammami A, Bower S, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH. Ultrasound Obstet Gynecol. 2019. Oct;54(4):468-476. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, Fu Q, Yang X, Guo W, Huang Y, Zeng Q, Qin Y, Xiang H, Li S. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. Am J Obstet Gynecol. 2021 Apr;224(4):396.e1-396.e15. doi: 10.1016/j.ajog.2020.10.037
	starker Konsens (10/10)

4.5 Indirektes vs direktes Screening für Fehlbildungen

Die frühe fetale Fehlbildungsdiagnostik ist eine Herausforderung, da die fetalen Organe noch sehr klein sind. Die Kombination des abdominalen und vaginalen Zugangs kann die Auflösung verbessern.^{62,63} Zudem sind sonographische Marker für Chromosomenanomalien im ersten Trimenon⁴¹ unterschiedlich verglichen mit denen im zweiten Trimenon.⁶⁴ Einige sonographischer

Marker im ersten Trimenon können jedoch sowohl das Risiko für eine Chromosomenanomalie erhöhen, als auch dasjenige für eine Fehlbildung.

Unter *Screening* versteht man die Diagnosestellung von Fehlbildungen nach der Untersuchung des jeweiligen Organs im Ultraschall.

Indirektes Screening ist die Suche nach sonographischen Markern, deren Befund – oder eine Kombination von Befunden – die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Fehlbildung erhöht. Beispiele hierfür sind das Screening für Herzfehler im ersten Trimenon mit der NT, dem Trikuspidalklappenblutfluss, dem Ductus venosus Blutfluss und dem Vierkammerblick (Abbildungen 5.1, 5.5, 5.6),^{65,66} die intracranielle Transparenz für das Screening der Spina bifida (Abbildung 4.15)^{67,68} und die Maxillallücke (maxillary gap) für das Screening der Lippen-Kiefer-Gaumenspalte (Abbildung 4.16).⁶⁰

4.7	Empfehlung
Empfehlungsgrad BA	Die Spina bifida aperta kann @11–13⁺⁶ SSW mittels indirekter Parameter wie der Intracraniellen Transparenz in bis zu 79% erkannt werden. Eine gezielte Untersuchung, z.B. bei Vorgeschichte einer Spina bifida, <i>sollte</i> folgende sonographische Parameter einschließen: • direkte Darstellung der Wirbelsäule (frontal, sagittal) • sagittal: intracranielle Transparenz, Hirnstamm, Cisterna magna • axial: Pedunculi cerebri, Aquäduktus Sylvii
Evidenzgrad 1a	Mace P, Mancini J, Gorincour G, Quarello E (2021) Accuracy of qualitative and quantitative cranial ultrasonographic markers in first-trimester screening for open spina bifida and other posterior brain defects: a systematic review and meta-analysis. BJOG 128:354–365. Sirico A, Raffone A, Lanzone A, et al (2020) First trimester detection of fetal open spina bifida using BS/BSOB ratio. Arch Gynecol Obstet 301:333–340. Maruotti GM, Saccone G, D'Antonio F, Berghella V, Sarno L, Morlando M, Giudicepietro A, Martinelli P (2016). Diagnostic accuracy of intracranial translucency in detecting spina bifida: a systematic review and meta-analysis. Prenat Diagn. 2016 Nov;36(11):991-996.
	starker Konsens /10/10)

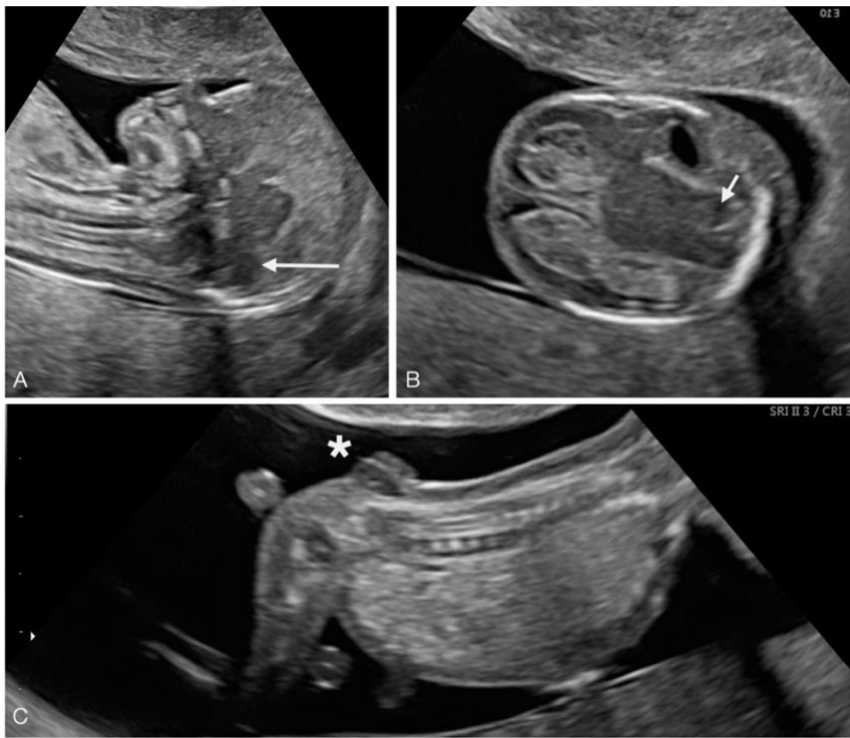


Abbildung 4.15 Fehlende intracranielle Transparenz bei Spina bifida 12⁺³ SSW (A), Spina sagittal mit auffälliger hinterer Fossa (Langer Pfeil) (A) und axial mit crash sign (kurzer Pfeil) (B) und direkte Darstellung der kaudalen Spina bifida (Stern) (C), (Vergleiche mit normalen Befunden in Abb. 4.1, 4.6, 4.7, 4.12, 5.1).

Die Diagnose einer offenen Spina bifida durch die direkte Darstellung der Läsion an der Wirbelsäule ist im ersten Trimenon schwierig. Daher hat man nach indirekten intrazerebralen Zeichen, wie den im zweiten Trimester bekannten Lemon- und Banana-Zeichen gesucht.⁶⁹ Die Entdeckung der fehlenden Intracraniellen Transparenz (IT)⁶⁷ in der median-sagittalen Ebene als indirektes Hinweiszeichen für eine offene Spina bifida zwischen 11 und 13⁺⁶ SSW war der Beginn der Suche nach zusätzlichen Markern. Der Vorteil der IT ist, dass sie in derselben Ebene darstellbar ist, in der auch die NT und das NB dargestellt werden, was das Screening darauf vereinfacht. Zwischenzeitlich wurden eine Reihe von weiteren Zeichen beschrieben, die sowohl in der median sagittalen als auch in der axialen Ebene gefunden werden können. Eines der prädiktivsten Zeichen ist die Verdickung des Hirnstamms (Brainstem), für die eine Sensitivität von 100%⁵⁹ und 96.7%⁶⁸ für die Spina bifida beschrieben worden ist. Ein verdickter Hirnstamm liegt dann vor, wenn die Entfernung zwischen Hirnstamm und Okzipitalknochen (BSOB) verringert ist und somit die BS/BSOB Ratio > 1 erhöht ist.⁶⁸

Weitere Zeichen in der median-sagittalen Ebene sind die nicht darstellbare Cisterna magna,^{59,70} der kleine Gesichtswinkel,⁷¹ die Maxillo-Okzipitale-Linie⁷² und im Farbdoppler die tiefe Lage des Tentoriums cerebelli.⁷³

In der axialen Ebene wurden weitere Zeichen beschrieben, die vor allem bei einer transvaginalen Untersuchung leichter zu erkennen sind. Diese Zeichen sind die deutliche Verminderung der Flüssigkeit in den Lateralventrikeln (dry brain)⁷⁴, der kleine biparietale Durchmesser (BPD)²⁸ und die Verkürzung des Abstands des Aquäduktus Sylvii zum Okzipitalknochen,⁷⁵ auch als der Crash-Zeichen bekannt⁷⁶ und der komprimierte 4. Ventrikel.^{70,77,78}

4.8	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (LKG) können @11–13⁺⁶ SSW durch die Maxillallücke in 65% bzw. 96% erkannt werden (isolierte LKG Spalte vs zusätzliche Fehlbildungen). Eine gezielte Untersuchung, z.B. bei Vorgeschichte einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, <i>sollte</i> folgende sonographischen Parameter einschließen: • Profil Ebene mit Maxilla und Frontalraum Abstand • Frontal-schräge Ebene mit Darstellung des retronasalen Dreiecks • Axiale Einstellung der Maxilla
Evidenzgrad 2b	Chaoui R, Orosz G, Heling K-S, Sarut-Lopez A, Nicolaidis KH (2015). Maxillary gap at 11-13 weeks' gestation: marker of cleft lip and palate. <i>Ultrasound Obstet Gynecol</i> 46:665–669. Sepulveda W, Wong AE, Martinez-Ten P, Perez-Pedregosa J. Retronasal triangle: a sonographic landmark for the screening of cleft palate in the first trimester. <i>Ultrasound Obstet Gynecol</i>. 2010 Jan;35(1):7-13. doi: 10.1002/uog.7484. Sepulveda W, Wong AE, Viñals F, Andreeva E, Adzehova N, Martinez-Ten P. Absent mandibular gap in the retronasal triangle view: a clue to the diagnosis of micrognathia in the first trimester. <i>Ultrasound Obstet Gynecol</i>. 2012 Feb;39(2):152-6. doi: 10.1002/uog.10121. Hoopmann M, Sonek J, Esser T, Bilardo K, Wagner P, Abele H, Kagan KO. Frontal space distance in facial clefts and retrognathia at 11-13 weeks' gestation. <i>Ultrasound Obstet Gynecol</i>. 2016 Aug;48(2):171-6.doi: 10.1002/uog.15823.
	starker Konsens (10/10)

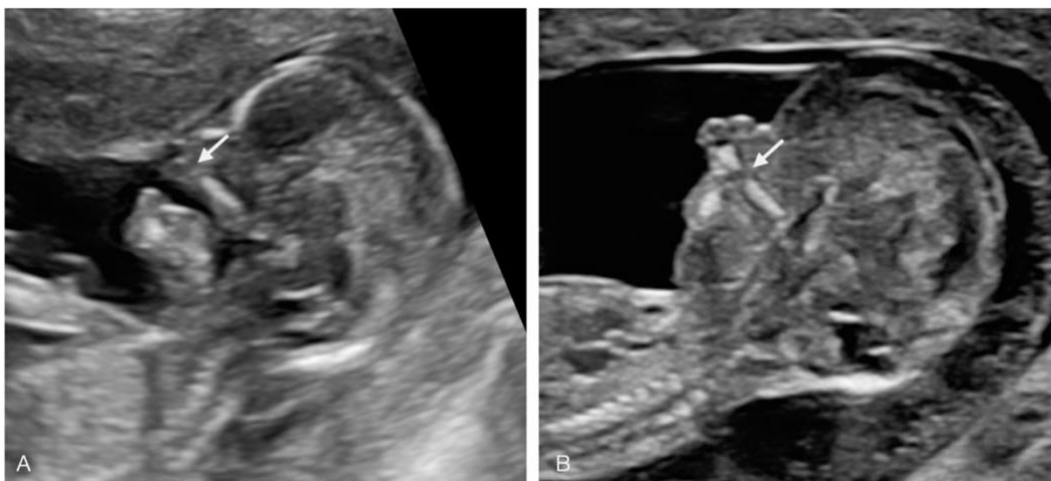


Abbildung 4.16 Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, 12⁺³ SSW mit einer Lücke im Oberkiefer (Pfeil) als maxillary gap (**A, B**). Vergleiche mit normalen Befunden in Abb.4.1, 4.7 und 5.1.

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten gehören zu den häufigen Anomalien des Menschen mit einer Inzidenz von 1:500 bei Geburt.⁷⁹ Die Diagnose einer Spalte im ersten Trimenon ist in der Studie von Syngelaki et al., in weniger als 5% gelungen.⁴³ Im letzten Jahrzehnt haben sich einige Arbeitsgruppen mit der Entdeckung von Gesichtsspalten befasst. Sepulveda et al. schlugen eine frontal-schräge Aufnahme des Gesichts mit der Darstellung des retronasalen Dreiecks (retronasal triangle) für die Entdeckung der Kieferspalt im vorderen Kieferbereich, dem Alveolarkamm, vor.⁸⁰ In dieser Ebene beschrieben die Autoren in einer weiteren Studie das Fehlen einer Mandibulallücke als Zeichen einer Mikrognathie, die oft mit Gaumenspalten einhergeht.⁸¹ Chaoui et al. berichteten über die Beobachtung, dass in einer Einstellung des Profils, die gleichzeitig zur NT-Messung dient, Feten mit einer LKG oft eine Unterbrechung des Oberkiefers aufweisen, was Maxillallücke (maxillary

gap) genannt wird. In einer Studie von 86 Fällen mit einer LKG, die ein Erst-Trimester Screening erhalten hatten, konnten anhand der retrospektiven Bilderanalyse eine Maxillallücke in 65% der Fälle mit einer isolierten LKG und in 96% der Fälle mit einer LKG mit assoziierten Anomalien gefunden werden.⁶⁰ Ein weiteres Zeichen für eine Spalte wurde von Hoopmann et al. als Frontal-Raum-Abstand (frontal space distance) beschrieben. In der Profileinstellung wird eine Linie vom vorderen Teil des Unterkiefers entlang dem vorderen Teil des Oberkiefers gezogen und der Abstand der Linie zur Stirn gemessen. In der Mehrzahl der 37 Feten mit LKG sowie bei den 16 Feten mit Mikrognathie war die Distanz größer als der Norm entsprechend.⁸²

Für alle Studien gilt, dass der Verdacht auf eine LKG durch andere Schnittebenen sowie durch eine Verlaufskontrolle bestätigt werden sollte.

4.6 Indirektes vs direktes Screening für Herzfehler

4.9	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Für das indirekte Screening für fetale Herzfehler sollten sonographische Marker wie die Nackentransparenz sowie die Flüsse über der Trikuspidalklappe und im Ductus venosus verwendet und mit einem Vierkammerblick kombiniert werden.
Evidenzgrad 4	Khalil A, Nicolaides KH (2013). Fetal heart defects: potential and pitfalls of first-trimester detection. Semin Fetal Neonatal Med. Oct;18(5):251-60.
	starker Konsens (10/10)

4.10	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Der Befund einer erhöhten NT, eines reversen Flusses über der Trikuspidalklappe und/oder im Ductus venosus bzw. eines abnormalen Vierkammerblickes sollte eine gezielte fetale Echokardiographie durch einen Spezialisten nach sich ziehen.
Evidenzgrad 1+	Khalil A, Nicolaides KH (2013). Fetal heart defects: potential and pitfalls of first-trimester detection. Semin Fetal Neonatal Med. Oct;18(5):251-60. Makrydimas G, Sotiriadis A, Ioannidis JPA (2003). Screening performance of first-trimester nuchal translucency for major cardiac defects: a meta-analysis. Am J Obstet Gynecol.;189(5):1330-1335. Papatheodorou SI, Evangelou E, Makrydimas G, Ioannidis JPA (2011). First-trimester ductus venosus screening for cardiac defects: a meta-analysis. BJOG. ;118(12):1438-1445.
	starker Konsens (10/10)

4.11	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Die fetale Echokardiographie @ 11-13⁺⁶ SSW <i>sollte</i> eine Untersuchung des Herzens in standardisierten Schnittebenen unter Verwendung des Farbdopplers einschließen.
Evidenzgrad 1+	Rasiah SV, Publicover M, Ewer AK, Khan KS, Kilby MD, Zamora J. A systematic review of the accuracy of first-trimester ultrasound examination for detecting major congenital heart disease. Ultrasound Obstet Gynecol. 2006;28(1):110-116. Zhang YF, Zeng XL, Zhao EF, Lu HW. Diagnostic Value of Fetal Echocardiography for Congenital Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. Medicine (Baltimore). 2015;94(42):e1759. Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorghiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017;50(4):429-441. Karim JN, Bradburn E, Roberts N, Papageorghiou AT, ACCEPTS study. First-trimester ultrasound detection of fetal heart anomalies: systematic review and meta-analysis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2022 Jan;59(1):11-25.
	starker Konsens (10/10)

4.12	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Die fetale Echokardiographie @ 11-13⁺⁶ SSW <i>sollte</i> folgende Schnittebenen im B-Bild und mit Farbdoppler einschließen: • Lage des Herzens • Herzachse • Vierkammerblick • Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt • Linksventrikulärer Ausflusstrakt • Drei-Gefäß-Trachea Blick mit Aorten- und Ductusbogen • Suche nach ARSA (optional)
Evidenzgrad 1a	Rasiah SV, Publicover M, Ewer AK, Khan KS, Kilby MD, Zamora J (2006). A systematic review of the accuracy of first-trimester ultrasound examination for detecting major congenital heart disease. Ultrasound Obstet Gynecol.28(1):110-116. Zhang YF, Zeng XL, Zhao EF, Lu HW (2015). Diagnostic Value of Fetal Echocardiography for Congenital Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. Medicine (Baltimore). 94(42):e1759. Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorghiou AT (2017). Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. Ultrasound Obstet Gynecol. 50(4):429-441. Karim JN, Bradburn E, Roberts N, Papageorghiou AT, ACCEPTS study (2022). First-trimester ultrasound detection of fetal heart anomalies: systematic review and meta-analysis. Ultrasound Obstet Gynecol. Jan;59(1):11-25.
	starker Konsens (10/10)

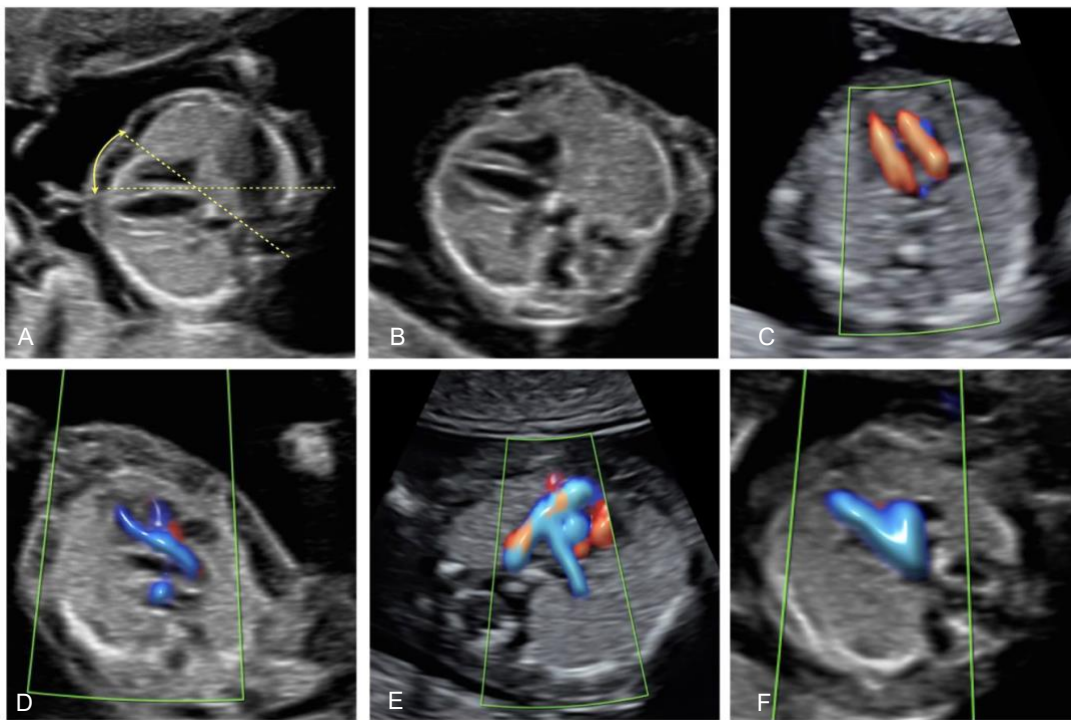


Abbildung 4.17 Fetale Echokardiographie, Standardebenen, 12⁺³ SSW: Herzachse (A), Vierkammerblick (B), Einstrom über die AV Klappen (C), Linksventrikulärer (D) und Rechtsventrikulärer (E) Ausflusstrakt, Drei-Gefäß-Trachea Blick (F) mit Aorten- und Ductusbogen.

Untersuchungen im Rahmen der Pathophysiologie der erhöhten Nackentransparenz haben gezeigt, dass eine signifikante Assoziation zwischen einer hohen NT und einem fetalen Vitium cordis besteht.⁸³ Die Häufigkeit der Herzfehler nimmt mit steigender NT zu.⁸⁴ Daher wurde vorgeschlagen, die NT Messung auch als Screening für Herzfehler einzusetzen. Zwei weitere sonographische Marker des Aneuploidie Screenings, der Ductus venosus Blutfluss⁸⁵ und der Trikuspidalklappen Blutfluss⁶⁵ erhöhen, wenn pathologisch, das Risiko für ein Vitium cordis zusätzlich.⁶⁶

In einer Metaanalyse von 8 Studien mit 58.492 Feten konnte Makrydimas⁸⁶ zeigen, dass eine NT >99 Perzentile eine Sensitivität für Herzfehler von 31% aufwies (LoE 1a).

Die Sensitivität der Trikuspidalinsuffizienz betrug in einer Metaanalyse von Scala 35% für Herzfehler in 4 Studien mit 43.650 Feten (LoE 1a).⁸⁷ Das Risiko für einen Herzfehler war erhöht (RR 7,2), wenn zusätzlich die NT erhöht war.

Eine Metaanalyse mit 9 Studien an 50.354 Fällen fand eine Sensitivität und Spezifität des pathologischen Ductus venosus Blutflusses für Herzfehler, unabhängig von der Höhe der NT, von jeweils 50% und 93%.⁸⁸ War die NT erhöht betrug die Sensitivität jeweils 83% und Spezifität 80% und bei normaler NT 19% und 96% (LoE 1a).

Einige Einzelstudien berichteten auch über den Stellenwert der NT, des DV und der TR in der Entdeckung von Herzvitiern.^{89–92} Die Studie von Minnella⁹³ ist hierzu am umfangreichsten, es wurden in dieser retrospektiven Studie prospektiv gesammelte Daten der NT, des DV und der TR von 93.209 Feten analysiert. In diesem Kollektiv mit normalen Chromosomen waren 211 Herzfehler, die NT war ≥ 95 . Perzentile bei 36,5%, die TR war 28,9% und der pathologische DV Fluss 27%. Wenn mindestens einer dieser drei Zeichen betrachtet wurde, lag die Sensitivität bei 55,5% (LoE 1b).

Ein weiterer Ansatz in der Suche nach indirekten Zeichen für eine Herzanomalie im Ersttrimester Screening bildet die Messung der Herzachse. In der Studie von Sinkovskaya⁹⁴ untersuchten die

Autoren die Herzachse von 394 gesunden Feten verglichen mit den Daten von 197 Feten mit einer Herzfehlbildung. Die Herzachse betrug $44,5 \pm 7,4^\circ$ im Normalkollektiv, war jedoch bei Feten mit einem Herzfehler in 74% der Fälle auffällig. Die Herzachse hat daher als alleiniger Marker eines Vitium cordis eine höhere Sensitivität als die NT, DV und TR zusammen (LoE 4).

Die Entdeckung eines Herzfehlers im Zeitraum 11-13⁺⁶ SSW kann nicht nur über indirekte Zeichen, sondern über die direkte Untersuchung des Herzens während des Ersttrimester Screenings erfolgen (**Abbildung 4.17**). Viele Untersucher haben in den letzten Jahren durch die zunehmende Auflösung der Ultraschallgeräte, durch die Anwendung der Farb-Doppler Sonographie und durch die erworbene Erfahrung auf dem Gebiet der fetalen Echokardiographie, über gute Entdeckungsraten berichtet.

In einer Metaanalyse mit 10 Studien und insgesamt 1.243 Fällen fanden Rasiah⁶³ eine Sensitivität von 85% in der Erkennung von kongenitalen Herzanomalien (LoE 1a). Dabei berichteten jeweils 4 Studien über den transabdominalen und den transvaginalen Zugang und zwei kombinierten beides.

In einer weiteren Metaanalyse mit insgesamt 50 Studien wurden 308.029 Fälle analysiert, die Sensitivität betrug durchschnittlich 60.3%,⁹⁵ sie war 49% für eine Basisuntersuchung und stieg auf 83.7% wenn eine erweiterte Untersuchung einschließlich der Ausflusstrakte durchgeführt wurde (LoE 1a).

Die größte und aktuellste Metaanalyse von Karim⁹⁶ schloss 63 Studien mit 328.214 Patienten ein: die Sensitivität betrug 55,8% im Niedrigrisiko- gegenüber 67,7% im Hochrisikokollektiv. Die Sensitivität in der Basisuntersuchung ohne Protokoll betrug jedoch lediglich 13,5%, stieg jedoch auf 33% bzw. 38,5% wenn der Vierkammerblick bzw. der Farbdoppler hinzugezogen wurde. Die höchste Entdeckungsrate von 80% fanden die Autoren in der Gruppe mit einem Untersuchungsprotokoll, indem der Vierkammerblick auch unter Anwendung des Farb-Dopplers und der großen Gefäße untersucht wurde (LoE 1a).

4.7 Fehlbildungsdiagnostik im zweiten nach frühem Ersttrimester Fehlbildungsultraschall

Obgleich viele Fehlbildungen potentiell bereits im ersten Trimenon diagnostiziert werden können, ist eine umfassende vollständige Fehlbildungsdiagnostik im Zeitraum 11-13⁺⁶ SSW nicht möglich. Dies wird insbesondere aus einer Studie an 100.997 Feten deutlich, die über Entdeckungsraten für Fehlbildungen im zweiten Trimenon nach erfolgtem Ersttrimester-Screening berichtet⁴⁴: die Inzidenz fetaler nicht-chromosomaler Fehlbildungen war 1.7% (1.720). Davon wurden im ersten Trimenon 27.6% (474), 53.8% (926) im zweiten und 18.6% (320) im dritten Trimenon oder postpartal entdeckt, (Tabelle 4.2).

Nicht jede potentiell im ersten Trimenon detektierbare Fehlbildung wird in der Realität auch tatsächlich erkannt werden, zudem existiert auch eine Reihe von Fehlbildungen z.B. des ZNS, der Nieren und der Lungen, die in der Frühschwangerschaft nicht entdeckt werden können, da sie noch nicht manifest sind.^{43,44}

Daher wird empfohlen, nach einem Erst-Trimester Screening für Fehlbildungen immer auch einen Zweittrimester Screening durchzuführen.

4.13	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Nach einer Fehlbildungsdiagnostik zum Zeitpunkt 11-13 ⁺⁶ SSW <i>soll</i> ein Organscreening im zweiten Trimenon zwischen 18-23 SSW folgen.	
Evidenzgrad 1b	Rossi AC, Prefumo F 2013. Accuracy of ultrasonography at 11-14 weeks of gestation for detection of fetal structural anomalies: a systematic review. Obstet Gynecol. Dec;122(6):1160-7. Syngelaki A, Hammami A, Bower S, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH (2019). Diagnosis of fetal non-chromosomal abnormalities on routine ultrasound examination at 11-13 weeks' gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. Oct;54(4):468-476.	
	starker Konsens (10/10)	

4.8 Bedeutung des Fehlbildungsschalls @11-13⁺⁶ SSW vs @18-23 SSW: Benefit für die Eltern

In einer Kohortenstudie von 100.997 Feten ohne Chromosomenanomalie, die im Ersttrimester-Screening untersucht wurden, zeigten Syngelaki et al., dass, bezogen auf die Gesamterkennungsrate, die Entdeckungsrate im ersten Trimenon 27,6% betrug, im zweiten Trimenon weitere 53,8% und im dritten Trimenon und nach der Geburt die verbleibenden 18,6% (LoE 2b). Dabei konnten im ersten Trimester alle Anenzephalien, lobäre Holoprosenzephalien, Omphalozenen und Body-stalk-Anomalien diagnostiziert werden.⁴⁴

Die frühe Diagnose einer schweren oder letalen Fehlbildung ermöglicht einen Schwangerschaftsabbruch, bevor überhaupt die Schwangerschaft bekannt geworden ist.

Trotz eines frühen strukturierten Fehlbildungsschalls soll immer ein Zweittrimester Fehlbildungsschall um 18-23 SSW mit Echokardiographie durchgeführt werden.

4.9 Psychologische Aspekte des Erst-Trimester-Screenings

Vor der Durchführung eines Ersttrimester-Screenings sollte die Schwangere über die Vorhersagemöglichkeit der einzelnen Untersuchungsschritte, ihre Limitationen, mögliche weiterführende Untersuchungen sowie über potentielle Testergebnisse informiert werden. Der Befund einer Fehlbildung, einer Chromosomenstörung oder eines hohen Präeklampsierisikos kann die Ratsuchende vor eine Konfliktsituation und eine psychische Herausforderung stellen. Es sollten daher stets die potentiellen Auswirkungen des Ersttrimester-Screening auf das Paar Berücksichtigung finden.

4.14	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Vor der Durchführung eines Ersttrimester-Screening <i>sollte</i> die Schwangere über mögliche psychische und emotionalen Folgen der Entdeckung eines auffälligen Befundes informiert werden.	
Evidenzgrad 1a	Moncrieff G, Finlayson K, Cordey S, McCrimmon R, Harris C, Barreix M, Özge T, Downe S (2021). First and second trimester ultrasound in pregnancy: A systematic review and metasynthesis of the views and experiences of pregnant women, partners, and health workers. PLoS One 16(12):e0261096.	
	starker Konsens (10/10)	

In einer neueren Metaanalyse von Moncrieff wurden 80 Studien zu den Ängsten und den psychischen und emotionalen Auswirkungen des Ersttrimester-Screening auf die Schwangere und Ihren Angehörigen sowie auf die Untersucher analysiert (LoE 1a).⁹⁷ Obgleich die Entscheidung für ein Erst-Trimester Screenings freiwillig ist, ist die Entscheidungsfindung nach einem auffälligen Ergebnis immer individuell und wird durch moralische, religiöse und soziale Einflüsse geprägt. Die emotionale Anspannung nach einem abnormalen Befund wird durch jede Form diagnostischer

Unsicherheit noch gesteigert. In vielen Fällen verwandelt sich die zunächst positive Einstellung der Schwangerschaft gegenüber in ein Gefühl eines permanenten latenten Risikos verbunden mit Gefühlen von Schuld und Trauer, auch wenn die Anomalie nicht bestätigt wird. Die in der Schwangerschaft aufgetretene Angst kann sogar bis nach der Entbindung andauern und zu der Entscheidung führen, keine Kinder mehr haben zu wollen.⁹⁷

Die Ersttrimester-Diagnose einer Fehlbildung oder einer genetischen Störung ermöglicht die Planung vieler Aspekte (emotional, finanziell), vor allem für den Umgang mit der fetalen Erkrankung und potentieller Konsequenzen (z.B. Planung der Operation nach der Geburt, Abbruch der Schwangerschaft). Als Vorteil wird auch empfunden, dass die Entdeckung einer Anomalie im ersten Trimenon ermöglicht, die Entscheidung zur Beendigung der Schwangerschaft treffen zu können, bevor die Schwangerschaft überhaupt sichtbar geworden ist.⁹⁷ In weiteren neuen einzelnen Kohorten- und Beobachtungsstudien konnten ähnliche Ergebnisse aufgezeigt werden, vor allem eine moderate bis hohe Ängstlichkeit in 71% der Fälle nach Mitteilung der Diagnose einer Anomalie (LoE 3b).⁹⁸ Frauen mit einer Vorgeschichte eines Schwangerschaftsabbruches zeigten laut einer Studie ein höheres Distress- und Trauerniveau (LoE 3b).⁹⁹

Kommt es nach einer Diagnose zu einer Beendigung der Schwangerschaft, so ist diese unabhängig vom Schwangerschaftsalter in ca. 70% der Fälle mit psychischen Distress assoziiert (LoE 3b).¹⁰⁰

Dabei sind Beendigungen im zweiten Trimenon im Vergleich zu denjenigen im ersten Trimenon stärker mit einer posttraumatischen Belastungsstörung vergesellschaftet (OR 9,3), die 6 Wochen nach der Interruptio besonders ausgeprägt ist (LoE 3b).¹⁰⁰

5 Screening für Chromosomenstörungen @ 11-13⁺⁶ SSW

Chromosomenstörungen können mit dem Leben vereinbar sein oder einen letalen Verlauf nehmen. Das Risiko kann mithilfe von Suchtests (Screeningtests) eingeschätzt werden. Die definitive Abklärung erfolgt mittels diagnostischer Tests (Chorionzottenbiopsie oder Amniozentese).

Das hier beschriebene Ersttrimester-Screening ist in Deutschland keine Kassenleistung, NIPT ist unter bestimmten Voraussetzungen Teil des Leistungskatalogs der gesetzlichen Krankenkassen. In Österreich und der Schweiz gelten länderspezifische Regelungen.

Zu Chromosomenstörungen wurden vier PICO Fragen gestellt. Diese betrafen das kombinierte Ersttrimester-Screening (mütterliches Altersrisiko, Gestationsalter, fetale Nackentransparenz sowie die Serummarker freies beta-hCG und PAPP-A) und NIPT, die Indikation zur invasiven Diagnostik, die Detektions- und Falsch-positiv Raten des Ersttrimester-Screenings sowie die Wahrnehmung durch die Schwangere (s.a. Empfehlungen der DEGUM zu diagnostischen Punktionen¹⁰¹).

5.1 Statistische Kennziffern zur Beurteilung der Testgüte von Screeninguntersuchungen

Wichtige Qualitätsmerkmale eines Screeningtests sind die **Detektionsrate (DR)** (= **Sensitivität**) und die **Falsch-Positivrate** (1-Spezifität) (**FPR**), die über das ermittelte Risiko miteinander in Verbindung stehen. Sensitivität und Spezifität ergeben zusammen die **diagnostic accuracy**.

Die **Detektionsrate** entspricht dem Anteil der pathologischen Schwangerschaften, der korrekt durch einen Screeningtest als auffällig klassifiziert wurde.

Der Anteil der unauffälligen Schwangerschaften, der durch den Screeningtest fälschlicherweise als auffällig klassifiziert wurde, wird als **Falsch-Positivrate (FPR)** bezeichnet.

Der **positive Vorhersagewert (PPV)** stellt den Anteil der tatsächlich pathologischen Schwangerschaften mit einem auffälligen Testergebnis im Verhältnis zu allen Schwangerschaften mit einem auffälligen Testergebnis dar.

Der **negative Vorhersagewert (NPV)** stellt den Anteil der gesunden Schwangerschaften mit einem unauffälligen Testergebnis im Verhältnis zu allen Schwangerschaften mit einem unauffälligen Testergebnis dar.

Ein auffälliges Ergebnis ist als Risiko oberhalb eines vorbeschriebenen Schwellenwerts (Cut-off) definiert. Um verschiedene Screeningtests miteinander vergleichen zu können, wird in der Regel die **Detektionsrate** bei einer **fixierten Falsch-Positivrate** angegeben.

Rechenbeispiele s.a. unter **Kapitel 5.6** und **Tabelle 5.8**.

Vierfeldertafel

Tabelle 5.1

Testergebnis	betroffen	nicht betroffen	gesamt
positiv	(a)	(b)	a+b
negativ	(c)	(d)	c+d
total	a+c	b+d	a+b+c+d

Sensitivität = $a / (a+c)$

Spezifität = $d / (b+d)$

positiver prädiktiver Wert = $a / (a+b)$

negativer prädiktiver Wert = $d / (c+d)$.

5.2 Häufigkeit von Chromosomenstörungen

Gemäß Eurocat-Register lag die Häufigkeit von Chromosomenstörungen für den Zeitraum 2005 bis 2020 bei 35.81 von 10.000 Schwangerschaften.¹⁰² Die Rate an fetalen Fehlbildungen wurde im Zeitraum lag bei 221.98 von 10.000 (Lebendgeburten, intrauterinen Fruchttode und Schwangerschaftsabbrüche).¹⁰²

Im Einzelnen wurde die Häufigkeit der Trisomie 21, 18 und 13 sowie des Turner-Syndroms wie folgt angegeben: 24,0/10.000; 5.9/10.000; 2,2/10.000 und 2,5/10.000.¹⁰² Anhand dieser Häufigkeiten wird klar, dass die Häufigkeit von Fehlbildungen deutlich höher ist als die von Chromosomenstörungen.

In dem Practice Bulletin des American College of Obstetricians and Gynaecologists sind die Risiken für Chromosomenstörungen zusammengefasst. Das Risiko einer Trisomie 21, 18 und 13 ist vom mütterlichen Alter abhängig. Für die Trisomie 21 liegt es bei 1:1250 bei einer 20-jährigen und 1:86 bei einer 40-jährigen Patientin.¹⁰³

Das Risiko gonosomaler Aneuploidien und seltener Chromosomenstörungen, wie Mikrodeletionen und -duplikationen, ist altersunabhängig und mit etwa 1:270 angegeben.¹⁰³

Die **DR** ist von der **Prävalenz** abhängig, je höher die Prävalenz, desto höher die DR.

5.3 Beratung vor der Untersuchung

Für die Aufklärung und Beratung besteht Arztvorbehalt (GenDG, Richtlinien der GEKO), s.a. Kapitel 3 Rechtliche Grundlagen, 3.1 Aufklärung und Beratung.

Tabelle 5.2 Häufigkeit von Chromosomenstörungen Zweitrimeter Schwangerschaften basierend auf dem mütterlichen Alter am Termin.¹⁰³

	Trisomie 21	Trisomie 18	Trisomie 13	Geschlechts- chromosomale Aneuploidien (XXX, XY, XYY, 45,X)	Microarray oder seltene Chromosomen- störungen	alle Chromosomen- störungen
Age 20	8 per 10,000 1 in 1,250	2 per 10,000 1 in 5,000	1 per 10,000 1 in 10,000	34 per 10,000 1 in 294	37 per 10,000 1 in 270	82 per 10,000 1 in 122
Age 25	10 per 10,000 1 in 1,000	2 per 10,000 1 in 5,000	1 per 10,000 1 in 10,000	34 per 10,000 1 in 294	37 per 10,000 1 in 270	84 per 10,000 1 in 119
Age 30	14 per 10,000 1 in 714	4 per 10,000 1 in 2,500	2 per 10,000 1 in 5,000	34 per 10,000 1 in 294	37 per 10,000 1 in 270	91 per 10,000 1 in 110
Age 35	34 per 10,000 1 in 294	9 per 10,000 1 in 1,111	4 per 10,000 1 in 2,500	35 per 10,000 1 in 285	37 per 10,000 1 in 270	119 per 10,000 1 in 84
Age 40	116 per 10,000 1 in 86	30 per 10,000 1 in 333	14 per 10,000 1 in 714	51 per 10,000 1 in 196	37 per 10,000 1 in 270	248 per 10,000 1 in 40

5.4 Ersttrimester-Screening

Für die Nackentransparenz wurden 4 systematische Reviews, ein RCT und 24 Kohortenstudien identifiziert, für das kombinierte Ersttrimester-Screening und NIPT wurden 23 systematische Reviews / Meta-Analysen, 3 RCTs und 147 Kohorten-/Beobachtungsstudien analysiert (PICO Fragen 2.1-2.3).

Grundsätzlicher Ansatz der Risikoberechnung

Das kombinierte Ersttrimester-Screening (ETS) verwendet das mütterliche Altersrisiko, das Gestationsalter, die fetale Nackentransparenz (NT) und die Serummarker freies beta-hCG und PAPP-A. Die hohe Testgüte des kombinierten Ersttrimester-Screening ('combined test') ergibt sich aus der Kombination aller Einzelmarker. Daher sollten für eine Risikoberechnung alle Parameter gleichzeitig verwendet werden.¹⁰⁴

Die Bindra Studie aus 2002 wurde zitiert, da sie die erste große prospektive Studie ist, die das Konzept der 'one-stop clinic for assessment of risks' untersucht (Alter, Ultraschall und Biochemie, die berechneten Risiken werden unmittelbar mitgeteilt)¹⁰⁵. Kagan et al., 2009 ist eine prospektive Validierungsstudie des neuen Ersttrimester Risikoalgorithmus der Fetal Medicine Foundation.¹⁰⁶ Liu et al. 2015 ist eine Meta-Analyse von 24 Studien (LoE 1a), die zeigt, dass die Kombination aus mütterlichem Alter, Ultraschall und Biochemie eine höhere Detektionsrate als die Einzelparameter aufweist.¹⁰⁷ Kaul et al., 2017 untersuchte Kombinationen aus mütterlichem Alter, Ultraschallparametern und Biochemie. Das kombinierte Screening mit den meisten Ultraschallparametern wies die höchste DR auf.¹⁰⁸

5.1	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Eine Risikoberechnung <i>so//</i> erst nach Einschluss aller Risikomarker erfolgen (mütterliches Alter, Nackentransparenz, Serumbiochemie). Das Ergebnis <i>so//</i> erst mitgeteilt werden, nachdem alle Risikomarker berücksichtigt wurden. Entsprechend <i>so//</i> nur ein Risiko vor dem Test und nach der vollständigen Berechnung mitgeteilt werden, keine Zwischenschritte.
Evidenzgrad 1a	Bindra R, Heath V, Liao A, Spencer K, Nicolaides KH. One-stop clinic for assessment of risk for trisomy 21 at 11-14 weeks: a prospective study of 15 030 pregnancies. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2002 Sep;20(3):219-25. doi: 10.1046/j.1469-0705.2002.00808.x. PMID: 12230441. Kagan KO, Etchegaray A, Zhou Y, Wright D, Nicolaides KH. Prospective validation of first-trimester combined screening for trisomy 21. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2009 Jul;34(1):14-8. doi: 10.1002/uog.6412. Liu Y, Ye X, Zhang N, Zhang B, Guo C, Huang W, Jing L, Wang M, Yang G, Wei X, Jing C. Diagnostic value of ultrasonographic combining biochemical markers for Down syndrome screening in first trimester: a meta-analysis. <i>Prenat Diagn.</i> 2015 Sep;35(9):879-87. doi: 10.1002/pd.4626 Kaul A, Singh C, Gupta R, Arora N, Gupta A. Observational study comparing the performance of first-trimester screening protocols for detecting trisomy 21 in a North Indian population. <i>Int J Gynaecol Obstet.</i> 2017 Apr;137(1):14-19. doi: 10.1002/ijgo.12087. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28099747.
	starker Konsens (12/12)

Das Endergebnis des kombinierten ETS wird als Risiko wiedergegeben und in Form von 1 in X, beispielsweise 1 in 1.000, ausgedrückt. Das Risiko gibt das Verhältnis zwischen betroffenen und nicht betroffenen Schwangerschaften wieder. Wenn das berechnete Risiko über einem Schwellenwert liegt, gilt das Ergebnis als screen-positiv, so dass ein weiterer Abklärungsbedarf besteht. Bei Unterschreiten des Schwellenwerts wird das Ergebnis als screen-negativ gewertet, so dass keine weiteren Untersuchungen indiziert sind.

Das kombinierte ETS kann durch die Einbeziehung zusätzlicher risikorelevanter Ultraschall-Parameter wie dem fetalen Nasenbein, dem Trikuspidalklappenfluss oder dem Blutfluss im Ductus venosus erweitert werden.^{109–113} Diese Untersuchungen sind aber besonderen Risikokonstellationen vorbehalten und erfordern eine größere Expertise.¹¹⁴ Sie sollen nur qualitätsgesichert erfolgen.

Die Risikoberechnung kann unterschiedlich erfolgen: durch eine 'stand alone' - Software auf den Praxiscomputern, durch ein Software-Paket, welches in die klassischen pränatalen Dokumentationssysteme eingebunden ist oder durch ein Computerprogramm, welches sich auf den Rechnern des Labors befindet. Für die Berechnung des Risikos ist in jedem Fall ein personalisierter Lizenzschlüssel erforderlich, der durch die Fetal Medicine Foundation oder FMF-D nach Lizenzierung und jährlicher Qualitätssicherung vergeben wird. Unabhängig von der Berechnungsart ist die Weitergabe des Risikos an die Patientin zwingend an die verantwortliche ärztliche Person gebunden (GenDG).

5.5 Risikoalgorithmen

Der Risikoalgorithmus der Fetal Medicine Foundation in London¹¹⁵ zeichnet sich einerseits durch eine sehr hohe Fallzahl und follow up (100%), andererseits durch eine Validierung der diagnostischen Genauigkeit¹⁰⁹ und durch jahrelange Bewährung in der klinischen Praxis weltweit aus.

Altersrisiko, Gestationsalter und Wiederholungsrisiko

Das Altersrisiko stellt das a-priori-Risiko im ETS dar. Eine isolierte Risikobeurteilung nur auf der Basis des Altersrisikos ist heute obsolet. Die Studien zum Altersrisiko gehen auf Untersuchungen vor Jahrzehnten zurück als noch keine Screening-Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die größte Studie wurde von Cuckle et al. durchgeführt und basiert auf 5 Millionen normalen Schwangerschaften und 4528 Feten mit Trisomie 21.¹¹⁶

Das Risiko für Trisomie 21 am Termin beträgt:

$$\text{Risiko am Termin} = 0,000627 + \text{EXP}(-16,2395 + 0,286 \times (\text{MA} - 0,5))$$

Das Altersrisiko für die Trisomien 18 und 13 wird in analoger Weise berechnet.¹¹⁷

Eine vorangegangene Schwangerschaft mit einer Trisomie 21, 18 oder 13 addiert sich zum jeweiligen Altersrisiko mit etwa 0,75%.

Da ein Teil der Feten mit einer Chromosomenstörung im Verlauf der Schwangerschaft spontan versterben, wird die Prävalenz in höheren Schwangerschaftswochen zunehmend geringer. Daher stellt das Gestationsalter ebenfalls einen risikorelevanten Faktor dar und ist in der Berechnung zu berücksichtigen. Dies ist vor allem für Trisomie 18 und 13 wichtig, da bei diesen Chromosomenstörungen die Rate an spontanen Fehlgeburten besonders hoch ist.¹¹⁷

Ultraschall-basierte Untersuchungsverfahren

Fetale Nackentransparenz

Methodik und Meßregeln

Die Messung der Höhe der NT stellt die zentrale Untersuchung im Rahmen des kombinierten ETS dar. Da die Messung sehr von der Expertise des Untersuchers abhängt, kommen den Messregeln eine besondere Bedeutung zu.¹¹⁸ Diese sind in Empfehlung 5.2 zusammengefasst. Die Messung soll qualitätsgesichert erfolgen und soll auditiert werden.

Alle Empfehlungen für die Durchführung von Standardebenen im Ultraschall, z.B. NT, NB, TR, DV, Aa. uterinae (Abbildungen 5.1-7) sowie die Standardeinstellungen zur Fehlbildungsdiagnostik (Abbildungen 4.1-13,) wurden initial im Konsens festgelegt. Die Standardebene und Methode wurde in der Regel durch die Erstbeschreibung festgelegt, häufig jedoch durch die Fetal Medicine Foundation noch weiter präzisiert und gering modifiziert. Für alle diese Ebenen gibt es multiple

internationale Studien und überwiegend systematische Reviews, die die Detektionsraten basierend auf diesen Standardebenen beschreiben und Kohortenstudien mit gutem Referenzstandard. Zudem gibt es seit über 25 Jahren das jährliche Audit durch die Fetal Medicine Foundation in London. Entsprechend haben sich diese Standardeinstellungen in der Praxis in allen Ländern der Welt bewährt (LOE 1b).

5.2	Empfehlung Messregeln für die Nackentransparenz (FMF London)	1998
Empfehlungsgrad: A	• 11-13⁺⁶ SSW. • Scheitel-Steiß-Länge (SSL) 45-84mm. • Bildvergrößerung so, dass der fetale Kopf & Thorax den gesamten Bildschirm einnimmt. • Mediansagittale Schnittebene: echogene Nasenspitze und rechtwinklige Form des harten Gaumens anterior, das echoarme Diencephalon in der Schädelmitte und die Nackenmembran posterior. Leichte Abweichungen von der genauen Mediansagittalen bedeuten, dass die Nasenspitze nicht sichtbar ist, das Pflugscharbein hingegen schon. • Neutrale Lage des Feten mit dem Kopf in einer Linie mit der Wirbelsäule. Bei Hyperextension wird die NT zu groß, bei Hyperflexion zu klein gemessen. • Es soll sorgfältig zwischen der fetalen Hautoberfläche und dem Amnion unterschieden werden. • Es soll immer die breiteste Stelle der NT gemessen werden. • Die Messkreuzpositionierung sollte an den inneren Grenzen der definierenden Linien erfolgen die die Nackentransparenz definieren (ON-ON), auf den weißen Linien, so nah an der Nackentransparenz wie möglich, ohne darauf zu liegen. • Bei der Vergrößerung des Bildes (vor oder nach dem freeze) ist es wichtig, das gain runterzudrehen. Dadurch wird vermieden, das Messkreuz auf den unscharfen Rand der Linie zu platzieren, was zu einer Unterschätzung der Nackentransparenz führt. • Während der Untersuchung sollte die NT mehrfach gemessen werden und das Bild mit der höchsten NT, das alle anderen Kriterien erfüllt, für die Auswertung verwendet werden. • Liegt die Nabelschnur um den fetalen Nacken, sollten die Messungen davor und dahinter erfolgen und gemittelt werden. Die Verwendung des höchsten Messwertes führt zu einer Überschätzung der NT.	
Evidenzgrad: 1b	Snijders RJ, Noble P, Sebire N, Souka A, Nicolaides KH. UK multicentre project on assessment of risk of trisomy 21 by maternal age and fetal nuchal-translucency thickness at 10-14 weeks of gestation. Fetal Medicine Foundation First Trimester Screening Group. Lancet. 1998 Aug 1;352(9125):343-6. doi: 10.1016/s0140-6736(97)11280-6. Santorum M, Wright D, Syngelaki A, Karagiotti N, Nicolaides KH. Accuracy of first-trimester combined test in screening for trisomies 21, 18 and 13. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017 Jun;49(6):714-720. doi: 10.1002/uog.17283. Epub 2017 Apr 26. PMID: 27549925.	
	starker Konsens (12/12)	

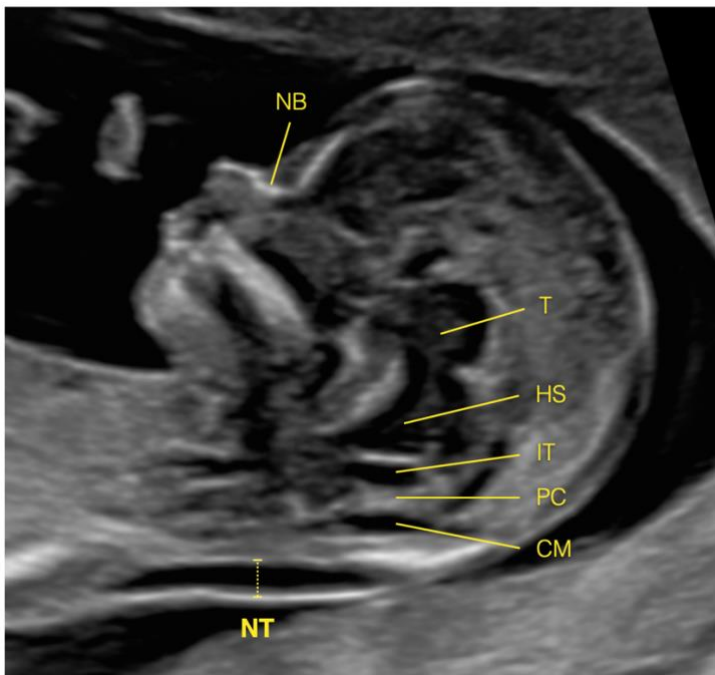


Abbildung 5.1 Sagittalschnitt eines Feten mit einer normalen Nackentransparenz (NT), Cisterna magna (CM), Plexus chorioideus (PC), Intracranieller Transparenz (IT), Hirnstamm (HS), Thalamus (T) und Nasenbein (NB) 12⁺⁵ SSW.

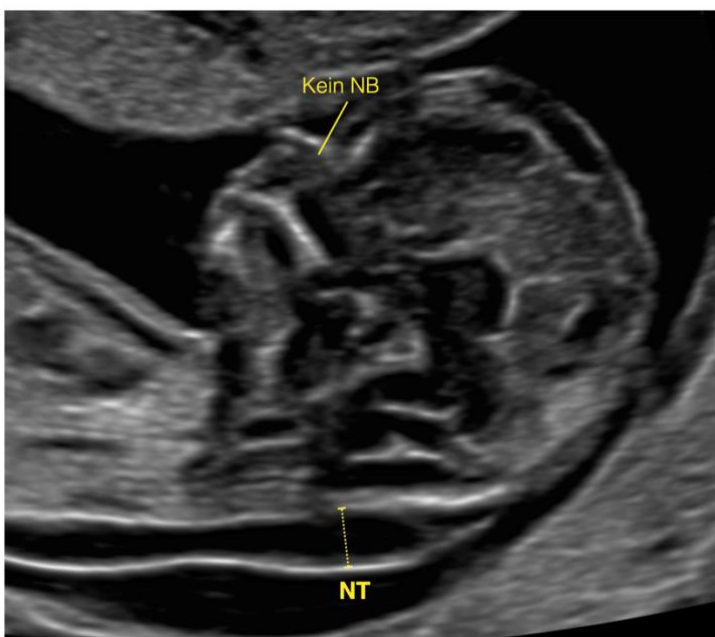


Abbildung 5.2 Sagittalschnitt eines Trisomie 21 Feten mit einer erhöhten Nackentransparenz (NT) und fehlendem Nasenbein (NB).

Meß- und Einstellungsfehler führen meist zu einem Unterschätzen der Nackentransparenz und damit zu einem Unterschätzen des Patientinnen-spezifischen Risikos.¹¹⁸ Diese Fehler treten beispielsweise auf, wenn das Bild zur Messung der Scheitel-Steiß-Länge (SSL) zur Messung der NT verwendet wird, bei einer Abweichung von der mediansagittalen Schnittebene, bei zu starkem Gain, oder wenn die Kalliper in den Graubereich der NT-Linien anstelle der eigentlichen Ränder der Linien platziert werden.¹¹⁹

Normkurve

Die Breite der NT ist abhängig von der Scheitel-Steiß-Länge (SSL). Abbildung 5.3 zeigt die Normkurven der FMF UK¹²⁰. Diese beruht auf einer Prospektiven Validierungsstudie von Wright

et al., bei der die NT-Messungen von 37.078 Feten ausgewertet wurde (LoE 1b). Bei euploiden Feten liegt die mediane NT bei einer SSL zwischen 45 und 84 mm bei 1,2 mm und 2,5 mm. Im Allgemeinen wird ab einer NT über der 95. Perzentile von einer erhöhten NT gesprochen. Zur Risikoberechnung wird der beobachtete Wert ins Verhältnis zum erwarteten Wert gesetzt. Daraus ergibt sich ein Anpassungsfaktor, mit dem das a-priori-Risiko multipliziert wird.

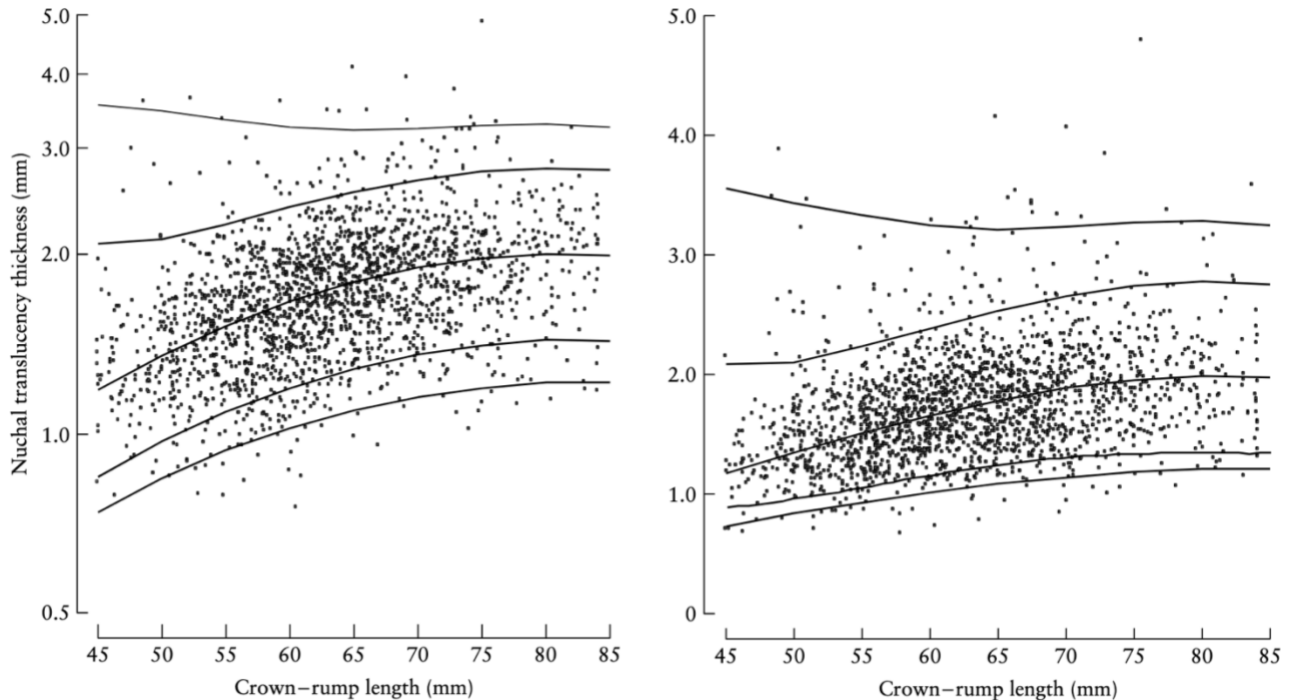


Abbildung 5.3 Verteilung des Nackentransparenz abhängig von der Scheitel-Steiß-Länge der FMF-UK in nicht-betroffenen Schwangerschaften. Dargestellt sind Median, 1., 5., 50., 95. und 99. Perzentilenkurven, logarithmische Skala (links), lineare Skala (rechts).¹²⁰

Der Vergleich der Normwertkurven der Fetal Medicine Foundation UK mit der der FMF-D zeigt, dass der Medianwert sowie die 5. und 95. Perzentilen der FMF-D niedriger liegen. Dies bedeutet, dass der gleiche NT Messwert bei der FMF-D bereits früher erhöht ist, als bei der Fetal Medicine Foundation UK.¹²¹

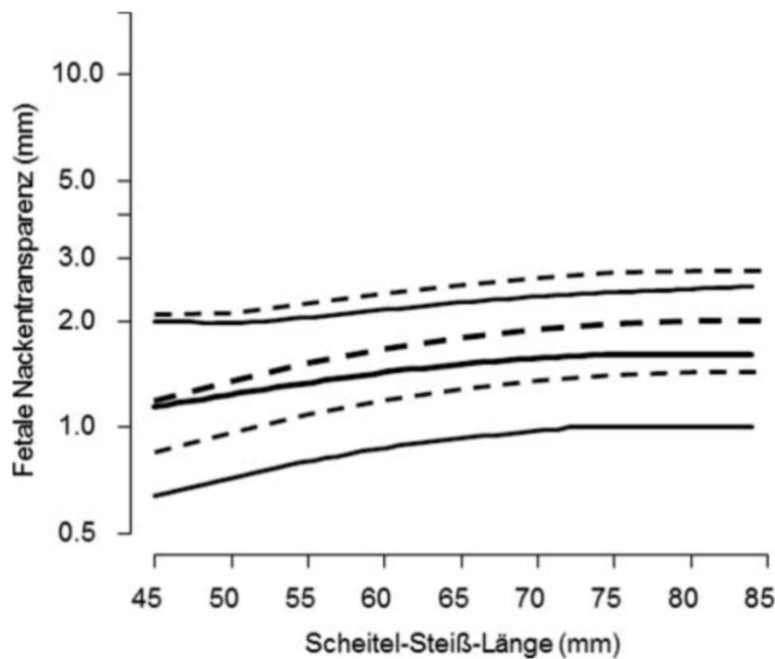


Abbildung 5.4 Vergleich der Normwertkurven (FMF UK vs FMF-D), 5., 50. und 95. Perzentile der FMF London (— —) mit den Perzentilen der FMF-D (—).¹²¹

Nackentransparenz bei Trisomie 21, 18 und 13

Bei Feten mit einer Trisomie 21, 18 und 13 liegt die Weite der NT im Mittel bei 3.4, 5.5 und 4.0 mm.^{106,115,122,123}

In der ersten großen Multizenter-Studie zur NT bei aneuploiden Feten von Snijders et al. hatten 234/326 (71.8%) der Feten mit einer Trisomie 21 eine NT über der 95. Perzentile¹²⁴. Bei Feten mit Trisomie 18 und 13 lag der Anteil bei 74,8% bzw. 72% (89 von 119 bzw. 33 von 46).

In der ersten großen deutschsprachigen Multizenter-Studie zur NT bei aneuploiden Feten von Gasiorek-Wiens et al., hatten 174/210 (82.9%) der Feten mit einer Trisomie 21 eine NT-Dicke über der 95. Perzentile. Bei Feten mit Trisomie 18 und 13 lag der Anteil bei 88.4% bzw. 79.3% (99 von 112 bzw. 23 von 29).¹²⁵

Wright et al. untersuchten die Testgüte eines Screening-Models, welches auf dem mütterlichen Altersrisiko und der NT-Dicke alleine, d.h. ohne Auswertung der Serummarker beruht¹²⁰. Die Detektionsrate für Trisomie 21 lag bei 77% bei einer Falsch-Positivrate von 5%. Die Detektionsrate für Trisomie 18 und 13 lag bei 68% bzw. 61%¹⁰⁴. Da die Testgüte dieses Ansatzes unter der des kombinierten ETS liegt, wird dieser Ansatz nicht empfohlen.

Allred et al., 2017 fasste die Ergebnisse von 126 Studien mit hoher methodischer Qualität (152 Publikationen), mit 1.604.040 Feten einschließlich 8454 Down Syndrom Fällen zusammen. Die DR für die NT betrug 70% und für die Kombination aus Alter, NT und fbhCG und PAPP-A 87%, bei einer Falsch-Positivrate von 5%. Sie schloss daraus, dass die Evidenz für die Kombination aus dem mütterlichen Alter, der Bestimmung von Ultraschallmarkern (Nackentransparenz) und den zwei mütterlichen Serummarkern (freies beta-hCG und PAPP-A) für das Down Syndrom Screening unterstützt.¹²⁶

5.3	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Wenn ein kombiniertes ETS durchgeführt wird, <i>soll nicht</i> auf die einzelnen Komponenten mütterliches Altersrisiko, NT und freies beta-hCG und PAPP-A verzichtet werden, da die Leistungsfähigkeit eines Algorithmus, der die Marker kombiniert, höher ist als ein Algorithmus, der nur auf einem Marker basiert.
Evidenzgrad 2a	Alldred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First trimester ultrasound tests alone or in combination with first trimester serum tests for Down's syndrome screening. Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 3. Art. No.: CD012600. DOI: 10.1002/14651858.CD012600
	starker Konsens (12/12)

Erhöhte NT als Marker für strukturelle Fehlbildungen, genetische Syndrome und andere Chromosomenstörungen

Eine erhöhte NT ist mit fetalen Fehlbildungen assoziiert. Hierauf wird insbesondere in den Kapiteln 4.5 und 4.6 eingegangen.

Die erhöhte NT gilt nicht als spezifischer Marker für die klassischen Trisomien allein. Sie ist ebenso ein Risikofaktor für andere chromosomale Aberrationen, genetische Syndrome und strukturelle Fehlbildungen.¹²⁷ Daher wird in diesen Fällen eine CVS oder Amniozentese und eine molekulargenetische Analyse empfohlen, wenn die zytogenetische Analyse / PCR oder FISH unauffällig war.

Der Schwellenwert, ab dem auf eine Risikoberechnung für Trisomie 21 verzichtet und stattdessen direkt eine CVS oder Amniozentese ohne Berücksichtigung weiterer Risikofaktoren erfolgen sollte, wird kontrovers diskutiert. Mögliche Cut-offs sind die 95. Perzentile, 3.0mm und 3.5mm. Unstrittig ist, dass bei strukturellen Fehlbildungen oder einer NT über 3.5mm, eine diagnostische Punktion angeboten werden sollte.¹²⁸

Bardi et al. haben sich retrospektiv mit dem Outcome von 1901 Schwangerschaften mit einer fetalen NT über der 95. Perzentile auseinandergesetzt. In 636 Fällen (33.3%) wurde eine genetische Anomalie gefunden. Der Karyotyp war in 560 (29.4%) Fällen auffällig. In dieser Gruppe hatten jeweils 272 (45.5%), 134 (22.4%) und 50 (8.4%) eine Trisomie 21, 18 oder 13, bei 104 (17.4%) lag eine andere Chromosomenstörung vor. Einzelgen-Erkrankungen oder submikroskopische Genveränderungen unter 5Mb wurden in jeweils 38 (2,0%) Fällen gefunden. Strukturelle Fehlbildungen, die keinen Zusammenhang mit genetischen Erkrankungen hatten, traten bei 178 (9,3%) der Fälle auf (LoE 2b).¹²⁹

Hui et al. untersuchten in den U.S.A. in einer großen, retrospektiven Studie die Häufigkeit der NT-Erhöhung über 3.0mm und über der 99. Perzentile. Von 81.244 Schwangerschaften war die NT ≥ 3.5 mm bei 491 (0.6%) und 3.0-3.4mm bei 534 (0.66%). Es fanden sich 93 atypische Chromosomenstörungen. Die Häufigkeit war jeweils 4.07%, 0.37% und 0.09% für eine NT von ≥ 3.5 , 3.0-3.4mm und < 3.0 mm. Die Rate an atypischen Chromosomenstörungen, die nur mittels Microarray-Analyse erkannt wurden, lag bei 2,1% für den NT-Bereich zwischen 3,0 und 3,4mm und bei 21,5% für höhere Werte. Die Wahrscheinlichkeit für eine atypische Chromosomenstörung bei einem Feten mit erhöhten Nackentransparenz verdreifachte sich zusätzlich sobald eine Fehlbildung im Ultraschall gefunden wurde (LoE 2b).¹³⁰

Maya et al. führten eine ähnliche Studie durch, beschränkten sich aber auf Feten mit einer isolierten NT-Erhöhung: Die Autoren empfahlen, die Microarray-Analyse ab einer NT von 3,0mm durchzuführen, wenn keine zusätzlichen Fehlbildungen vorliegen. Sie verglichen den Anteil pathogener Mutationen in 3 Gruppen: unter 3,0mm (n=462), bei 3,0-3,4mm (n=170) und über 3,4mm (n=138). Der Anteil an Chromosomenstörungen stieg von 1,7% auf 6,5 und 13,8%.

Pathogene Mutationen, die nur mittels Mikroarray-Analyse und nicht per Zytogenetik oder per cfDNA-Analyse erkannt werden konnten, wurden in 0,9%, 1,8% und 2,2% der Fälle gefunden.¹³¹

Die Studienlage hat dazu geführt, dass das American College of Obstetricians and Gynecologists die Mikroarray-Analyse ab 3,0mm empfiehlt.¹⁰³ Es handelt sich überwiegend um nicht populationsbasierte Beobachtungsstudien, allerdings im Einzelnen mit überwiegend hoher methodischer Qualität (LOE 2a).

Tabelle 5.3 Nackentransparenz und Chromosomenstörungen, submikroskopische Störungen und Einzelgenerkrankungen.¹²⁹

Kongenitale Anomalie n (%)								
NT (mm)	alle Feten	alle abnormale Feten	Erkannte genetische Anomalie (n=636, 33.3%)					Strukturell (n=178, 9.3%)
			Chromosomal (n=560, 29.4%)			submikroskopische‡	Einzelgen- Erkrankungen§	
			Total	T21-18-13*	andere¶			
P95-P99	894 (47)	190 (21.3)	124 (13.8)	112 (12.5)	12 (1.3)	8 (0.9)	5 (0.6)	53 (5.9)
≥P99	1007 (53)	624 (62)	436 (43.2)	344 (34)	92 (9.1)	30 (3)	33 (3.3)	125 (12.4)
3.5-4.9	492 (26)	213 (43.3)	138 (28)	122 (24.7)	16 (3.2)	16 (3.2)	6 (1.2)	53 (10.8)
5.0-6.4	199 (10.5)	153 (76.8)	113 (56.8)	87 (43.5)	26 (13)	7 (3.5)	11 (5.5)	22 (11)
6.5-7.9	155 (8.2)	129 (83.2)	93 (60)	79 (50.6)	14 (9)	5 (3.2)	4 (2.6)	27 (17.3)
≥8.0	162 (8.5)	129 (79.6)	92 (56.7)	56 (34.4)	36 (22.1)	2 (1.2)	12 (7.4)	23 (14.1)
Total	1901	814 (43)	560 (29.4)	456 (23.9)	104 (5.4)	38 (2.0)	38 (2.0)	178 (9.3)

*Trisomie 21 (n=272), Trisomie 18 (n=134), Trisomie 13 (n=50).

¶ andere Chromosomenstörungen (in der klassischen Karyotypisierung erkennbar).

‡ Submikroskopische Veränderungen <5Mb durch Microarrays erkennbar.

§ DNA Sequenz-Variationen die Einzelgenerkrankungen verursachen, erkennbar durch Sequenzierung.

5.4	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Bei einer NT von 3.0mm , spätestens jedoch >3.5mm , <i>sollte</i> eine invasive Diagnostik angeboten werden. Wenn die zytogenetische Analyse (DP, PCR, FISH) unauffällig ist, <i>sollte</i> eine molekulargenetische Untersuchung (z.B. MicroArray, Trio Exom Sequencing) angeboten werden.
Evidenzgrad 2a	Bardi F, Bosschiet P, Verheij J, Go A, Haak M, Bekker M, Sikkels E, Coumans A, Pajkrt E, Bilardo C. Is there still a role for nuchal translucency measurement in the changing paradigm of first trimester screening? Prenat Diagn. 2020 Jan;40(2):197-205. doi: 10.1002/pd.5590. Hui L, Pynaker C, Bonacquisti L, Lindquist A, Poulton A, Kluckow E, Hutchinson B, Norris F, Pertile MD, Gugasyan L, Kulkarni A, Harraway J, Howden A, McCoy R, da Silva Costa F, Menezes M, Palma-Dias R, Nisbet D, Martin N, Bethune M, Poulakis Z, Halliday J. Reexamining the optimal nuchal translucency cutoff for diagnostic testing in the cell-free DNA and microarray era: results from the Victorian Perinatal Record Linkage study. Am J Obstet Gynecol. 2021 Nov;225(5):527.e1-527.e12. doi: 10.1016/j.ajog.2021.03.050. Maya I, Yacobson S, Kahana S, Yeshaya J, Tenne T, Agmon-Fishman I, Cohen-Vig L, Shohat M, Basel-Vanagaite L, Sharony R. Cut-off value of nuchal translucency as indication for chromosomal microarray analysis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2017 Sep;50(3):332-335. doi: 10.1002/uog.17421.
	starker Konsens (11/11)

DP: Direktpräparation der Chorionzotten

PCR: Polymerasekettenreaktion

FISH: Fluorescent In Situ Hybridization

Mellis et al. untersuchten in einer Meta-Analyse, ob für Feten mit einer isolierter NT-Erhöhung eine Exom-Sequenzierung sinnvoll ist. In die Meta-Analyse gingen 66 Studien und 4.350 Feten ein, 290 Feten hatten eine isolierte NT-Erhöhung. Bei 2% dieser Schwangerschaften konnte mittels Exom-Sequenzierung eine zusätzliche genetische Auffälligkeit erkannt werden, die durch Array CGH nicht erkannt worden wäre.¹³²

Pauta untersuchten in einem systematischen Review und Metaanalyse 11 Studien mit 309 Fällen bezüglich des zusätzlichen Nutzens der Exom-Sequenzierung. Eine pathologische / wahrscheinlich pathologische Variante wurde bei 15 Feten gefunden, was in einem gepoolten Anstieg der Diagnose von 4% für Feten mit isolierter NT Erhöhung >99. Perzentile resultierte. Ob ein cutoff von $\geq 3.5\text{mm}$ besser für den Einsatz der Exom / Genom Sequenzierung ist, kann noch nicht abschließend beurteilt werden.¹³³

Zusätzliche Risikomarker Nasenbein, Trikuspidalklappenfluss und Ductus venosus Blutfluss

Mithilfe der dieser Parameter soll eine zusätzliche Einschätzung bei Fällen mit intermediärem Risikoprofil ermöglicht werden. Die zusätzlichen Ultraschallparameter sind nicht zur Anwendung bei allen Patientinnen gedacht.

Nasenbein

Ein fehlendes oder hypoplastisches Nasenbein (Abbildung 5.1) ist bei etwa 40-60% der Feten mit Trisomie 21, 18 und 13 zu finden. Die Falsch-Positivrate liegt bei 1-3%.¹¹²

5.5	Empfehlung Messregeln für das Nasenbein (FMF London)	2001
Empfehlungsgrad: A	• 11-13⁺⁶ SSW. • Scheitel-Steiß-Länge (SSL) 45-84mm. • Bildvergrößerung so, dass der fetale Kopf & Thorax den gesamten Bildschirm einnimmt. • Mediansagittale Schnittebene: echogene Nasenspitze und rechtwinklige Form des harten Gaumens anterior, das echoarme Diencephalon in der Schädelmitte und die Nackenmembran posterior. Leichte Abweichungen von der genauen Mediansagittalen bedeuten, dass die Nasenspitze nicht sichtbar ist, das Pflugscharbein schon. • Der Schallkopf sollte parallel zur Nasenoberfläche eingestellt werden und parallel von einer zur anderen Seite geführt werden, um das Nasenbein sicher von der überliegenden Haut unterscheiden zu können. • Die Echogenität des Nasenbeins sollte höher als die der darüberliegenden Haut sein. Bei korrekter Einstellung des Nasenbeins sollten drei klar unterscheidbare Linien erkennbar sein: die ersten beiden, an der Nasenwurzel, verlaufen horizontal und parallel zueinander (= Zeichen). Die obere Linie ist die Haut, die untere Linie, die dicker und echogener ist, ist das Nasenbein. Eine dritte Linie, in Verlängerung der Haut der Nasenwurzel, ist die Nasenspitze. • Wenn das Nasenbein als dünne weniger echogene Linie als die darüberliegende Haut imponiert ist es noch nicht ossifiziert und wird daher als fehlend klassifiziert.	
Evidenzgrad: 1b	Cicero S, Curcio P, Papageorgiou A, Sonek J, Nicolaides K. Absence of nasal bone in fetuses with trisomy 21 at 11-14 weeks of gestation: an observational study. Lancet. 2001 Nov 17;358(9294):1665-7. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06709-5. Kagan KO, Cicero S, Staboulidou I, Wright D & Nicolaides KH. Fetal nasal bone in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11-13 weeks of gestation. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology 33, 259–264 (2009). doi: 10.1002/uog.6318.	
	starker Konsens (12/12)	

Trikuspidalklappenblutfluss

Eine Trikuspidalklappenregurgitation liegt bei etwa einem Drittel bis der Hälfte der betroffenen Feten mit Trisomie 21, 18 und 13 vor.¹¹³ Die Falsch-Positivrate liegt bei 1%.

5.6	Empfehlung Messregeln für den Trikuspidalklappenfluss (FMF London)	2003
Empfehlungsgrad: A	• 11-13⁺⁶ SSW. • Bildvergrößerung so, dass der fetale Thorax nahezu den gesamten Bildschirm einnimmt. • Ein apikaler Vierkammerblick sollte gewonnen werden. • Das gepulste Doppler sample volume (2.0-3.0mm) sollte über die Trikuspidalklappe positioniert werden, so dass die Flussrichtung <30° zum Kammerseptum beträgt. • Die Diagnose Trikuspidalinsuffizienz wird gestellt, wenn der Rückwärtsfluss >60cm/s beträgt und mindestens während der halben Diastole beobachtet wird, da der Fluss in Aorta und Pulmonalis zu diesem Zeitpunkt der Schwangerschaft maximal 50cm/s beträgt. • Die sweep-speed sollte 2-3cm/s betragen, so dass die Wellenformen gut untersuchbar sind. • Da die Trikuspidalklappe in einem oder mehr der drei Segel insuffizient sein kann, sollte das sample volume dreimal über der Klappe platziert werden, in dem Versuch die gesamte Klappe zu untersuchen.	
Evidenzgrad: 1b	Huggon IC, DeFigueiredo DB, Allan LD. Tricuspid regurgitation in the diagnosis of chromosomal anomalies in the fetus at 11-14 weeks of gestation. Heart. 2003 Sep;89(9):1071-3. doi: 10.1136/heart.89.9.1071. Kagan KO, Valencia C, Livanos P, Wright D, Nicolaides KH. Tricuspid regurgitation in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11+0 to 13+6 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2009 Jan;33(1):18-22. doi: 10.1002/uog.6264.	
	starker Konsens (12/12)	

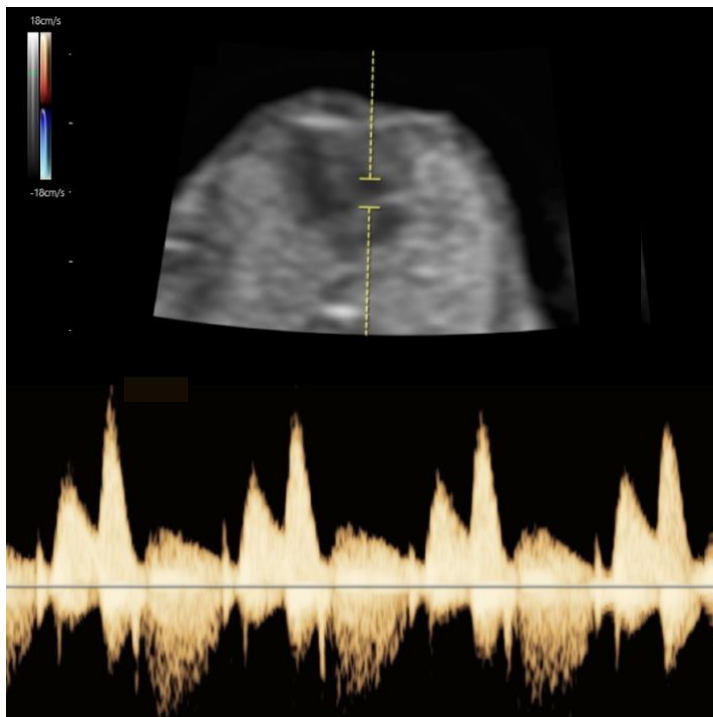


Abbildung 5.5 Trikuspidalklappen Blutfluss.

Duktus venosus Blutfluss

Ein reverse flow im Duktus venosus (reverse A-Welle) liegt bei etwa der Hälfte bis zwei Drittel der Feten mit Trisomie 21, 18 und 13 vor. Die Falsch-Positivrate liegt bei etwa 3 %.⁸⁵

5.7	Empfehlung Messregeln für den Duktus venosus Blutfluss (FMF London)	1998
Empfehlungsgrad: A	• 11-13⁺⁶ SSW. • Die Untersuchung soll bei ruhig liegendem Feten erfolgen. • Bildvergrößerung so, dass der fetale Thorax & Abdomen den gesamten Bildschirm einnimmt. • Es soll eine parallel leicht nach rechts verschobene ventrale median Sagittale Ebene des fetalen Rumpfes eingestellt werden, im Farbdoppler sollen Nabelvene, Duktus venosus und Herz dargestellt werden. • Das gepulste Doppler sample volume sollte eng sein (0.5-1.0mm), um eine Kontamination durch angrenzende Venen zu vermeiden, es sollte in der Gegend des gelblichen Aliasing platziert werden. • Der Insonationswinkel soll <30° sein. • Der Wandfilter soll bei niedriger Frequenz (50-70 Hz) eingestellt werden, so dass die Welle nicht verdeckt wird. • Die sweep speed soll hoch eingestellt werden (2-3cm/s), Wellenformen auseinandergezogen, zur leichteren Untersuchbarkeit der A-Welle. • Sind diese Kriterien erfüllt, kann die A-Welle qualitativ untersucht werden: positiver, fehlender oder reverser Fluss. • Der Duktus venosus PIV kann – nach manuellem tracing der Wellenform – durch das Ultraschallgerät gemessen werden.	
Evidenzgrad: 1b	Matias A, Gomes C, Flack N, Montenegro N, Nicolaides KH. Screening for chromosomal abnormalities at 10-14 weeks: the role of ductus venosus blood flow. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 1998 Dec;12(6):380-4. doi: 10.1046/j.1469-0705.1998.12060380.x. Maiz N, Kagan KO, Milovanovic Z, Celik E, Nicolaides KH. Learning curve for Doppler assessment of ductus venosus flow at 11+0 to 13+6 weeks' gestation. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2008 May;31(5):503-6. doi: 10.1002/uog.5282.	
	starker Konsens (12/12)	

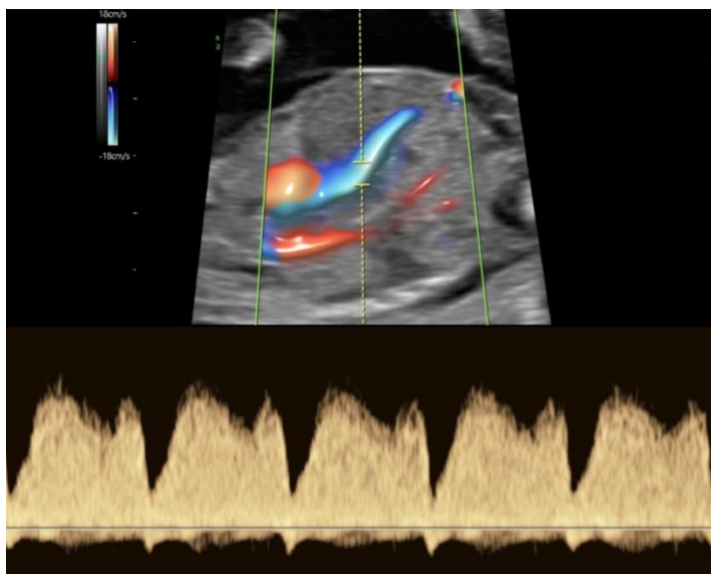


Abbildung 5.6 Duktus venosus Blutfluss.

Kritisch anzumerken ist, dass bis auf den Pulsatility Index for veins, die zusätzlichen Marker dichotome Variablen darstellen, die das Risiko stark in beide Richtungen beeinflussen können.

Insofern ist ihre Anwendung auf ausgewählte Fälle zu reduzieren und die Validität der Befunde sollte durch eine gute Expertise bei der Beurteilung gewährleistet sein.

Die zusätzlichen Ultraschallparameter sollen, so wie die Nackentransparenz, qualitätsgesichert eingesetzt werden.

Die Anwendung des Trikuspidalklappenblutflusses und Duktus venosus Blutflusses für das indirekte Screening auf Herzfehler wird an anderer Stelle beleuchtet (Kapitel 4.6).

Der sinnvolle Einsatz der Parameter in Screening auf Chromosomenstörungen wird im weiteren Verlauf diskutiert.

Serummarker

Ein weiterer Eckpfeiler des kombinierten ETS stellt die Bestimmung des freien beta-hCGs (humanes Choriongonadotropin) und des PAPP-As (Pregnancy-Associated Plasma Protein-A) im mütterlichen Blut dar. Die Messung erfolgt entweder am Tag der Ultraschalluntersuchung oder bereits vorab.

Die Messwerte können nicht als Absolutwerte verwendet werden, sondern müssen an die Charakteristika jeder einzelnen Patientin angepasst werden. Insbesondere das mütterliche Gewicht, die Ethnizität, die Konzeptionsart, der Raucherstatus, die Parität und die Chorionizität bei Mehrlingen sind von Bedeutung.^{134–136}

5.8	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Die mütterlichen Serummarker freies beta-hCG und PAPP-A <i>sollen</i> an das mütterliche Gewicht, die Ethnizität, die Konzeptionsart, den Raucherstatus, die Parität und die Chorionizität bei Mehrlingen angepasst eingesetzt werden.	
Evidenzgrad 2b	Kagan KO, Wright D, Spencer K, Molina FS, Nicolaides KH. First-trimester screening for trisomy 21 by free beta-human chorionic gonadotropin and pregnancy-associated plasma protein-A: impact of maternal and pregnancy characteristics. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2008 May;31(5):493-502. doi: 10.1002/uog.5332. Kagan KO, Frisova V, Nicolaides KH, Spencer K. Dose dependency between cigarette consumption and reduced maternal serum PAPP-A levels at 11-13+6 weeks of gestation. <i>Prenat Diagn.</i> 2007 Sep;27(9):849-53. doi: 10.1002/pd.1793. Madsen HN, Ball S, Wright D, Tørring N, Petersen OB, Nicolaides KH, Spencer K. A reassessment of biochemical marker distributions in trisomy 21-affected and unaffected twin pregnancies in the first trimester. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2011 Jan;37(1):38-47. doi: 10.1002/uog.8845. PMID: 20878678.	
	starker Konsens (12/12)	

Die

Werte werden meist in MoM- (Multiples of Median) oder DoE-Werte (Degree of Extremeness) umgerechnet, so dass sie unabhängig von den Einflussfaktoren beurteilt werden können.^{137,138}

Beim MoM-Verfahren wird der beobachtete Wert durch den erwarteten Wert euploider Feten dividiert, sodass der MoM-Wert bei 1,0 liegt, wenn der beobachtete Wert und der erwartete Wert übereinstimmen. Im Gegensatz dazu liegt beim DoE-System dieser Wert bei 0,0. Beim MoM-System ist die 5. und 95. Perzentile der MoM-Werteverteilung keinem festen Wert zugeordnet, im DoE-System liegen diese Werte bei -1,0 und 1,0. Eine direkte Umrechnung vom MoM- in DoE-Werte ist nicht möglich. Die Verwendung von MoMs ist international weit verbreitet.

Über die beiden aufgeführten Serummarker hinaus wurden weitere Serumparameter wie z.B. PLGF zur Risikoberechnung für die klassischen Trisomien untersucht. Diese Parameter haben sich jedoch nicht als additive Parameter des kombinierten ETS auf Chromosomenstörungen bewährt.^{139–141}

5.9	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Für die Risikoberechnung im kombinierten ETS <i>sollten</i> nicht mehr als die beiden Biomarker (free beta hCG und PAPP-A) verwendet werden, da dies die Prädiktion nicht erhöht.	
Evidenzgrad 2A	Alldred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First trimester serum tests for Down's syndrome screening. Cochrane Database Syst Rev. 2015 Nov 30;2015(11):CD011975. doi: 10.1002/14651858.CD011975	
	starker Konsens (12/12)	

Bei einer fetalen Trisomie 21 liegt das freie beta-HCG und das PAPP-A im Mittel bei 2.0 und 0.5 MoM. Bei einer Trisomie 18 liegen die Werte bei jeweils 0.2 MoM und bei einer Trisomie 13 bei 0.5 und 0.3 MoM.^{109,115}

Tabelle 5.4 Verteilung von Nackentransparenz und Ersttrimester Serumbiochemie und Trisomien 21, 18 und 13.¹¹⁵

	Euploid	Trisomie 21	Trisomie 18	Trisomie 13
Nackentransparenz (mm) median	1.2-2.5	3.4	5.5	4.0
Nackentransparenz >95.Perzentile	5%	71.8%	74.8%	72%
freies beta hCG (MoM) Median	1.0	2.0	0.2	0.5
PAPP-A (MoM) Median	1.0	0.5	0.2	0.3

In den DEGUM-Empfehlungen ist aufgeführt, dass bei einer Unterschreitung eines unteren Schwellenwertes von 0.2 MoM (PAPP-A oder freies beta-hCG) oder bei Überschreiten von 5.0 MoM (nur beta-hCG) eine diagnostische Punktion empfohlen werden sollte. Gleichzeitig sollte für diese Gruppe auch eine Mikroarray-Analyse erwogen werden.¹²⁸ Grundlage für diese Empfehlung sind Studien aus Dänemark, in denen das Risiko für andere Chromosomenstörungen (nicht Trisomie 21, 18 und 13) bei starken Abweichungen bei den Serumwerten beurteilt wurde.^{142,143} Petersen et al. untersuchten dabei fast 200.000 Schwangerschaften, 1.122 Feten hatten eine Chromosomenstörungen, 262 (23.4%) dieser Fälle wären durch ein alleiniges NIPT-Screening nicht erkannt worden.¹⁴³ Hieraus wird ersichtlich, dass insbesondere die sehr niedrigen Serumwerte auf andere Chromosomenstörungen hinweisen können, 0.5% und 0.1% der Schwangerschaften hatten einen PAPP-A-Wert bzw. beta-hCG-Wert unter 0.2 MoM. In den beiden Gruppen fanden sich 21.4% bzw. 56.6% Chromosomenstörungen. In der Gruppe der niedrigen PAPP-A-Werte waren 23.5% atypische Befunde zu finden und in der beta-hCG-Gruppe 37.2%.

Wijngaard et al. verwiesen ebenfalls auf die Bedeutung der Serumwerte.¹⁴⁴ Die Arbeit umfasste 877 Schwangerschaften, die mithilfe einer Micro-Array-Analyse untersucht wurden und bei denen die Ergebnisse des kombinierten ETS vorlagen. Das Risiko stieg um das 2.6 bzw. 2.2-fache bei beta-hCG-Werten unter 0.37 MoM bzw. einer NT über 3,5mm.

5.10	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Bei Werten für PAPP-A und/oder freies beta-hCG <0,2 MoM oder einem beta-hCG >5,0 MoM soll eine diagnostische Punktion inklusive einer molekulargenetischen Analyse empfohlen werden.
Evidenzgrad 1b	Petersen OB, Vogel I, Ekelund C, Hyett J, Tabor A; Danish Fetal Medicine Study Group; Danish Clinical Genetics Study Group. Potential diagnostic consequences of applying non-invasive prenatal testing: population-based study from a country with existing first-trimester screening. Ultrasound Obstet Gynecol. 2014 Mar;43(3):265-71. doi: 10.1002/uog.13270. Wijngaard R, Casals E, Mercadé I, Laguna J, Madrigal I, Badenas C, Borrell A, Rodriguez-Revilla L. Significance of Low Maternal Serum B-hCG Levels in the Assessment of the Risk of Atypical Chromosomal Abnormalities. Fetal Diagn Ther. 2021;48(11-12):849-856. doi: 10.1159/000521345. Kozłowski P, Burkhardt T, Gembruch U, Gonser M, Kähler C, Kagan KO, von Kaisenberg C, Klaritsch P, Merz E, Steiner H, Tercanli S, Vetter K, Schramm T. DEGUM, ÖGUM, SGUM and FMF Germany Recommendations for the Implementation of First-Trimester Screening, Detailed Ultrasound, Cell-Free DNA Screening and Diagnostic Procedures. Ultraschall Med. 2019 Apr;40(2):176-193. English, German. doi: 10.1055/a-0631-8898.
	starker Konsens (12/12)

Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13

Die Testgüte des kombinierten ETS wurde in zahlreichen Studien und Meta-Analysen untersucht. In der Cochrane-Auswertung von Alldred et al. gingen 126 Studien und 1,6 Millionen Schwangerschaften ein. Bei 8454 Feten lag eine Trisomie 21 vor. Dabei wurden unterschiedliche Kombinationen aus mütterlichem Altersrisiko, Ultraschall- und Serummarker beurteilt. Die breiteste Evidenz lag dabei für das kombinierte ETS vor. Die Detektionsrate für Trisomie 21 lag bei 87% bei einer Falsch-Positivrate von 5%.¹²⁶

In der multizentrischen NEXT-Studie von Norton et al. wurde die zellfreie DNA-Analyse mit dem kombinierten ETS als Kontrollgruppe verglichen. Involviert wurden 15,841 Schwangerschaften und 38 Feten mit Trisomie 21. Die Detektionsrate lag in dieser Studie bei 78,9% bei einer Falsch-Positivrate von 5,4%.¹⁴⁵ Ähnliche Ergebnisse wurden in einer deutschen Studie von Luthgens et al. beobachtet.¹²¹ In diese Studie gingen 38.751 normale Schwangerschaften und 109 Feten mit Trisomie 21 ein. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der Expertise und der kontinuierlichen Qualitätssicherung.^{118,119}

5.11	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Die Kombination aus dem mütterlichen Altersrisiko, dem Gestationsalter, der Nackentransparenz und den Serummarkern freies beta-hCG und PAPP-A (kombiniertes ETS) weist im Screening auf Trisomie 21 in der Allgemeinbevölkerung ohne zellfreie DNA-Analyse die höchste Testgüte auf und <i>sollte</i> daher das Konzept der ersten Wahl sein.
Evidenzgrad 2a	Alldred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First and second trimester serum tests with and without first trimester ultrasound tests for Down's syndrome screening. Cochrane Database Syst Rev. 2017 Mar 15;3(3):CD012599. doi: 10.1002/14651858.CD012599
	starker Konsens (12/12)

Im Screening auf Trisomie 18 und 13 liegt die Detektionsrate des kombinierten ETS bei etwa 95% bei nur minimaler Erhöhung der Falsch-Positivrate.^{115,146} Hier ist zu berücksichtigen, dass die meisten betroffenen Feten bereits durch die Trisomie 21-Algorithmus erkannt werden. Daher kommt den eigentlichen Algorithmen auf Trisomie 18 und 13 eine geringere Bedeutung zu, so dass die Falsch-Positivrate auf etwa 1/10 der anstrebenen Falsch-Positivrate des Screening-Algorithmus auf Trisomie 21 beschränkt werden kann.

5.12	Empfehlung	
Empfehlungsgrad B	Das kombinierten ETS <i>sollte</i> nach Aufklärung & Beratung (GenDG) auch das Risiko für Trisomie 18 und 13 berechnen. Die Detektionsrate liegt bei etwa 95%. Die gesamte FPR wird dabei nur minimal um 0,1% erhöht.	
Evidenzgrad 1b	Kagan KO, Wright D, Valencia C, Maiz N, Nicolaides KH. Screening for trisomies 21, 18 and 13 by maternal age, fetal nuchal translucency, fetal heart rate, free beta-hCG and pregnancy-associated plasma protein-A. Hum Reprod. 2008 Sep;23(9):1968-75. doi:10.1093/humrep/den224 Kagan KO, Wright D, Maiz N, Pandeva I, Nicolaides KH. Screening for trisomy 18 by maternal age, fetal nuchal translucency, free beta-human chorionic gonadotropin and pregnancy-associated plasma protein-A. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008 Sep;32(4):488-92. doi: 10.1002/uog.6123.	
	starker Konsens (12/12)	

Zu

berücksichtigen ist auch, dass die meisten Feten mit Trisomie 18 und 13 Fehlbildungen aufweisen, die bereits im ersten Trimenon erkannt werden können. Diese sollten dazu führen, dass im Falle des Nachweises von strukturellen Fehlbildungen anstelle eines Screenings auf Trisomie 21 eine diagnostische Punktion diskutiert wird.¹⁴⁷

Die größte Einzel-Studie wurde von Santorum et al. durchgeführt. Die Autoren untersuchten die Testgüte des kombinierten ETS im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 bei annähernd 110.000 Schwangerschaften. Die Detektions- und Falsch-Positivraten sind in Tabelle 5.5 angegeben.¹⁰⁹ Tabelle 5.6 gibt die Detektions- und Falsch-Positivrate für bestimmte Schwellenwerte im Screening auf Trisomie 21 mittels kombiniertem ETS an,¹⁰⁹

Tabelle 5.5 Testgüte des Ersttrimester-Screenings.¹⁰⁹

Karyotyp	Screen-positiv-Rate (%)
Normal (n=108.112)	4.6
Trisomie 21 (n=432)	92.1
Trisomie 18 (n=166)	96.4
Trisomie 13 (n=56)	92.9

Tabelle 5.6 Detektions- und Falsch-Positivrate für unterschiedliche Schwellenwerte im Screening auf Trisomie 21 mittels kombiniertem ETS.¹⁰⁹

Schwellenwerte	Detektionsrate (%)	Falsch-Positivrate (%)
1:2	51	0,14
1:10	73	0,67
1:50	86	2,32
1:100	90	3,90
1:150	92	5,25
1:300	96	8,62
1:1000	98	19,26

In der Regel wird ein Schwellenwert von 1:100 verwendet, um das Risikokollektiv zu definieren.¹²⁸

Vogel et al. untersuchten, welche Aussagekraft das berechnete, kombinierte ETS-Risiko für chromosomale Veränderungen über die Trisomie 21, 13 und 18 hinaus hat. Zwischen einem Risiko von 1:50 und 1:100 fanden sich 2.7% auffällige Befunde, die nur mittels Micro-Array-Analyse identifiziert wurden.¹⁴⁸

In einem großen Datensatz von mehr als 100.000 Ersttrimester-Screening-Untersuchungen suchten Lindquist et al. nach Markern für andere Chromosomenanomalien.¹⁴⁹ Etwa ein Viertel aller Chromosomenanomalien wurde als atypisch eingestuft, die Gesamtprävalenz dieser Anomalien betrug 0.1%. Die Prävalenz stieg auf 4.6 % in der Gruppe mit einem kombinierten Risiko von 1:10 oder mehr. Die Autoren betonten auch die Bedeutung der Serumwerte und hoben auf den Cut-off von 0.2 MoM ab.

Daher sollte bei Feten mit einer erhöhten Nackentransparenz über 3.0 bzw. 3.5mm, abnormen Serumwerten (PAPP-A und beta-hCG <0.2 MoM, beta-hCG>5.0 MoM) oder einem kombinierten ETS-Risiko >1:10 eine invasive Abklärung empfohlen werden und die konsekutive genetische Analyse entsprechend angepasst werden.¹²⁸

2-Stufen-Screening mit Nasenbein, Trikuspidalklappen oder Ductus venosus-Fluss bei intermediärem Risiko

In den oben angegebenen Studien zur Diagnostik von Trisomien wurde das Risiko nur anhand des kombinierten ETS bestimmt. Die zusätzlichen Ultraschall-Marker Nasenbein, Ductus venosus- und Trikuspidalklappenblutfluss können zur Risiko-Stratifizierung im Rahmen eines 2-Stufen-Modells beitragen. Dabei wird das Risiko zunächst mittels kombiniertem ETS berechnet. Bei einem erhöhten Risiko oberhalb eines oberen Schwellenwerts gilt die Schwangerschaft als screen-positiv. Bei einem Risiko unterhalb eines unteren Schwellenwerts als screen-negativ. Bei einem intermediären Risiko erfolgt die Untersuchung eines der zusätzlichen Ultraschallmarker. Bei einem auffälligen Ergebnis wird die Schwangerschaft wieder als screen-positiv gewertet ansonsten als screen-negativ. Typische Risiko-Schwellenwerte für diesen Ansatz sind 1:50 und 1:1000.

Mithilfe des 2-Stufen-Modells lässt sich die Detektionsrate für Trisomie 21 auf etwa 95% steigern, bei gleichzeitiger Halbierung der Falsch-Positivrate. Die entsprechenden Studien basierten auf 19.614 Schwangerschaften und 122 Feten mit Trisomie 21.^{111–113} Ansätze, die die NT-Messung und die zusätzlichen Ultraschall-Marker verwenden und dabei die Serumbiochemie nicht berücksichtigen, sind als Screening-Untersuchungen in der Allgemeinbevölkerung ungeeignet.^{110,150}

5.13	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Wenn bei der Risikoberechnung nach kombiniertem ETS ein intermediäres Risiko zwischen 1:50 und 1:1000 ermittelt wird, <i>sollten</i> ergänzende Untersuchungen angeboten werden. Dies schließt entweder die Untersuchung des Nasenbeins, des Ductus venosus Flusses oder des Trikuspidalklappenflusses oder die cfDNA Analyse ein. Der zweistufige Ansatz mit der cfDNA-Analyse bei Feten mit intermediärem Risiko hat eine etwas höhere Detektionsrate und eine erheblich niedrigere Falsch-Positiv-Rate, als die zusätzlichen Ultraschallmarker.
Evidenzgrad 2b	Kagan KO, Etchegaray A, Zhou Y, Wright D, Nicolaides KH. Prospective validation of first-trimester combined screening for trisomy 21. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2009 Jul;34(1):14-8. doi: 10.1002/uog.6412. Kagan KO, Cicero S, Staboulidou I, Wright D, Nicolaides KH. Fetal nasal bone in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11-13 weeks of gestation. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2009 Mar;33(3):259-64. doi: 10.1002/uog.6318. Kagan KO, Valencia C, Livanos P, Wright D, Nicolaides KH. Tricuspid regurgitation in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11+0 to 13+6 weeks of gestation. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2009 Jan;33(1):18-22. doi: 10.1002/uog.6264. Maiz N, Valencia C, Kagan KO, Wright D, Nicolaides KH. Ductus venosus Doppler in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11-13 weeks of gestation. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2009 May;33(5):512-7. doi: 10.1002/uog.6330. Kagan KO, Sroka F, Sonek J, Abele H, Lüthgens K, Schmid M, Wagner P, Brucker S, Wallwiener D, Hoopmann M. First-trimester risk assessment based on ultrasound and cell-free DNA vs combined screening: a randomized controlled trial. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2018 Apr;51(4):437-444. doi: 10.1002/uog.18905. Kagan KO, Maier V, Sonek J, Abele H, Lüthgens K, Schmid M, Wagner P, Hoopmann M. False-Positive Rate in First-Trimester Screening Based on Ultrasound and Cell-Free DNA versus First-Trimester Combined Screening with Additional Ultrasound Markers. <i>Fetal Diagn Ther.</i> 2019;45(5):317-324. doi: 10.1159/000489121. Prodan NC, Wiechers C, Geipel A, Walter A, Siegmann HJ, Kozlowski P, Hoopmann M, Kagan KO. Universal Cell Free DNA or Contingent Screening for Trisomy 21: Does It Make a Difference? A Comparative Study with Real Data. <i>Fetal Diagn Ther.</i> 2022;49(3):85-94. doi: 10.1159/000523738.
	starker Konsens (12/12)

5.6 Zellfreie DNA Analyse (cfDNA)

Bei dieser Methode wird die zellfreie DNA im mütterlichen Blut auf Chromosomenstörungen hin untersucht. Die freien DNA-Fragmente sind zu etwa 80% der Schwangeren zuzuordnen und zu etwa 20% der Schwangerschaft bzw. der Plazenta.^{144,151}

Sollte die Menge an cfDNA, die einem Chromosom bzw. einem Chromosomenabschnitt zugeordnet werden kann, den Erwartungswert überschreiten, und sollte die Schwangere diese Auffälligkeit nicht aufweisen, dann muss davon ausgegangen werden, dass die Schwangerschaft für die Erhöhung der DNA-Menge verantwortlich ist.

Es gibt verschiedene Analysemethoden (massive parallel sequencing, targeted sequencing, SNP-basiertes Verfahren), deren Beschreibung den Rahmen der Leitlinie überschreitet. Die Testgüte der unterschiedlichen Ansätze ist aber ähnlich.¹⁵²

Fetale Fraktion

Voraussetzung für eine Beurteilung des Trisomie-Risikos ist, dass sich ausreichend zellfreie DNA im mütterlichen Blut befindet, die der Schwangerschaft zugeordnet werden kann. Der Anteil wird als fetale Fraktion (FF) bezeichnet und sollte in der Regel über 4% liegen, kann jedoch bei unterschiedlichen Testanbietern variieren.

5.14	Empfehlung	
Empfehlungsgrad C	Die erfolgreiche Durchführung von NIPT ist von der Menge der fetalen Fraktion in der cfDNA abhängig. Bei der cfDNA-Analyse <i>sollte</i> daher auf die fetale Fraktion als Qualitätsparameter geachtet werden. Ein häufiger cut off ist 4%, die Mindestgrenze <i>soll</i> vom Labor angegeben werden.	
Evidenzgrad 2c	Canick JA, Palomaki GE, Kloza EM, Lambert-Messerlian GM, Haddow JE. The impact of maternal plasma DNA fetal fraction on next generation sequencing tests for common fetal aneuploidies. Prenat Diagn. 2013 Jul;33(7):667-74. doi: 10.1002/pd.4126.	
	starker Konsens (12/12)	

Canick et al. demonstrierten, dass mit der Abnahme der FF die Diskriminierungsfähigkeit der cfDNA-Analyse zwischen euploiden und aneuploiden Feten abnimmt.^{153,154} Daher ist die FF auch als Qualitätskriterium bei der Beurteilung einer cfDNA-Analyse zu betrachten. Mit Abnahme der FF, sinkt die Detektionsrate der Methode.¹⁵⁵

Die FF ist von zahlreichen maternalen und schwangerschaftsspezifischen Faktoren abhängig.¹⁵⁶

Tabelle 5.7 Detektions Einflussfaktoren auf die Fetale Fraktion.¹⁵⁶

Einflussfaktoren auf die FF	Auswirkung auf die FF
- Feto-plazentare Einflussfaktoren	
Zunehmendes Gestationsalter	Zunahme
Zunehmende Scheitel-Steiß-Länge	Zunahme
Mosaik	Abnahme
Aneuploidie	Unterschiedlich
Triploidie (digynisch)	Abnahme
Mehrlingsschwangerschaft	totale FF steigt, FF pro Fet sinkt
- Maternale Faktoren	
Zunehmendes mütterliches Gewicht	Abnahme
Autoimmunerkrankung	Abnahme
Heparin	Wahrscheinlich Abnahme
Zunehmende PAPP-A-Konzentration	Zunahme
Zunehmende beta-hCG-Konzentration	Zunahme
Ethnizität	Unterschiedlich
Künstliche Befruchtung	Abnahme
Zunehmende Parität	Abnahme
Zunehmendes mütterliches Alter	Abnahme

Die größte Bedeutung kommt dem mütterlichen Gewicht zu.^{157–159} Pro Kilogramm mütterliches Körpergewicht erhöhte sich die Testausfallrate in der Studie von Geleva et al. um 4,9%.¹⁵⁸ In der Studie von Ashoor et al. lag die mittlere FF bei einem mütterlichen Gewicht von 60kg bei 11,7% und sank auf 3,9% bei einem Gewicht von 160kg.¹⁵⁹

Mit zunehmendem Gestationsalter ist zwischen 10 und 20 SSW pro Woche mit einer leichten Zunahme der FF um etwa 0,1% zu rechnen.¹⁵⁶

Einen negativen Einfluss auf die Höhe der FF haben manche Chromosomenstörungen, insbesondere die Trisomie 18 und 13 sowie die Triploidie.¹⁵⁶

Wenn die FF unter 4% liegt, ist eine Auswertung nicht möglich. Dies wird bei etwa 1-5% der Analysen beobachtet. Bei Patientinnen mit 100, 110 bzw 160kg Körpergewicht liegt die Ausfallrate bei 7%, 11% bzw. 50%.¹⁵⁸

Die Testversagerquote kann durch eine Wiederholung der Blutabnahme gesenkt werden. Die erneute Blutabnahme sollte frühestens 2 Wochen nach der ersten Analyse erfolgen. In der Studie von Revello et al. an 308 Testversagern, war bei 63% der Fälle mit der zweiten Blutabnahme eine Auswertung möglich.¹⁵⁷

5.15	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Bei einer Fetal Fraction unterhalb des Test-spezifischen Grenzwertes bleibt die cfDNA-Analyse ergebnislos. Dieser liegt in der Regel bei etwa 4% . Eine Wiederholung der Untersuchung <i>sollte</i> nach einem Zeitintervall von etwa 2 Wochen erfolgen. Die Wiederholung führt in etwa 60% der Fälle zu einem Ergebnis.
Evidenzgrad 2b	Revello R, Sarno L, Ispas A, Akolekar R, Nicolaides KH. Screening for trisomies by cell-free DNA testing of maternal blood: consequences of a failed result. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2016 Jun;47(6):698-704. doi: 10.1002/uog.15851.
	starker Konsens (12/12)

Es sollte aber auch berücksichtigt werden, dass Chromosomenstörungen zu einem Testversagen führen können, da die FF in Abhängigkeit von der Chromosomenstörung sinkt. Dies gilt insbesondere bei wiederholt nicht auswertbaren Untersuchungen. So lag der Anteil der nicht-auswertbaren Analysen bei Trisomie 18 und 13 Schwangerschaften bei 8.0% bzw. 6.3%. Die mittlere FF lag hier bei 8.6% bzw. 7.0%. Bei Feten mit Trisomie 21 lag der Anteil nicht auswertbarer Untersuchungen im Bereich der euploiden Schwangerschaften (1.9%).¹⁵⁷ Die mittlere FF lag bei 10,7%. Bei Feten mit einer digynen Triploidie wurde eine FF von nur 2,8% beobachtet, während diese bei diandrischen Triploidien bei 23,4% lag.¹⁶⁰

5.16	Empfehlung
Empfehlungsgrad B	Bei wiederholt nicht auswertbaren cfDNA-Tests besteht ein erhöhtes Risiko für Chromosomenstörungen, insbesondere für Trisomie 18, 13 und Triploidie. Als weiterführende Abklärungsmaßnahmen <i>sollte</i> eine diagnostische Punktion oder alternativ eine erneute sonographische Risikoevaluation (kombiniertes ETS) durch einen erfahrenen Pränatalmediziner erfolgen.
Evidenzgrad 2b	Nicolaides KH, Syngelaki A, del Mar Gil M, Quezada MS, Zinevich Y. Prenatal detection of fetal triploidy from cell-free DNA testing in maternal blood. <i>Fetal Diagn Ther.</i> 2014;35(3):212-7. doi: 10.1159/000355655. Bardi F, Bet BB, Pajkrt E, Linskens IH, Bekker MN, Sistermans EA, Bilardo CM, Elvan-Taşpınar A. Additional value of advanced ultrasonography in pregnancies with two inconclusive cell-free DNA draws. <i>Prenat Diagn.</i> 2022 Oct;42(11):1358-1367. doi: 10.1002/pd.6238.
	starker Konsens (12/12)

Daher gelten wiederholt nicht auswertbare cfDNA-Tests Hinweiszeichen für eine Chromosomenstörung, so dass ein Abklärungsbedarf besteht. Zu berücksichtigen ist dabei, dass Feten mit Trisomie 18 und 13 sowie einer Triploidie in der Regel Fehlbildungen aufweisen. Sollte die Ultraschalluntersuchung in diesen Fällen unauffällig sein, reduziert sich das Risiko für die entsprechenden Chromosomenstörungen wieder. Somit kommt dieser Ultraschall-Untersuchung besondere Bedeutung zu.¹⁶¹

Ein alternativer Ansatz zur Lösung stellt der sogenannte *Reflex*-Testansatz dar. Dieser geht davon aus, dass vor der Blutabnahme für die cfDNA-Analyse die Messung der Nackentransparenz erfolgt. Im Rahmen der Blutabnahme für die cfDNA-Analyse wird gleichzeitig ein Serumröhrchen abgenommen, welches aber nur eingefroren und nicht ausgewertet wird. Bei

wiederholtem Testversagen könnte das Serumröhrchen aufgetaut und das freie beta-hCG sowie PAPP-A gemessen werden. Mit den Werten könnte so das kombinierte ETS-Risiko alternativ bzw. als Ersatz für die cfDNA-Analyse nachberechnet werden.¹⁶²

Bei nicht auswertbaren cfDNA-Tests sollte auch das erhöhte Risiko für Komplikationen im Verlauf der Schwangerschaft und für Malignome bedacht werden.^{156,163}

Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13

Die Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 mittels cfDNA-Analyse wurde ausgiebig analysiert. Es sind zahlreiche Meta-Analysen vorhanden, die hier vorrangig Erwähnung finden werden.

In eine 2017 veröffentlichte Cochrane-Analyse gingen 65 Studien mit 86.139 Schwangerschaften und 3.141 aneuploiden Feten ein. In der Allgemeinbevölkerung lag die Detektionsrate für die Trisomie 21, 18 und 13 bei 99.2%, 90.9% und 65.1% bei einer Falsch-Positivrate von kleiner als 0,1%.¹⁶⁴ In der Meta-Analyse von Gil et al. 2017 wurden 35 Studien mit 223.932 euploiden Schwangerschaften und 1.963 Fälle mit Trisomie 21 ausgewertet.¹⁶⁵ Die Detektionsraten für die 3 Trisomien lagen bei 99.7%, 97.9% und 99.0% bei Falsch-Positivraten von jeweils 0.04%.

Das Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) berichtete 2017 in einer eigenen Meta-Analyse von einer Detektionsrate für Trisomie 21 von 99.1% bei einer Falsch-Positivrate von 0.05%.¹⁶⁶ Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Datenlage für das Screening auf Trisomie 18 und 13 noch nicht robust genug für eine klinische Anwendung ist.

Demko et al. veröffentlichten 2022 in einer Meta-Analyse die aktuelle Datenlage und differenzierte nach prospektiven (n=24) und retrospektiven (n=22) Studien. In den prospektiven Validierungsstudien, die auf bivariaten Modellen basierten, lagen die Detektionsraten bei 98.0%, 92.8% und 93.2% für Falsch-Positivraten von 0.09%, 0.09% und 0.08%.¹⁵²

Das American College of Medical Genetics and Genomics führte kürzlich einen systematischen Review durch, der 2022 veröffentlicht wurde. In die Auswertung gingen 78 Studien ein.¹⁶⁷ Tabelle 5.8 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 5.8 Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 mittels cfDNA-Analyse.¹⁶⁷

	Trisomie 21	Trisomie 18	Trisomie 13
Detektionsrate % (95% CI)	98.8 (97.8-99.3)	98.8 (95.4-99.7)	100 (0-100)
Falsch-Positivrate % (95% CI)	0.04 (0.02-0.08)	0.07 (0.03-0.17)	0.04 (0.02-0.08)
PPV % (95% CI)	91.8 (88.4-94.2)	65.8 (45.3-81.7)	37.2 (26.1-49.9)
NPV % (95% CI)	100 (99.99-100)	100 (100-100)	100 (100-100)

Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass die cfDNA-Analyse eine sehr hohe Testgüte aufweist und das Verfahren für Trisomie 21 besser als für Trisomie 18 und 13 funktioniert.

5.1	Statement	2022
Empfehlungsgrad A	Die cfDNA-Analyse zeichnet sich, unabhängig von der verwendeten Technologie, durch eine Detektionsrate für Trisomie 21 von etwa 99% und einer Falsch-Positivrate von etwa 0,1% aus. Die Detektionsraten für Trisomie 18 und 13 sind etwas niedriger.	
Evidenzgrad 2a	Rose NC, Barrie ES, Malinowski J, Jenkins GP, McClain MR, LaGrave D, Leung ML; ACMG Professional Practice and Guidelines Committee. Systematic evidence-based review: The application of noninvasive prenatal screening using cell-free DNA in general-risk pregnancies. Genet Med. 2022 Jul;24(7):1379-1391. doi: 10.1016/j.gim.2022.03.019. Erratum in: Genet Med. 2022 Sep;24(9):1992.	
	starker Konsens (12/12)	

Ogleich die Sensitivität und Spezifität nahe 100% liegen, ist NIPT ein Screening Test und ist per Definition keine diagnostische Untersuchung.^{168,169} Dies wird aus den positiven Vorhersagewerten aus Tabelle 5.8 ersichtlich. Diese sind zudem abhängig vom Alter der Patientin und den sonographischen Vorbefunden.

5.17	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Trotz hoher Detektionsraten und niedriger Falsch-Positiv-Raten soll NIPT als Screening-Test, nicht als diagnostisches Verfahren der Trisomie-Detektion betrachtet werden. Vor einem Schwangerschaftsabbruch soll ein positiver Test durch eine invasive Diagnostik abgeklärt werden.	
Evidenzgrad 2a	Rose NC, Barrie ES, Malinowski J, Jenkins GP, McClain MR, LaGrave D, Leung ML; ACMG Professional Practice and Guidelines Committee. Systematic evidence-based review: The application of noninvasive prenatal screening using cell-free DNA in general-risk pregnancies. Genet Med. 2022 Jul;24(7):1379-1391. doi: 10.1016/j.gim.2022.03.019. Iwarsson E, Jacobsson B, Dagerhamn J, Davidson T, Bernabé E, Heibert Arnlin M. Analysis of cell-free fetal DNA in maternal blood for detection of trisomy 21, 18 and 13 in a general pregnant population and in a high risk population - a systematic review and meta-analysis. Acta Obstet Gynecol Scand. 2017 Jan;96(1):7-18. doi: 10.1111/aogs.13047. Taylor-Phillips S, Freeman K, Geppert J, Agbebiyi A, Uthman OA, Madan J, Clarke A, Quenby S, Clarke A. Accuracy of non-invasive prenatal testing using cell-free DNA for detection of Down, Edwards and Patau syndromes: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2016 Jan 18;6(1):e010002. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010002.	
	starker Konsens (12/12)	

Zudem müssen bei der Beurteilung der Gesamttestgüte auch diejenigen Fälle berücksichtigt werden, bei denen die Analyse ergebnislos blieb. Auch in dieser Gruppe befinden sich Trisomie 21-Fälle. Sollten alle nicht auswertbaren Fälle mittels diagnostischer Punktion abgeklärt werden, steigt der Anteil der invasiv abzuklärenden Fälle deutlich auf etwa 1-3% an. Sollte darauf verzichtet werden, läge die Detektionsrate nicht bei 99%.¹⁷⁰

Dies wird an dem hier aufgezeigten Rechenbeispiel klar:

Prävalenz Trisomie 21 1:500

Euploide Schwangerschaften n=100.000; Trisomie 21 – Fälle: n=200

Testausfallquote 3% in der euploiden und aneuploiden Gruppe (n=3.000 und n=6)

99%ige Detektion aller Trisomie 21-Fälle mit Ergebnis: 192/194 Fälle

0,1%ige Falsch-Positivrate bei allen euploiden Fällen mit Ergebnis: 97/97.000 Fälle

1. Fall:

Invasive Diagnostik bei allen Fällen ohne Ergebnis oder mit einem auffälligen Ergebnis: 192 + 6 + 3.000 + 97 = 3.295 Fälle

Detektionsrate gesamt: 198 / 200 = 99,0%

Häufigkeit Invasive Diagnostik: 3.295 / 100.200 = 3,3%

2. Fall:

Keine weiteren Maßnahmen bei nicht auswertbarer cfDNA-Analyse und invasive Diagnostik bei auffälligem Ergebnis: $192 + 97 = 289$ Fälle

Detektionsrate gesamt: $192 / 200 = 96,0\%$

Häufigkeit Invasive Diagnostik: $289 / 100.200 = 0,3\%$

5.7 Sinnvolle Verwendung der verschiedenen Methoden

Ein sinnvoller Einsatz der unterschiedlichen Screening-Methoden zielt darauf ab, eine hohe Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 zu erreichen und gleichzeitig andere Fehlbildungen und Komplikationen nicht außer Acht zu lassen.

Dazu gehören andere Chromosomenstörungen, strukturelle Fehlbildungen und typische Schwangerschaftskomplikationen wie die Präeklampsie und intrauterine Wachstumsrestriktion.

Gleichzeitig besteht auch die Verpflichtung die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Screening-Ansätze zu berücksichtigen.

Eine alleinige Beschränkung auf eine zellfreie DNA-Analyse im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 würde wohl eine hohe Testgüte im Screening auf diese Zielerkrankungen aufweisen. Die anderen Schwangerschaftskomplikationen würden jedoch außer Acht gelassen werden. Daher werden verschiedene Kombinationen aus Ultraschall und Laboruntersuchung im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 diskutiert.

Grundsätzlich gilt aber entsprechend der derzeitigen Gesetzeslage, dass eine cfDNA-Analyse nach eingehender Aufklärung und genetischen Beratung im Sinne des GenDG indiziert ist „wenn sie geboten ist, um der Schwangeren eine Auseinandersetzung mit ihrer individuellen Situation hinsichtlich des Vorliegens einer Trisomie im Rahmen der ärztlichen Begleitung zu ermöglichen. Ein statistisch erhöhtes Risiko für eine Trisomie allein reicht für die Anwendung dieses Tests nicht aus.“

Zudem wird aufgeführt: „Ein nichtinvasiver Pränataltest (NIPT) auf die Trisomien 13, 18 und 21 kann zulasten der gesetzlichen Krankenkasse angewendet werden, wenn im Rahmen der ärztlichen Schwangerenbetreuung die Frage entsteht, ob eine fetale Trisomie vorliegen könnte, und die Ungewissheit für die Schwangere eine unzumutbare Belastung darstellt.“

Ein eindeutiger Indikationskatalog ist somit nach den Vorgaben des G-BAs nicht gegeben, vielmehr soll in einem individuellen Gespräch der Bedarf der Patientin ermittelt werden.

Unabhängig von dieser Kernaussage des gemeinsamen Bundesausschusses in den Mutterschaftsrichtlinien, werden zwei unterschiedliche Einsatzoptionen im Rahmen des Ersttrimester-Screenings diskutiert:

cfDNA-Analyse nach jeder unauffälligen Ultraschalluntersuchung

Als erster Schritt des Screening-Prozesses erfolgt eine eingehende Ultraschalluntersuchung. Diese zielt sowohl auf die Anatomie als auch auf die typischen Ultraschallmarker für Chromosomenstörungen ab. Sollten Auffälligkeiten zu sehen sein oder sollte die Nackentransparenz über 3.0 bzw. 3.5 mm liegen, ist eine CVS oder Amniozentese indiziert. Bei einer unauffälligen Sonoanatomie erfolgt anstelle der Analyse der Serummarker die cfDNA-Analyse.

Es kann ggf. gleichzeitig eine Rückstellprobe (Serumröhrchen) für das freie beta-hCG und PAPP-A abgenommen und eingefroren werden. Sollte die cfDNA-Analyse nicht auswertbar sein, kann die Rückstellprobe nachbestimmt und das kombinierte ETS-Risiko berechnet werden. In einer randomisierten Studie konnten Kagan et al. die Rate an invasiven Eingriffen im Studienarm auf 0% senken, während die klassische Risikoberechnung mittels kombiniertem ETS zu einer Eingriffsrate von 2,5% führte.¹⁶² Bei 2.1% der Schwangerschaften wurde bereits vor dem

Entscheidungsprozess bezüglich des Screenings aufgrund sonographischer Auffälligkeiten invasiv abgeklärt.

2-Stufen-Model.

Dieses basiert auf den gleichen Grundprinzipien wie beim Einsatz der zusätzlichen Ultraschallmarker Nasenbein, Ductus venosus- und Trikuspidalklappenfluss. Jedoch werden statt der Ultraschallmarker die cfDNA-Analyse im intermediären Risikokollektiv eingesetzt. Bei einem auffälligen Ergebnis der cfDNA-Analyse gilt die Schwangerschaft als screen-positiv, ansonsten als screen-negativ. Geeignete Schwellenwerte sind 1:10 und 1:1.000. Prodan et al. konnten in einer retrospektiven Studie an mehr als 2.500 Schwangerschaften, bei denen ein kombiniertes ETS und eine cfDNA-Analyse durchgeführt wurde, zeigen, dass der 2-Stufen-Ansatz zu einer ähnlichen Testgüte führt, als wenn die cfDNA-Analyse bei allen Schwangeren eingesetzt wird. In dem 2-Stufen-Ansatz lag die Detektionsrate für Trisomie 21 bei 98.4% bei einer Falsch-Positivrate von 0.8%.¹⁷¹

Miltoft et al. untersuchten einen zweistufigen Ansatz, bei dem zunächst ein kombiniertes ETS bei allen Schwangeren durchgeführt wurde, gefolgt von einer cfDNA-Analyse auf Trisomie 21, 18 und 13 in einem Subkollektiv bei Risiken zwischen 1:100 und 1:1.000¹⁷². Bei Risiken unter 1:1000 wurde keine weitere Untersuchung durchgeführt, bei Risiken über 1:100 oder bei einer auffälligen cfDNA-Analyse erfolgte die diagnostische Punktion. Dieses als „contingent screening“ bezeichnete Model wurde mit dem klassischen, kombinierten ETS verglichen, bei dem ein einziger Schwellenwert in Höhe von 1:300 verwendet wurde, um das Risikokollektiv für eine diagnostische Punktion zu definieren. Die Studienkohorte bestand aus 6.449 Schwangerschaften, 15 Feten hatten eine Trisomie 21. Alle betroffenen Schwangerschaften wurden in beiden Gruppen durch das Screening erkannt. Die Falsch-Positiv-Raten des 2-Stufen-Models und des kombinierten ETS lagen bei 1,2 % bzw. 3,0%.

Gil et al. verfolgten einen ähnlichen Ansatz. Schwangeren mit einem Risiko zwischen 1:101 und 1:2.500 wurde nach einem kombinierten ETS ein cfDNA-Screening angeboten.¹⁷³ Auch in der Hochrisikogruppe konnten die Frauen zwischen einer diagnostischen Punktion und einem cfDNA-Test wählen. Die Studie umfasste 11.692 Schwangerschaften und 47 Fälle mit Trisomie 21. Der Ansatz führte zu einer tatsächlichen Entdeckungsrate von 91.5%, wobei sich nur 38% der Frauen mit einem Risiko über 1:100 für eine diagnostische Punktion aussprachen. In der intermediären Risikogruppe entschieden sich 91.5% der Schwangeren für einen cfDNA-Test. Insgesamt wurde in 2.7% der Fälle eine diagnostische Punktion durchgeführt.

Sanchez-Duran et al. führten als ersten Screening-Test entweder ein kombiniertes ETS oder einen Quadruple-Test im zweiten Trimenon durch.¹⁷⁴ Die Cut-offs für zusätzliche cfDNA-Tests lagen bei 1:10 und 1:1.500. Leider schloss die Studie nur 5 Fälle mit Trisomie 21 ein, die jedoch alle entdeckt wurden. Die falsch-positive Rate betrug 1.3 %.

Kagan et al. verwendete prospektiv ETS-Ergebnisse von fast 87.000 Schwangerschaften, darunter 324 mit Trisomie 21, wobei die Risikoberechnung auf der fetalen NT und dem Ductus venosus Fluss basierte.¹⁷⁵ Es wurde postuliert, dass cfDNA-Tests bei Frauen mit einem Risiko von 1:100 bis 1:2.500 angewendet werden, und dass die Detektions- und Falsch-Positiv-Rate des cfDNA-Screenings 99.0% und 0.08% beträgt. Bei einem solchen Ansatz würde die Detektions- und Falsch-Positivrate 96.0 % bzw. 2.3 % betragen. Wird der obere Schwellenwert auf 1:10 angehoben, bleibt die Entdeckungsrate fast unverändert, aber die Falsch-Positivrate sinkt auf 0.8%. In den oben genannten Studien lag der Anteil der Frauen in der mittleren Risikogruppe, bei denen ein cfDNA-Screening durchgeführt werden sollte, zwischen 11.4 % und 29.9 %.

5.18	Empfehlung
Empfehlungsgrad A	Im Rahmen eines 2-Stufen-Ansatzes <i>kann</i> nach Berechnung des kombinierten ETS-Risikos eine cfDNA-Analyse im intermediären Risikokollektiv erfolgen. Dies führt zu einer Erhöhung der Testgüte im Vergleich zum eigentlichen kombinierten ETS.
Evidenzgrad 1b	Miltoft CB, Rode L, Ekelund CK, Sundberg K, Kjaergaard S, Zingenberg H, Tabor A. Contingent first-trimester screening for aneuploidies with cell-free DNA in a Danish clinical setting. Ultrasound Obstet Gynecol. 2018 Apr;51(4):470-479. doi: 10.1002/uog.17562. Prodan NC, Wiechers C, Geipel A, Walter A, Siegmann HJ, Kozlowski P, Hoopmann M, Kagan KO. Universal Cell Free DNA or Contingent Screening for Trisomy 21: Does It Make a Difference? A Comparative Study with Real Data. Fetal Diagn Ther. 2022;49(3):85-94. doi: 10.1159/000523738 Gil MM, Revello R, Poon LC, Akolekar R, Nicolaides KH. Clinical implementation of routine screening for fetal trisomies in the UK NHS: cell-free DNA test contingent on results from first-trimester combined test. Ultrasound Obstet Gynecol. 2016 Jan;47(1):45-52. doi: 10.1002/uog.15783.
	starker Konsens (12/12)

Tabelle 5.8 fasst die relevanten Screening-Optionen zusammen und gibt die Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 an.

Tabelle 5.9 Screening-Optionen und Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 (modifiziert nach²).

Screening-Strategie	Beschreibung	DR / FPR (%) Trisomie 21	DR / FPR (%) Trisomie 18/13
kombiniertes ETS	MA+GA, fetale NT freies β -hCG & PAPP-A bei allen Patientinnen cut-off: 1:100 ¹⁰⁹	92 / 4.6 ¹⁰⁹	96.4 und 92.9 ¹⁰⁹ (kein Anstieg der FPR)
kombiniertes ETS intermediäres Risiko zusätzliche <u>US-Marker</u> NB, TR, DV	kombiniertes ETS mit NB, oder TR oder DV Risiko 1:50-1:1000	93-96 / 2.5 ¹¹¹	Trisomie 18: 91.8 ¹¹¹ Trisomie 13: 100 ¹¹¹ (kein Anstieg der FPR)
kombiniertes ETS intermediäres Risiko zusätzliche <u>cfDNA</u> - Analyse	kombiniertes ETS mit cfDNA-Analyse Risiko 1:10-1:1000	98.4 / 0.7 ¹⁷¹	keine Daten
NT & frühe Fehlbil- dungsdiagnostik zusätzliche <u>cfDNA</u> Analyse	NT & frühe Fehlbildungsdiagnostik gefolgt von cfDNA Analyse CVS bei NT>3.5mm oder Fehlbildungen, sonst cfDNA Testversagen=Reflex Test: (freies β -hCG & PAPP-A)	100 / 0.1 + (add. 2.5% FPR wenn NT>3.5mm oder Fehlbildungen) ¹⁶²	Trisomie 18: 100% ¹⁶² Trisomie 13: 100% ¹⁶²

NT=Nackentransparenz

MA= Mütterliches Altersrisiko

GA = Gestationsalter

NB = Nasenbein, TR= Trikuspidalklappenfluss, DV= Ductus venosus Fluss

DR=Detektionsrate, FPR=Falsch-Positiv-Rate

5.8 NIPT nicht ohne ETS

Die Vorgaben des G-BAs erlauben die Anwendung der zellfreien DNA-Analyse unabhängig von der Ultraschalluntersuchung, z.B. bei 10 SSW. Auch wenn die zellfreie DNA-Analyse zu diesem frühen Zeitpunkt in der Schwangerschaft technisch möglich ist, birgt die Beschränkung auf die zellfreie DNA-Analyse erhebliche Nachteile:

- In einer australischen, retrospektiven Studie bei 6.207 Schwangerschaften, führte die vorangehende Ultraschalluntersuchung vor der zellfreien DNA-Analyse zu einer Änderung des Procederes in knapp 10%: das Gestationsalter war bei 3.9% der Schwangerschaften noch zu früh, bei 2.8% lag eine Missed abortion vor, bei 0.7% eine Zwillingschwangerschaftsanlage mit vanishing twin und bei 2.2% der Fälle eine so relevante fetale Auffälligkeit, dass keine zellfreie DNA-Analyse mehr durchgeführt wurde.¹⁷⁶
 - Bei zellfreien DNA-Analysen vor 10 SSW ist die Testausfallrate im Vergleich zur Untersuchung bei 11-13 SSW erhöht.¹⁵⁶
 - Sollte die bei 10 SSW durchgeführte zellfreie DNA-Analyse auf eine Trisomie hinweisen, muß die Patientin ggf. einige Wochen bis zur Abklärung warten. Wenn der Fet sonographische Auffälligkeiten aufweist, kann die Abklärung mittels Chorionzottenbiopsie ab 11 SSW erfolgen. Sollten sich jedoch keine sonographischen Auffälligkeiten zeigen, ist eine Abklärung mittels Amniozentese indiziert. Diese kann frühestens ab 15 SSW durchgeführt werden.¹⁰¹ Die längere Wartezeit kann zu einer erheblichen psychischen Belastung führen.
 - Das Ersttrimester-Screening wie in dieser Leitlinie beschrieben fokussiert auf deutlich mehr Schwangerschaftskomplikationen als nur die klassischen Trisomien. Eine Beschränkung auf die zellfreie DNA-Analyse ohne Ultraschall bei 11 bis 13 SSW, würde bedeuten, dass die frühe Detektion von schwerwiegenden Fehlbildungen nicht mehr möglich wäre. Diese würden wahrscheinlich im Rahmen des zweiten Screenings erkannt werden. Sollten diese zu einer solch hohen Belastung führen, dass sich die Patientin für einen Abbruch ausspricht, wäre dieser erst im zweiten Trimenon möglich und mit deutlich erhöhtem mütterlichen Komplikationsrisiko assoziiert¹⁷⁷.
- Zudem würde auch ein Screening auf andere Schwangerschaftskomplikationen wie z.B. die Präeklampsie nicht mehr möglich sein, wodurch auch die präventiven Ansätze keine Anwendung mehr finden würden.
- Zusammenfassend zeigt die aggregierte Evidenz, dass der Zeitpunkt 11-13⁺⁶ SSW ein Screening für viele Schwangerschaftskomplikationen ermöglicht, das nicht wahrgenommen werden kann, ohne ein wie in dieser LL beschriebenes ETS.

5.9 Screening auf anderen Chromosomenstörungen mittels cfDNA-Analyse

Im Folgenden wird das Screening auf andere Chromosomenstörungen mittels cfDNA-Analyse diskutiert. Die cfDNA-Analyse stellt dabei eine gezielte Untersuchung auf andere Auffälligkeiten dar, die sich durch eine spezifische Detektions- und Falsch-Positivrate aufzeichnet. Im Gegensatz dazu sind die auffälligen Markerwerte im ETS nicht spezifisch auf zusätzliche Zielerkrankungen ausgerichtet. Hier stellt sich mehr die Frage, mit welchen Normabweichungen auffällige Befunde noch assoziiert sein könnten.

Leider gibt es keine ausreichend große, prospektive Studien, in denen die Testleistung von Screening-Untersuchungen auf andere, seltenere Chromosomenanomalien untersucht wurde. Eine solche Studie würde eine genetische Untersuchung aller Neugeborenen, Totgeburten und Schwangerschaftsabbrüche erfordern. Zudem müsste sichergestellt werden, dass dieser Test die entsprechende Chromosomenstörung auch erkennen könnte, wie z. B. eine Exom-Analyse. Da jede dieser Chromosomenanomalien selten ist, würde eine solche Studie außerdem eine sehr große Anzahl von Teilnehmern erfordern. Daher sind alle Studien zu diesem Thema mit Vorsicht zu beurteilen.

Potenzielle Erweiterungen der cfDNA-Analyse sind für **gonosomale Störungen**, **seltene Trisomien**, **Microdeletionen/-duplikationen**, **monogene Erkrankungen** und **strukturelle Chromosomenstörungen** verfügbar. Zudem kann ein 'genome wide' Screening durchgeführt werden.¹⁷⁸ Grundsätzliches Ziel eines erweiterten cfDNA-Screening ist, das Residualrisiko für genetische Erkrankungen zu reduzieren.

Maya et al. haben in einer Studie bei 7.235 low-risk Schwangerschaften das Residualrisiko für genetische Erkrankungen nach Anwendung verschiedener cfDNA-Tests beurteilt.¹⁷⁹ Untersucht wurde ein Screening-Test auf a) Trisomie 21, 18 und 13 b) zusätzlich Geschlechtschromosomenstörungen c) zusätzlich gängige Mikrodeletionen/-duplikationen (u.a. 1p36.3-1p36.2, 4p16.3-4p16.2, 5p15.3-5p15.1, 15q11.2-15q13.1, und Mikrodeletion 22q11.2) und d) genome wide Screening auf strukturelle Chromosomenstörungen mit mehr als 7 Megabasenpaaren. Insgesamt wurde bei 1.2% der Feten eine pathogene Veränderung gefunden. Mithilfe des oben beschriebenen Screening-Tests lag das Residualrisiko jeweils bei 1.07%, 0.78%, 0.74% und 0.68%.

Es wird ersichtlich, dass das Residualrisiko unabhängig vom durchgeführten Screening-Test ähnlich ist. Die größte Minderung des Residualrisikos lässt sich durch Implementierung des Screenings auf gonosomale Störungen erreichen. Aus den weiteren Ausführungen wird aber ersichtlich, dass diese Untersuchung bei unauffälliger Sonomorphologie des Feten kritisch zu hinterfragen ist.

Ein weiteres Problem des Screenings auf andere Chromosomenstörungen ist, dass dabei eine große Anzahl von einzelnen Chromosomenstörungen zusammengefasst wird. Während das gesamte Kollektiv einen relevanten Anteil an den Chromosomenstörungen ausmacht, haben die einzelnen Chromosomenstörungen eine niedrige Prävalenz. Tests, die auf diese einzelnen Chromosomenstörungen, wie beispielsweise die Mikrodeletion 22q11.2 ausgelegt sind, haben immer eine Detektions- und Falsch-Positivrate. Die einzelnen Falsch-Positivraten werden in der Regel aufaddiert, so dass eine Vielzahl von durchgeführten Tests auch eine deutlich höhere Gesamt-Falsch-Positivrate implementiert. Des Weiteren muss die Prävalenz einer Erkrankung berücksichtigt werden. Diese ist für den positiven Vorhersagewert eines auffälligen Screening-Tests von Bedeutung. So ist der PPV bei einem Test mit einer 99%igen Detektionsrate und einer 0,1% Falsch-Positivrate bei einer Prävalenz von 1:500 bei **66.4%**, bei einer Prävalenz von 1:5000 sinkt sie aber schon auf **16.5%**.

5.19	Empfehlung
Empfehlungsgrad C	Ein Screening auf seltene und strukturelle Chromosomenstörungen, Mikrodeletionen/-duplikationen oder monogene Defekte mittels cfDNA <i>solte</i> aktuell nicht empfohlen werden.
Evidenzgrad 2b	van der Meij KRM, Sistermans EA, Macville MVE, Stevens SJC, Bax CJ, Bekker MN, Bilardo CM, Boon EMJ, Boter M, Diderich KEM, de Die-Smulders CEM, Duin LK, Faas BHW, Feenstra I, Haak MC, Hoffer MJV, den Hollander NS, Hollink IHIM, Jehee FS, Knapen MFCM, Kooper AJA, van Langen IM, Lichtenbelt KD, Linskens IH, van Maarle MC, Oepkes D, Pieters MJ, Schuring-Blom GH, Sikkelaars E, Sikkema-Raddatz B, Smeets DFCM, Srebniak MI, Suijkerbuijk RF, Tan-Sindhunata GM, van der Ven AJEM, van Zelderen-Bhola SL, Henneman L, Galjaard RH, Van Opstal D, Weiss MM; Dutch NIPT Consortium. TRIDENT-2: National Implementation of Genome-wide Non-invasive Prenatal Testing as a First-Tier Screening Test in the Netherlands. Am J Hum Genet. 2019 Dec 5;105(6):1091-1101. doi: 10.1016/j.ajhg.2019.10.005. Maya I, Salzer Sheelo L, Brabbing-Goldstein D, Matar R, Kahana S, Agmon-Fishman I, Klein C, Gurevitch M, Basel-Salmon L, Sagi-Dain L. Residual risk for clinically significant copy number variants in low-risk pregnancies, following exclusion of noninvasive prenatal screening-detectable findings. Am J Obstet Gynecol. 2022 Apr;226(4):562.e1-562.e8. doi: 10.1016/j.ajog.2021.11.016.
	starker Konsens (12/12)

5.10 Screening auf gonosomale Chromosomenstörungen mittels cfDNA-Analyse

Gil et al. fassten in einer Meta-Analyse den Stand der Wissenschaft zusammen. Das Screening auf Monosomie X wies eine Detektions- und Falsch-Positivrate von 95.8% und 0.41% auf. Für das Triple-X-, das Klinefelter und das XYY-Syndrom wurden Raten in Höhe von 100% und 0.004% genannt.¹⁶⁵ Diese sind jedoch in Frage zu stellen, da die gonosomalen Chromosomenstörungen nach Geburt häufig nicht auffallen und das untersuchte Kollektiv nur bei Verdacht auf eine Chromosomenstörung karyotypisiert wurde. Insofern ist mit einer höheren Dunkelziffer und somit auch mit einer niedrigeren Detektionsrate zu rechnen.

Lüthgens et al. haben untersucht, wie häufig sich eine gonosomale Störung, die im cfDNA-Test festgestellt wurde, beim Feten bestätigen ließ.¹⁸⁰ Die Studienpopulation bestand aus 144 Fällen. Der gesamte PPV betrug 38.9%, 29.0% für Monosomie X, 29.7% für 47,XXX, 57.5% für 47,XXY und 80.0% für 47,XYY.

Die eingeschränkte Testgüte fußt auf technischen und biologischen Limitationen. So wird beispielweise mit zunehmendem Alter der Patientinnen ein X-Chromosom inaktiviert, so dass die Falsch-Positivrate des Screening-Tests aufgrund der mütterlichen X-Inaktivierung ansteigt. Weitere Gründe stellen die höhere Rate an Plazentamosaiken und strukturellen Störungen an den Gonosomen dar.^{180,181}

Zudem muss kritisch hinterfragt werden, ob die vorgeburtliche Diagnose einer gonosomalen Aneuploidie bei unauffälliger fetaler Sonomorphologie das vorgeburtliche Management wirklich verbessert.¹⁸²

5.20	Empfehlung	
Empfehlungsgrad C	Ein Screening auf gonosomale Chromosomenstörungen mittels cfDNA <i>solite</i> aktuell nicht unselektiv erfolgen.	
Evidenzgrad 2	Lüthgens K, Grati FR, Sinzel M, Häbig K, Kagan KO. Confirmation rate of cell free DNA screening for sex chromosomal abnormalities according to the method of confirmatory testing. Prenat Diagn. 2021 Sep;41(10):1258-1263. doi: 10.1002/pd.5814. Kagan KO, Hoopmann M, Singer S, Schaeferhoff K, Dufke A, Mau-Holzmann UA. Discordance between ultrasound and cell free DNA screening for monosomy X. Arch Gynecol Obstet. 2016 Aug;294(2):219-24. doi: 10.1007/s00404-016-4077-y. Berglund A, Stochholm K, Gravholt CH. The epidemiology of sex chromosome abnormalities. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2020 Jun;184(2):202-215. doi: 10.1002/ajmg.c.31805.	
	starker Konsens (12/12)	

5.11 Screening auf seltene autosomale Trisomien mittels cfDNA-Analyse

Seltene autosomale Trisomien werden unter der englischen Abkürzung 'RATs' zusammengefasst, was für 'Rare Autosomal Trisomies' steht.

Scott et al. beschrieben, dass sie in einer cfDNA-Studie an 23.388 Proben 28 RATs fanden, was einer Prävalenz von 1:835 entspricht.¹⁸³ Darunter fanden sich 6 Fälle mit Trisomie 7, 4 Fälle mit Trisomie 16 und 3 Fälle mit Trisomie 22.

Benn et al. verglichen die RAT-Befunde mit den Ergebnissen der Kurzzeitkultur bei einer CVS.¹⁸⁴ RATs waren in 634 von 196.662 (0,32%) cfDNA-Proben und 237 von 57.539 (0,41%) CVS-Kurzzeitkulturproben vorhanden. In den durch cfDNA ermittelten Fällen wurden am häufigsten die Trisomien 7, 15, 16 und 22 gefunden. Von 151 Fällen mit einer RAT, die durch cfDNA identifiziert wurden und für die Informationen über das Outcome vorlagen, führten 41.1% zu einer unauffälligen Lebendgeburt und 27.2% zu einer Fehlgeburt. Bei 7.3% fanden sich vorgeburtlich Fehlbildungen, 2.0% hatten eine klinisch relevante UPD und 14.6 % hatten eine fetale Wachstumsrestriktion oder ein niedriges Geburtsgewicht. Die Autoren rieten von der Anwendung der cfDNA-Tests ab, da das Risiko einer späteren Schwangerschaftskomplikation nicht klar genug definiert sei für eine fundierte Beratung der Schwangeren. Zudem fehle es an klaren Handlungsanweisungen für die weitere Betreuung, da eine Prävention der Komplikationen nicht möglich sei.

5.21	Empfehlung	
Empfehlungsgrad C	Ein Screening auf seltene autosomale Trisomien (RATs) mittels cfDNA-Analyse <i>solite</i> aktuell nicht unselektiv erfolgen.	
Evidenzgrad 2	Scott F, Bonifacio M, Sandow R, Ellis K, Smet ME, McLennan A. Rare autosomal trisomies: Important and not so rare. Prenat Diagn. 2018 Sep;38(10):765-771. doi: 10.1002/pd.5325	
	starker Konsens (12/12)	

5.12 Screening auf Mikrodeletionen/-duplikationen mittels cfDNA-Analyse

Es sind Screening-Tests für mehrere Mikrodeletionen und -duplikationen bekannt. Hier soll der Fokus auf die Mikrodeletion 22q11.2 (DiGeorge Syndrom) gelegt werden, da dieser Test die breiteste Anwendung findet (s.a. [AWMF 028-049 S3 LL Deletion- und Duplikationssyndrom 22q11.2 im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter](#)).

Das Screening auf Mikrodeletion 22q11.2 durch cfDNA kann mit gezielten und genomweiten Technologien durchgeführt werden.¹⁸⁵ Die Methoden sind insgesamt gleichwertig.

In einer großen retrospektiven Studie mit mehr als 80.000 Proben lag die Falsch-Positiv-Rate des SNP-basierten Tests bei 0.1-0.3%.¹⁸⁶ In dieser Studie verringerte sich die Falsch-Positiv-Rate auf 0.07%, wenn bei Hochrisikofällen mit Mikrodeletion 22q11.2 eine erhöhte Sequenzierungstiefe durchgeführt wurde. Leider war in der Gruppe mit einem auffälligen Screening-Test-Ergebnis bei etwa der Hälfte der Fälle (159/289) kein Ergebnis verfügbar. In der letztgenannten Gruppe gab es 24 betroffene Feten und sechs betroffene Mütter.

In einer prospektiven klinischen Studie von Kagan et al. wurden 1.127 Schwangerschaften bei 11-13 SSW untersucht.¹⁸⁷ Die Testausfallrate lag bei 0.9%, bei 3 (0.27%) Schwangerschaften wurde ein falsch-positives Ergebnis beobachtet.

Schmid et al. verwendeten 1.736 künstliche und 217 reale Proben, darunter 122 bzw. 7 Fälle mit Mikrodeletion 22q11.2 und berichteten über eine Erkennungsrate von 75.2%. Die Spezifität lag bei 99.6 %.¹⁸⁸

Liang et al. analysierten prospektiv mehr als 94.000 Zweittrimester-Schwangerschaften mit einem genomweiten Test¹⁸⁹. In der Studie wurden alle Neugeborenen postnatal klinisch untersucht, bei Fehlbildungen erfolgte eine genetische Analyse. Die Autoren berichteten über eine Detektionsrate von 86.7% und einer Falsch-Positiv-Rate von 0.001%. Die Inzidenz der Mikrodeletion 22q11.2 lag bei 1:7200 und somit deutlich unterhalb der erwarteten 1:1000.¹⁹⁰ Die Diskrepanz ist am ehesten dadurch zu erklären, dass einige betroffene Neugeborene klinisch unauffällig waren, und dass die tatsächliche Detektionsrate unterhalb der angegebenen 86.7% lag.

In einer Studie von Bevilacqua et al. wurde die Testgüte des cfDNA-Tests bei 735 Schwangerschaften bei V.a. fetalem Herzfehler untersucht.¹⁹¹ In diesem Kollektiv lag die Detektionsrate bei 69.6%, falsch-positive Befunde wurden nicht beobachtet.

Neben der Testgüte muss auch die Konsequenz eines auffälligen Befundes in die Beurteilung der Sinnhaftigkeit eines Screening-Tests miteinbezogen werden. Das klinische Bild der Mikrodeletion 22q11.2 ist durch konotrunkale Herzfehler (bei 95%), milde ZNS-Auffälligkeiten (bei 38%), einer Thymushypoplasie (26%) und einem Polyhydramnion (bei 31%) geprägt.¹⁹² Problematisch ist die Einschätzung der geistigen Entwicklungsprognose. Diese kann sehr heterogen sein und ist mit der alleinigen Diagnose der Mikrodeletion 22q11.2 noch nicht beurteilbar. Das kann für die Schwangere wie auch für das betreuende Team eine große Herausforderung darstellen.¹⁷⁸

5.22	Empfehlung
Empfehlungsgrad C	Die Validität des Screenings auf Mikrodeletion 22q11 mittels cfDNA-Analyse weist nur eine beschränkte Evidenz auf. Die eingeschränkte Aussagekraft zur Detektion, zur Falsch-Positiv-Rate und prognostischen Aussagekraft <i>sollte</i> in die Aufklärung der Schwangeren erläutert werden.
Evidenzgrad 2	Kagan KO, Hoopmann M, Pfaff T, Prodan N, Wagner P, Schmid M, Dufke A, Mau-Holzmann U, Brucker S, Marcato L, Malvestiti B, Grati FR. First Trimester Screening for Common Trisomies and Microdeletion 22q11.2 Syndrome Using Cell-Free DNA: A Prospective Clinical Study. Fetal Diagn Ther. 2020;47(11):841-852. doi: 10.1159/000510069. Schmid M, Wang E, Bogard PE, Bevilacqua E, Hacker C, Wang S, Doshi J, White K, Kaplan J, Sparks A, Jani JC, Stokowski R. Prenatal Screening for 22q11.2 Deletion Using a Targeted Microarray-Based Cell-Free DNA Test. Fetal Diagn Ther. 2018;44(4):299-304. doi: 10.1159/000484317. Liang D, Cram DS, Tan H, Linpeng S, Liu Y, Sun H, Zhang Y, Tian F, Zhu H, Xu M, Wang H, Yu F, Wu L. Clinical utility of noninvasive prenatal screening for expanded chromosome disease syndromes. Genet Med. 2019 Sep;21(9):1998-2006. doi: 10.1038/s41436-019-0467-4. Bevilacqua E, Jani JC, Chaoui R, Suk EA, Palma-Dias R, Ko TM, Warsof S, Stokowski R, Jones KJ, Grati FR, Schmid M. Performance of a targeted cell-free DNA prenatal test for 22q11.2 deletion in a large clinical cohort. Ultrasound Obstet Gynecol. 2021 Oct;58(4):597-602. doi: 10.1002/uog.23699. Schindewolf E, Khalek N, Johnson MP, Gebb J, Coleman B, Crowley TB, Zackai EH, McDonald-McGinn DM, Moldenhauer JS. Expanding the fetal phenotype: Prenatal sonographic findings and perinatal outcomes in a cohort of patients with a confirmed 22q11.2 deletion syndrome. Am J Med Genet A. 2018 Aug;176(8):1735-1741. doi: 10.1002/ajmg.a.38665.
	starker Konsens (12/12)

5.13 Screening auf strukturelle Chromosomenstörung (genome wide Screening) mittels cfDNA-Analyse

Beim 'genome wide'-Screening soll - anders als der Name vermuten lässt - nicht das Genom aufgeschlüsselt, sondern strukturelle Chromosomenstörungen mit ab 7 Megabasenpaaren aufgedeckt werden.

In den Niederlanden wird das Verfahren im Rahmen einer prospektiven Populationsstudie untersucht und seit 2017 allen Schwangeren angeboten (Trident 2 – Studie). Ein Teil der Ergebnisse wurde von van der Meij et al. veröffentlicht¹⁹³: Von den 173,244 Schwangeren im Studienzeitraum entschieden sich 42% für eine cfDNA-Analyse. 56,818 Frauen wollten dabei über zusätzliche Befunde über die klassischen Trisomien hinaus informiert werden. Im Studienkollektiv fanden sich 101 (0,18%) RATs und 95 (0,16%) strukturelle Auffälligkeiten. Der positive Vorhersagewert für eine tatsächliche fetale Chromosomenstörung lag bei 6% bzw. 32%. Die quasi-Implementierung des 'genome wide'-Screenings in die Versorgung aller Schwangeren in den Niederlanden wurde aufgrund der vielen ungeklärten Fragen bezüglich des weiteren Managements der Schwangerschaften und der Beratung des Paares kritisch hinterfragt¹⁹⁴.

5.23	Empfehlung	
Empfehlungsgrad C	Ein Screening auf strukturelle Chromosomenstörungen mittels cfDNA-Analyse <i>sollte</i> aktuell nicht unselektiv erfolgen.	
Evidenzgrad 2	van der Meij KRM, Sistermans EA, Macville MVE, Stevens SJC, Bax CJ, Bekker MN, Bilardo CM, Boon EMJ, Boter M, Diderich KEM, de Die-Smulders CEM, Duin LK, Faas BHW, Feenstra I, Haak MC, Hoffer MJV, den Hollander NS, Hollink IHIM, Jehee FS, Knapen MFCM, Kooper AJA, van Langen IM, Lichtenbelt KD, Linskens IH, van Maarle MC, Oepkes D, Pieters MJ, Schuring-Blom GH, Sikkel E, Sikkema-Raddatz B, Smeets DFCM, Srebniak MI, Suijkerbuijk RF, Tan-Sindhunata GM, van der Ven AJEM, van Zelderen-Bhola SL, Henneman L, Galjaard RH, Van Opstal D, Weiss MM; Dutch NIPT Consortium. TRIDENT-2: National Implementation of Genome-wide Non-invasive Prenatal Testing as a First-Tier Screening Test in the Netherlands. Am J Hum Genet. 2019 Dec 5;105(6):1091-1101. doi: 10.1016/j.ajhg.2019.10.005. Epub 2019 Nov 7. Jani JC, Gil MM, Benachi A, Prefumo F, Kagan KO, Tabor A, Bilardo CM, Di Renzo GC, Nicolaides KH. Genome-wide cfDNA testing of maternal blood. Ultrasound Obstet Gynecol. 2020 Jan;55(1):13-14. doi: 10.1002/uog.21945.	
	starker Konsens (12/12)	

5.14 Zusammenfassung

Aus dieser Übersicht wird deutlich, dass die Konzentration auf die gängigen Trisomien allein nicht gerechtfertigt ist. Insbesondere bei den jüngeren Patientinnen sollte das Gesamtspektrum der Chromosomenstörungen berücksichtigt werden. Dies gilt sowohl für die möglichen Screening-Untersuchungen als auch bei der Abklärung von strukturellen Auffälligkeiten. Daher kann ein sinnvolles Screening im ersten Trimenon nur auf einer detaillierten Ultraschalluntersuchung basieren.

Ob anschließend ein kombiniertes Screening, mit einer cfDNA-Analyse im intermediären Risikobereich, oder eine cfDNA-Analyse für alle Patientinnen die dies wünschen, erfolgt, hängt an strukturellen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Die Detektionsrate für Trisomie 21 ist bei beiden Ansätzen ähnlich.

In der Appendix (Kapitel 13) werden Vorschläge im Umgang mit NIPT, die '10 goldenen Regeln im Umgang mit NIPT' und der 'Wegweiser auffälliger NIPT' der DEGUM wiedergegeben, die im Konsensus verabschiedet wurden.

6 Qualitätssicherung & Audit @ 11+13⁺⁶ SSW

In Deutschland sind die Qualitätsanforderungen des Ersttrimester-Screening in der **RL zur Vorgeburtlichen Risikoabklärung (GEKO, RKI)** geregelt.⁷

6.1	Empfehlung
EK, RL	Folgende Komponenten des Ersttrimester-Screenings <i>sollen</i> Beachtung finden: RL Vorgeburtliche Risikoabklärung: <u>Beratung</u> durch verantwortliche Ärztliche Person (Arztvorbehalt) • Beratung vor der Untersuchung: Risikoberechnung vs Diagnostischer Test • Schriftliche Einwilligung • Beratung nach der Untersuchung <u>Qualität</u>: anerkannter Stand von Wissenschaft und Technik • Geräte • Laboratoriumsmedizinische Untersuchungen • Algorithmus • Berichtsqualität <u>Externe jährliche Qualitätssicherung</u> (alle diagnostischen Schritte): Ultraschall: Bilder, Messwertverteilung (Vergleich Referenzwerte) laboratoriumsmedizinische Untersuchungen Algorithmus Gesamtpformance
	starker Konsens (10/10)

Zu dieser Empfehlung 6.1 hat die Gynecologie Suisse ein Sondervotum beantragt (s.a. Addendum Sondervotum SGUMGG, SGGG im Leitlinienreport).

Die initiale systematische Literaturrecherche nach der Qualitätssicherung der Nackentransparenz hat zwei Studien ergeben (LOE 2b).^{195,196} Die Literaturrecherche wurde daher ausgedehnt (Methodenreport). Es liegt ein Konsensuspaper, eine große Kohortenstudie sowie eine Vielzahl von kleineren Kohortenstudien mit überwiegend guter Qualität vor.

Canada hat 2011 ein Konsensuspaper erstellt (CCMG Prenatal Diagnosis Committee, SOGC Genetics Committee).¹⁹⁷ Sie führten einen systematischen Review zwischen 1982 und 2009 durch. Die gefundenen Studien wurden nach den Canadian Task Force on Preventive Health Care Kriterien bewertet. Die Kommission hat u.a. empfohlen, daß:

- ein Ersttrimester-Screening Test mindestens eine DR von 75% für eine FPR <3% aufweisen soll, eine jährliche Qualitätsüberprüfung ist verpflichtend (III-B)
- die NT nur durch trainierte und accreditierte Ultraschalldiagnostiker mit jährlicher Qualitätskontrolle gemessen werden soll (II-2A)

Das Screening Programm soll ein Audit des Screenings, Ultraschall, biochemische Laboruntersuchungen, genetische Beratung und Diagnostik, Information für Patientin und Mitglieder des Gesundheitssystems, qualitativ hochwertige Tests, Ressourcen für Verwaltung, jährliches klinisches Audit und Datenmanagement vorhalten. Es soll zudem Mittel vorhalten, um flexibel auf neue Methoden und Protokolle reagieren zu können (II-3B).¹⁹⁷

Die größte Studie zur NT mit 5.216.663 Fällen in den U.S.A. liefert Evidenz dafür, dass ein jährliches Audit große heterogene Gruppen von Ultraschalldiagnostikern auf einem hohen Standard halten kann. Es ist jedoch von **kritisch wichtiger Bedeutung**, dass die Teilnehmer an einem anhaltenden Qualitätssicherungsprogramm der NT Messungen teilnehmen, um die geforderten Einstellungen und Präzision der Messwerte beizubehalten.¹⁹⁸

Die aggregierte Evidenz lässt sich im Wesentlichen in drei Kategorien unterteilen:

(I) **Scoring Systeme** zur Bewertung der Ultraschallbilder (**qualitativ**), (II) **statistische Methoden** zur Bewertung der Messwerteverteilung und Vergleich mit Standardverteilungen (**quantitativ**) sowie (III) Studien zur Prüfung des Konzeptes an einer Klink/einer Region (**Gesamtpformance**).

(I) **Scoring Systeme** zur Bildbewertung (qualitativ):

Herman schlug ein Scoring System vor, um NT Bilder zu evaluieren und in die klinische Praxis einzuführen.^{199–201} Er verwendete die folgenden sechs Parameter: Schnittebene, Platzierung der Messkreuze, Hautoberfläche und NT, Bildgröße, Amnion und Beugung des Kopfes. Dhombres verwendete vier Parameter für ein imaging scoring System: (I) sagittale Ebene für die NT, (II) Caliperplatzierung der NT, (III) Vergrößerung und (IV) SSL Messung.²⁰²

Frey Tirri fand, dass 100 NT Ultraschalluntersuchungen vor der klinischen Anwendung gefordert werden sollen, um eine adäquate Qualität zu erreichen.²⁰³ Ferlin übermittelte Ultraschallbilder in real time an Prüfer nach FMF UK.²⁰⁴ Nisbet setzte Tutorials über Telefonkonferenzen ein, um eine anhaltend hohe Performance beizubehalten. Der Einsatz erfahrener Auditoren konnte bei Nisbet die inter-observer Variabilität signifikant senken.^{205,206} Eine Bewertung und Feedback sind für die Verbesserung der Nackentransparenzmessung effektiv.^{207,208} Hermann untersuchte zudem, ob ein qualitatives Assessment (Bewertung der Bilder) und der quantitative Vergleich der Messwerte mit der Referenzwertverteilung assoziiert sind. Dies war der Fall.²⁰⁹ Evans testete die Bedeutung der Abweichung der NT Messung um 0,5mm (25%) auf Verringerung der Detektionsrate von 18% (81.7% auf 67.1%),¹⁹⁵ und um 0.2mm.¹⁹⁶ Kagan und Abele beschäftigten sich systematisch mit der Veränderung der Screening Performance bei nur geringer Abweichung der korrekten Messung der SSL und der NT und mit semi-automatischen Messungen.^{118,119,210–212}

(II) **statistische Methoden** zur Bewertung der Messwerteverteilung (quantitativ)

Kagan testete die Abweichung der NT Messung von der Normwertkurve (Median, SD) bezüglich der Bedeutung des Screenings für die Trisomie 21.¹¹⁸ Sabria testete 'cumulative sum' (CUSUM) charts prospektiv gegen einen retrospektiven Review basierend auf Verteilungen, die Ergebnisse waren sehr ähnlich.²¹³ Sahota bestimmte den Median der NT-MoM Verteilung und die Standardabweichung (SD) der log (10) NT-MoM zur CUSUM Konstruktion.²¹⁴ Hynek verglich 'CUSUM Charts' mit 'exponentially weighted moving average' charts (EWMA).²¹⁵ Ohne Audit verschlechterte sich die Testperformance. EWMAs waren ein einfaches und effizientes real-time Tool zur Beurteilung von NT Messungen, um eine suboptimale Performance effektiv zu erkennen.²¹⁶ Balsyte konnte mit CUSUM Charts unabhängig anhaltend eine Qualitätskontrolle der NT Messung durchführen, um kompetent zu bleiben und aufzuzeigen, wenn ungenaue Messungen auftraten.²¹⁷ Gabriel konnten anhand von CUSUM Charts zeigen, dass eine Zertifizierung durch die FMF UK die Performance verbesserte.²¹⁸ Vale konnte das 'upper truncation limit' aufgrund einer verbesserten Präzision der Messungen revidieren.²¹⁹ D'Alton fand, dass sich trotz Überprüfung der Bilder über die Zeit die Messwerteverteilung ändert, weshalb eine anhaltende Qualitätssicherung erforderlich ist.²²⁰ Snijders bevorzugte einen globalen qualitativen Review der Bilder eines einzelnen Ultraschalldiagnostikers gegenüber der Beurteilung einzelner Aspekte der Bilder. Ein qualitativer Review korrespondierte gut mit einer quantitativen Analyse. Ihre Schlussfolgerung war, dass die Beobachtung divergierender Ergebnisse zu einem umgehenden intensiven persönlichen feedback führen sollte.²²¹

(III) Prüfung der **Gesamtpformance**

Eine Serie von Studien hat die Gesamtpformance in einer Region geprüft. Torrent berichtete, dass die Performance eines Ultraschalldiagnostikers bezüglich einer hohen Qualität der Nackentransparenzmessung mit der Gesamtzahl der Ultraschälle pro Jahr, mit den Jahren des durchgeführten Ultraschalls, dem Absolvieren eines online FMF Kurses und einem periodischen Audit einhergingen.²²² Fries berichtete aus Frankreich, dass die Verteilung der NT Messungen

nicht wie erwartet war und die Trisomie 21 DR 10% niedriger war, wenn keine standardisierte Zertifizierung der Ultraschalldiagnostiker erfolgte.²²³ Sahota fand in Hong Kong, dass das Screening effektiv war und die erwarteten Detektions- und Falsch-positiv-Raten erreichte. Es war großer Wert auf Training, Qualitätskontrolle und regelmäßige Audits gelegt worden.^{207,214,224} In Flandern zeigte sich, dass ohne methodische Standardisierung eine systematische Unterschätzung der NT Messwerte gefunden wurde.²²⁵ Dänemark fand, dass in der NT Messung gut ausgebildete Ultraschalldiagnostiker, und eine kontinuierliche Prüfung der MoM Werte der NT, eine gute Methode darstellt, die Qualität eines Zentrums zu messen. Zudem eignet sich die Methode, einzelne Untersucher mit abweichender Performance zu identifizieren.²²⁶

Qualitätsanforderungen an das jährliche **externe Audit** zur Durchführung der Nackentransparenzmessung.

6.2	Empfehlung
Empfehlungsgrad A ↑↑	Die Reproduzierbarkeit der Nackentransparenz-Messung hängt von Training, Standardebenen, jährlicher Qualitätskontrolle (Ultraschallbilder und Messwerteverteilung, DR & FPR) und individuellem kontinuierlichem Feedback ab. Nur bei Einhaltung der FMF-UK Kriterien können die in Studien publizierten Detektionsraten erreicht werden (Empfehlungen 5.2, Abbildung 5.1). Das jährliche externe Audit soll sicherstellen, dass die Qualitätsanforderungen erreicht werden (Empfehlungen 4.1-5, 5.2, Abbildung 5.1)
Evidenzgrad 1	Kagan KO, Wright D, Etchegaray A, Zhou Y, Nicolaidis KH. Effect of deviation of nuchal translucency measurements on the performance of screening for trisomy 21. <i>Ultrasound in obstetrics & gynecology</i>. 2009;33(6):657-664. doi:10.1002/uog.6370 Abele H, Wagner N, Hoopmann M, Grischke EM, Wallwiener D, Kagan KO. Effect of deviation from the mid-sagittal plane on the measurement of fetal nuchal translucency. <i>Ultrasound in obstetrics & gynecology</i>. 2010a;35(5):525-529. doi:10.1002/uog.7599 Abele H, Hoopmann M, Wright D, Hoffmann-Poell B, Huettelmaier M, Pintoffl K, Wallwiener D, Kagan KO. Intra- and interoperator reliability of manual and semi-automated measurement of fetal nuchal translucency by sonographers with different levels of experience. <i>Ultrasound in obstetrics & gynecology</i>. 2010b;36(4):417-422. doi:10.1002/uog.8809 Kagan KO, Abele H, Yazdi B, Böer B, Pintoffl K, Wright D, Hoopmann M. Intraoperator and interoperator repeatability of manual and semi-automated measurement of increased fetal nuchal translucency according to the operator's experience. <i>Prenatal diagnosis</i>. 2011a;31(13):1229-1233. doi:10.1002/pd.2868 Kagan KO, Hoopmann M, Baker A, Huebner M, Abele H, Wright D. Impact of bias in crown-rump length measurement at first-trimester screening for trisomy 21. <i>Ultrasound in Obstetrics & Gynecology</i>. 2012;40(2):135-139. doi:10.1002/uog.11095 Chitayat D, Langlois S, Douglas Wilson R; SOGC GENETICS COMMITTEE; CCMG PRENATAL DIAGNOSIS COMMITTEE. J Prenatal screening for fetal aneuploidy in singleton pregnancies. <i>Obstet Gynaecol Can</i>. 2011 Jul;33(7):736-750. doi: 10.1016/S1701-2163(16)34961-1.PMID: 21749752 Thornburg LL, Bromley B, Dugoff L, Platt LD, Fuchs KM, Norton ME, McIntosh J, Toland GJ, Cuckle H United States' experience in nuchal translucency measurement: variation according to provider characteristics in over five million ultrasound examinations. Nuchal Translucency Quality Review Program of the Perinatal Quality Foundation.<i>Ultrasound Obstet Gynecol</i>. 2021 Nov;58(5):732-737. doi: 10.1002/uog.23621.PMID: 33634915
	starker Konsens (10/10)

7 Screening für Präeklampsie und FGR @ 11-13⁺⁶ SSW

Unter einer **Plazentationsstörung** versteht man eine unvollständige Zytotrophoblasteninvasion und fehlende Gefäßdilataion. Die führt hämodynamisch dazu, dass der im ersten Trimenon physiologische postsystolische notch persistiert und nicht - wie sonst normal - bis 24 SSW verschwindet und die Zunahme der Blutströmung vor allem im diastolischen Fluss ausbleibt. In der Folge kommt es zu Plazentaneukrosen, Einschwemmung von toxischen Substanzen in die Blutbahn der Mutter und Gefäßendothelläsionen, Hypertonie und Proteinurie.²²⁷

Klinisch führt dies bei der Mutter zum Spektrum der hypertensiven Schwangerschafts-erkrankungen (SIH, PET, Eklampsie, HELLP) und beim Fetus zur intrauterinen Wachstumsrestriktion (FGR) und iatrogenen Frühgeburt. Der Endpunkt der extremen Wachstumsrestardierung ist der intrauterine Fruchttod (IUFD). Im späteren Leben der Mutter ist die Inzidenz kardiovaskulärer Erkrankungen erhöht und die Lebenszeit verringert.²²⁷

Es ist daher von kritisch wichtiger Bedeutung, Schwangerschaften mit einem hohen Risiko für Präeklampsie im ersten Trimenon zu identifizieren, da eine effektive Prävention verfügbar ist, wenn sie vor 16 SSW begonnen wird.

Unter einer **abnormal invasiven Plazenta** (AiP) versteht man eine Plazenta accreta, increta oder percreta, das **Placenta Accreta Spectrum** (PAS). Dies wird an anderer Stelle behandelt.

Es wurde eine PICO Frage zu Screening für PET & FGR / IUFD / mütterliche Mortalität und Morbidität gestellt. Es wurde eine weitere PICO Frage zur Prävention gestellt. (PICO Fragen 4.1 und 4.2).

Es wurden 18 Metaanalysen (LoE 1a) sowie 40 Kohortenstudien (LoE1b) zum Screening für Präeklampsie gefunden. Zusätzlich wurden 5 Systematische Reviews & Metaanalysen, 4 RCTs und sowie 2 Kohortenstudien (LoE 2b) zur Prävention identifiziert.

7.1 Screening für Präeklampsie

In Studien wird je nach Protokollen zwischen verschiedenen Zeitpunkten des Auftretens einer PE unterschieden. Ein Auftreten **<32⁺⁰** bzw. **<34⁺⁰** SSW wird meist als **early-onset PE**, eine PE **>34⁺⁰** SSW als **late-onset PE** bezeichnet. In jüngerer Zeit wird das Auftreten **<37⁺⁰** als **preterm PE** und eine PE **>37⁺⁰** SSW als **term PE** bezeichnet.

Das Screening für Präeklampsie zum Zeitpunkt **11-13⁺⁶** SSW basiert auf der Anamnese, Ultraschall, Doppler, Biochemie, biophysikalischen Untersuchungen und Softwarealgorithmen. Ein Screening ist auch zu den Zeitpunkten **19-24⁺⁶** und **30-37⁺⁶** SSW verfügbar, jedoch dann ohne effektive Prävention.

Das Screening ermöglicht eine Risikoberechnung. Wird ein cut off Wert überschritten, stellt dies die Indikation zur Prävention dar.

(s.a. [AWMF 015-018 S2k LL S2k LL-Leitlinie Hypertensive Schwangerschaftserkrankungen: Diagnostik und Therapie](#) und [AWMF 015-80 S2k LL Intrauterine Wachstumsrestriktion](#)).

Risikoalgorithmen

Hintergrundsrisiko

Das Hintergrundsrisiko der Präeklampsie bestimmt sich aus der geburtshilflichen Vorgeschichte und einer Serie von Risikofaktoren. Ein Z.n. Präeklampsie ist der höchste Risikofaktor, gefolgt von chronischem Hypertonus. Ein Prä-gestationsdiabetes oder Prä-gestations BMI >30 erhöhen das Risiko, ein Systemischer Lupus erythematoses oder ein Antiphospholipidsyndrom erhöhen es weiterhin. Auch eine Mehrlingsschwangerschaft hat ein hohes a priori Risiko.²²⁸

Tabelle 7.1 Risikofaktoren für die Entstehung einer Präeklampsie, gepooltes relatives Risiko und 95% Konfidenzintervall (95% CI) verglichen mit normalen Kontrollen < 16 SSW, modifiziert nach Bartsch et al., 2016.²²⁸

Risikofaktor	Relatives Risiko (RR)	95% CI
Z.n. PE	8,4	7,1 - 9,9
Chronische Hypertonie	5,1	4,0 - 6,5
Prägestationsdiabetes	3,7	3,1 - 4,3
Mehrlingsschwangerschaft	2,9	2,6 - 3,1
aPL	2,8	1,8 - 4,3
Prägestations-BMI >30	2,8	2,6 - 3,1
SLE	2,5	1,0 - 6,3
Z.n. Totgeburt (IUFT)	2,4	1,7 - 3,4
Prägestations-BMI >25	2,1	2,0 - 2,2
Nulliparität	2,1	1,9 - 2,4
Z.n. vorzeitiger Plazentalösung	2,0	1,4 - 2,7
Konzeption durch ART	1,8	1,6 - 2,1
Chronische Nierenerkrankung	1,8	1,5 - 2,1
Maternales Alter > 40	1,5	1,2 - 2,0
Z.n. FGR	1,4	0,6 - 3,0
Maternales Alter > 35	1,2	1,1 - 1,3

aPL Antiphospholipidantikörpersyndrom, ART assistierte reproduktive Technologien, BMI body-mass-index, IUFT intrauteriner Fruchttod, SLE systemischer Lupus erythematoses, PE Präeklampsie

Die Sensitivität der Hintergrundrisiken allein ist im ersten Trimenon nicht ausreichend für eine Therapieentscheidung mit Aspirin.

Ultraschall

Bestimmung, ob eine Einlings oder Zwillingschwangerschaft bzw. mono- oder dichoriale Zwillinge vorliegen. Es wird dann das Alter der Schwangerschaft nach der SSL datiert. Dieses soll zwischen 11-13⁺⁶ SSW liegen ([AWMF LL 015-087 S2e LL Überwachung und Betreuung von Zwillingschwangerschaften](#)).²²⁹

Es wurden auch Kombinationen aus A. uterina Doppler und Plazenta Volumen untersucht (LoE 1b).²³⁰

Doppler

Die transabdominale Dopplersonographie der Aa. uterinae mit Messung des PI ist Teil des Screenings für Präeklampsie. Sie wurde für PI, notching und eine Kombination daraus für low-risk und high-risk Schwangerschaften für Präeklampsie und FR untersucht.²³¹

Eine Serie weiterer Studien untersuchten verschiedene Modelle von A. uterina Doppler und Biochemie.^{232–236}

Tabelle 7.2 Detektionsraten für das Präeklampsie Screening in low-risk und high-risk Schwangerschaften @11-13⁺⁶ SSW.²³¹

Doppler Index	n=	Sensitivität (95% CI) %	Spezifität (95% CI) %	Pos Likelyhood Ratio (95% CI)	Neg Likelyhood Ratio (95% CI)
<i>Gesamte PE</i>					
PI	4966	25 (20–31)	25 (20–31)	5.4 (4.1–6.7)	0.78 (0.72–0.84)
Bilat. Notching	626	90 (73–98)	70 (66–74)	3.0 (2.4–3.3)	0.14 (0.05–0.36)
Uni/Bilat. Notching	869	93 (87–98)	46 (43–48)	1.7 (1.6–1.8)	0.16 (0.04–0.28)
<i>Schwere PE</i>					
PI	433	40 (12–74)	90 (87–93)	4.0 (1.6–7.3)	0.67 (0.35–0.93)

Die Sensitivität der Dopplersonographie allein ist im ersten Trimenon nicht ausreichend für eine Therapieentscheidung mit Aspirin.

7.1	Empfehlung Messregeln für die Aa. uterinae (FMF London)	2013
Empfehlungsgrad: B	11-13 ⁺⁶ SSW Sagittalschnitt des Uterus, Darstellung des Cervikalkanals und Os internum sanfte Parallelbewegungen Farbdoppler, um beide Aa. uterinae seitlich von Cx und Uterus auf der Höhe des Os Internum zu identifizieren Gepulster Doppler, sample gate 2mm um gesamtes Gefäß zu erfassen Insonationswinkel <30° Messung des PI nach Darstellung von 3 ähnlichen konsekutiven Wellenformen Berechnung des PI Mittelwertes der linken & rechten A. uterina	
Evidenzgrad: 1b	Khalil A, Nicolaides KH. How to record uterine artery Doppler in the first trimester. Ultrasound Obstet Gynecol. 2013;42:478-79. DOI: 10.1002/uog.12366 Tan MY, Syngelaki A, Poon LC, Rolnik DL, O’Gorman N, Delgado JL, Akolekar R, Konstantinidou L, Tsavdaridou M, Galeva S, Ajdacka U, Molina FS, Persico N, Jani JC, Plasencia W, Greco E, Papaioannou G, Wright A, Wright D, Nicolaides KH. Screening for pre-eclampsia by maternal factors and biomarkers at 11-13 weeks' gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2018 Aug;52(2):186-195. doi: 10.1002/uog.19112.	
	starker Konsens (12/12)	

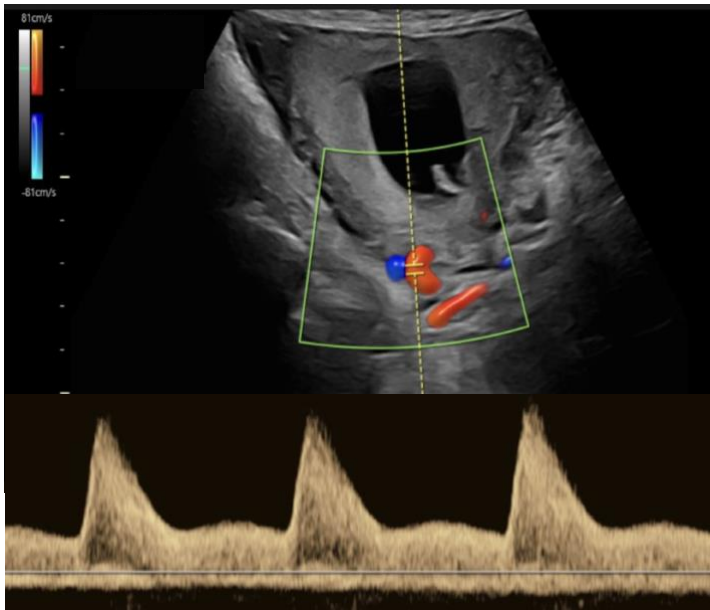


Abbildung 7.1 A. uterina Dopplerflussprofil.²³⁷

Biochemie

Für die Entwicklung des Ersttrimester-Risikoalgorithmus wurden eine Reihe von biochemischen Parametern getestet.

Für eine Serie von Parametern konnte eine hohe Assoziation mit dem Auftreten einer PE identifiziert werden. Sehr vielversprechend erschienen das P-Selectin, Pentraxin und VEGF, dies konnte jedoch nur in jeweils einer Studie gezeigt werden (LoE 1a).²³⁸

Von den Ersttrimester Biochemischen Markern zeigte das PAPP-A eine Risikoerhöhung, das b-hCG jedoch nicht. Prinzipiell waren die Ersttrimester-Marker b-hCG und PAPP-A niedrig, wenn das PE Risiko erhöht war, was auf eine kleine fehlangelegte Plazenta hindeutet.

Ähnlich prädiktiv wie das PAPP-A war ein niedriges PLGF (LoE 1a).²³⁸

Tabelle 7.3 Assoziation von Serumbiomarkern mit der PE, gepoolte Odds Ratio und 95%-Konfidenzintervalle (95% CI) für das Auftreten einer PE zu jeglichem Zeitpunkt in der Schwangerschaft - modifiziert nach, ORs in abnehmender Höhe.²³⁸

Serum-Parameter	Odds Ratio	95% CI
P-Selectin (1 Studie)	6,36	2,53 - 15,98
Pentraxin (1 Studie)	5,31	1,88 - 15,01
PP 13	4,42	2,86 - 6,84
Inhibin A	3,57	1,68 - 7,61
VEGF (1 Studie)	2,44	0,99 - 6,0
PAPP-A	2,05	1,62 - 2,59
PLGF	1,94	0,8 - 14,67
sFlt-1	1,30	1,02 - 1,65
Endoglin	1,23	0,79 - 1,94
β-hCG	1,09	0,86 - 1,39

Eine jüngere Metaanalyse hat keine Assoziation zwischen Einzelmarkern und dem späteren Auftreten einer PE aufzeigen können (LoE 2a).²³⁹

Das Vasopression war in allen drei Trimestern bei PE erhöht, ein cut-off für die Einführung als Screening Test steht jedoch noch aus (LoE 1a).²⁴⁰ Der Harnsäurespiegel war ebenfalls bei PE im

ersten Trimenon erhöht. Die Sensitivität für die Vorhersage eines ungünstigen Schwangerschaftsausgangs betrug 67.3% bis 82.7% für eine Spezifität von 47.7% bis 70.7% (LoE 1b).²⁴¹

Eine Metaanalyse untersuchte die Prädiktion des fbeta hCG, PAPP-A, PP13 und des PLGF. Das PLGF zeigte die höchste Prädiktion, +LR 6,05, -LR 0,48, Sensitivität 56%, Spezifität 91% (LoE 1a).²⁴²

Eine Metaanalyse des PLGF konnte jedoch eine hohe gesamte Prädiktion der PE zeigen: OR 9 (6-19). Für eine Subgruppe mit PLGF Werten zwischen 80-120pg/ml war die OR 25 (7-88), sogar noch deutlich höher. Die Sensitivität betrug 78 (95% CI, 67–86), die Spezifität 88 (95% CI, 75–95), die positive Likelihood Ratio von 6.3 (95% CI, 2.7–14.7), und die negative Likelihood Ratio 0.26 (95% CI, 0.16–0.42) (LoE 2a). Das PLGF ist somit ein prädiktiver einzelner biochemischer Parameter.²⁴³

Die von der Fetal Medicine Foundation accreditierten Analyseplattformen sind derzeit Delfia, Kryptor und Roche.

Biophysikalischen Untersuchungen.

Ein Z.n. PE bzw. chronischer Hypertonus²²⁸, sowie eine PE der Mutter der Schwangeren²⁴⁴ haben mit die höchste Prädiktion einer erneuten PE. Daher wurde aufgrund der **zentralen Bedeutung der Blutdruckmessung** zunächst detailliert die Methode beschrieben.²⁴⁵

Der Blutdruck kann durch automatisierte Messgeräte gemessen werden, die zu Beginn und in regelmäßigen Intervallen kalibriert werden sollten. Für die Messung sollen die Frauen sitzen, mit unterstützten Armen auf der Höhe des Herzens gelagert. Es können schmale (22cm), normale (22-32cm) oder große Manschetten, abhängig vom Durchmesser des Oberarms, verwendet werden.²⁴⁶ Nach 5 Minuten Ruhe wird der Blutdruck gleichzeitig an beiden Armen gemessen und serielle Messungen in 1 Minuten Intervallen solange durchgeführt, bis der Unterschied zwischen den Messungen beider Arme unter 10mmHg systolisch und unter 6mmHg diastolisch beträgt.²⁴⁷ Der mittlere arterielle Blutdruck (mean arterial pressure MAP) wird als der Durchschnitt der letzten beiden stabilen Messwerte für jeden Arm berechnet. Heute werden je zwei Messungen auf jeder Seite durchgeführt und in den Softwarealgorithmus der Fetal Medicine Foundation eingesetzt.

Die Pulswellenanalyse (PWA) fand eine Detektionsrate für alle Präeklampsien von 79% und für early-onset Präeklampsien von 88%, für eine Falsch Positiv Rate von 11%.²⁴⁸

Der erhöhte zentrale aortale systolische RR und die arterielle Steifigkeit, gemessen durch die Pulswellengeschwindigkeit (PWV) und den Augmentationsindex (Alx), fand eine Detektionsrate von 79% für alle Fälle von PE und 88% für die early-onset PE, für eine Falsch Positiv Rate von 11%.²⁴⁸ Eine Metaanalyse für die arterielle Steifigkeit zeigte, dass in der Präeklampsiegruppe der mittlere Alx-75(%) zunimmt.²⁴⁹

Software-Algorithmen

In jüngerer Zeit hat das Interesse an der Qualität von Risiko Prädiktionsmodellen stark zugenommen. Die PROGnosis RESearch Strategy (PROGRESS) Gruppe hat systematisiert, wie solche Modelle entwickelt und validiert werden sollen.²⁵⁰

In 2015 wurde 38 Modelle an 24 Studien getestet. Obligatorisch waren Anamnese, A. uterina Doppler und Biomarker (PAPP-A, PLGF, PP 13, Inhibin A, Endoglin). Nur drei Modelle waren validiert worden, nur zwei extern, die externe Validierung war ungeplant gewesen²⁵¹ (LoE 2a).

Im Jahre 2017 wurden 11 Studien mit 20 Algorithmen zur PE Prädiktion im ersten Trimenon extern validiert. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass Algorithmen in anderen Populationen schlechter performen, als in der Studienpopulation. Keiner der Algorithmen sei geeignet, zwischen high risk und low risk zu diskriminieren²⁵² (LoE 1a).

In 2020 wurden u.a. Algorithmen der Fetal Medicine Foundation validiert, die die meisten Algorithmen für das Präeklampsie Screening entwickelt hatte^{253–255}, die Validierung erbrachte sehr ähnliche Ergebnisse wie in den Studien zur Entwicklung der Algorithmen beschrieben.²⁵⁶ (LoE 3a)

Der Fetal Medicine Foundation Ersttrimester-Algorithmus für Präeklampsie wurde 2017 mit dem von NICE und ACOG verglichen. Screening durch den Algorithmus der Fetal Medicine Foundation basierend auf mütterlichen Faktoren, mittlerem Blutdruck (MAP), dem A. uterina PI (UtA-PI) und dem Serum Placenta Growth Factor (PIGF) entdeckte 100% (95% CI, 80-100%) der PE<32 SSW, 75% (95% CI, 62-85%) der PE<37 SSW und 43% (95% CI, 35-50%) der PE≥37 SSW, für eine **10%** Falsch Positiv Rate. Er war damit dem Algorithmus von NICE und ACOG deutlich überlegen.²⁵⁷ (LoE 1b)

7.2	Empfehlung
Empfehlungsgrad: A	Es <i>soll</i> jeder Schwangeren ein Screening für Präeklampsie @11-13⁺⁶ SSW angeboten werden. Das Screening für Präeklampsie @ 11-13 ⁺⁶ SSW <i>soll</i> durch den Algorithmus der Fetal Medicine Foundation durchgeführt werden. Der A. uterina Doppler <i>soll</i> nach Fetal Medicine Foundation UK Kriterien erfolgen.
Evidenzgrad: 1b	Akolekar R, Syngelaki A, Poon L, Wright D, Nicolaides KH. Competing Risks Model in Early Screening for Preeclampsia by Biophysical and Biochemical Markers. Fetal Diagn Ther 2013;33:8–15. DOI: 10.1159/000341264 O’Gorman N, Wright D, Syngelaki A, Akolekar R, Wright A, Poon LC, Nicolaides KH. Competing risks model in screening for preeclampsia by maternal factors and biomarkers at 11-13 weeks gestation. Am J Obstet Gynecol.2016 Jan;214(1):103.e1-103.e12. PMID: 26297382 DOI: 10.1016/j.ajog.2015.08.034 O’Gorman N, Wright D, Poon LC, Rolnik DL, Syngelaki A, Wright A, Akolekar R, Cicero S, Janga D, Jani J, Molina FS, Matallana C de Paco, Papantoniou N, Persico N, Plasencia W, Singh M, Nicolaides KH. Accuracy of competing-risks model in screening for pre-eclampsia by maternal factors and biomarkers at 11–13 weeks’ gestation. Ultrasound Obstet Gynecol 2017;49:751–755.DOI:10.1002/uog.17399 Scazzocchio E, Figueras F, Crispi F, Meler E, Masoller N, Mula R, Gratacos E. Performance of a first-trimester screening of preeclampsia in a routine care low-risk setting. Am J Obstet Gynecol 2013;208:203.e1-10 DOI: 10.1016/j.ajog.2012.12.016 Mosimann B, Amylidi-Mohr SK, Surbek D, Raio L. First trimester screening for preeclampsia – a systematic review. Hypertension in Pregnancy.2020 DOI:10.1080/10641955.2019.1682009 Khalil A, Nicolaides KH. How to record uterine artery Doppler in the first trimester. Ultrasound Obstet Gynecol 2013; 42: 478–479. DOI: 10.1002/uog.12366
	starker Konsens (12/12)

Zu dieser Empfehlung 7.2 hat die Gynecologie Suisse ein Sondervotum beantragt (s.a. Addendum Sondervotum SGUMGG, SGGG im Leitlinienreport).

7.2 Screening für FGR (keine Plazentainsuffizienz)

Doppler

Das isolierte Screening für FGR basierend auf dem A. uterina Doppler allein hat die höchste Sensitivität für uni- und/oder bilaterales notching.

Tabelle 7.4 Detektionsraten für das Screening für Fetale Intrauterine Wachstumsrestriktion in low-risk und und spezifizierten Schwangerschaften @11-13⁺⁶ SSW basierend auf dem A. uterina Doppler.²³¹ (LoE 1a)

Doppler Index	n=	Sensitivität (95% CI), %	Spezifität (95% CI), %	Pos Likelyhood Ratio (95% CI)	Neg Likelyhood Ratio (95% CI)
<i>Gesamte FGR</i>					
RI	1008	67 (35–90)	75 (72–78)	2.7 (1.6–3.5)	0.44 (0.18–0.81)
PI	3045	12 (8–16)	96 (95–96)	2.7 (1.9–3.8)	0.92 (0.88–0.96)
Bilat. Notching	1420	74 (55–93)	42 (0–84)	1.3 (0.6–2.0)	0.62 (0.25–0.98)
Uni/Bilat. Notching	866	85 (80–91)	47 (45–50)	1.6 (1.5–1.7)	0.30 (0.19–0.42)
<i>Schwere FGR</i>					
PI	999	24 (12–41)	95 (94–97)	5.3 (2.8–9.5)	0.79 (0.64–0.91)

Multifaktorielles Screening

Ein weiteres Konzept für das FGR Screening im ersten Trimenon besteht aus: combined Test, MAP, UA PI, PIGF, PP13 und ADAM 12. Diese Methode identifiziert 73% der preterm-SGA Fälle und 46% der SGA Fälle am Termin, für eine Falsch Positiv Rate von 10%.²⁵⁸ (LoE 1b)

7.3 Screening für Totgeburten

Ein Screening für intrauterinen Fruchttod @ 11-13⁺⁶ SSW ist insbesondere bei belasteter Vorgeschichte von Interesse.

Folgende Ultraschalluntersuchungen, Doppler und Biomarker wurden getestet:

- hCG (↑): Sensitivität 12%, Spezifität 9%, +LR 1,6, -LR 1,0
- PAPP-A (↓): Sensitivität 14%, Spezifität 95%, +LR 2,7, -LR 0,9
- E3 (↓): Sensitivität 15%, Spezifität 96%, +LR 4,0, -LR 0,9
- Inhibin (↑): Sensitivität 19%, Spezifität 97%, +LR 6,1, -LR 0,8
- UA PI (↑): Sensitivität 40%, Spezifität 90%, +LR 4,0, -LR 0,7
- NT (↑): Sensitivität 10%, Spezifität 95%, +LR 2,0, -LR 0,9
- ETS T21-Risiko >1:270: Sensitivität 10%, Spezifität 96%, +LR 2,8, -LR 0,9
- MA+NT+PAPP-A+DV Doppler: Sensitivität 35%, Spezifität 90%, +LR 3,5, -LR 0,7

Es war kein Test geeignet, die Totgeburt als Einzelercheinung zuverlässig vorherzusagen, bei Plazentainsuffizienz waren jedoch der PI der A.umbilicalis und das PAPP-A prädiktiv.²⁵⁹

Eine Studie an 45.454 Einlingsschwangerschaften @ 11-13⁺⁶ SSW verwendete das **mütterliche Hintergrundsrisiko** und **multiple des Medianwertes** für **PIGF**, den **Ductus Venosus PIV** und den **UtA-PI**, ohne PAPP-A. Ein Modell, welches diese Variablen kombinierte, konnte **42%** der Totgeburten, und **61%** derjenigen durch eine gestörte Plazentation vorhersagen, für eine **10%** Falsch Positiv Rate. In der Gruppe mit abnormaler Plazentation war die Detektionsrate für die Totgeburt <32 SSW höher als für diejenigen ≥37 SSW (71% vs 46%;P=0.031).²⁶⁰ (LoE 2a)

Eine weitere Studie an 76.897 Einlingsschwangerschaften @ 11-13⁺⁶ SSW berichtete 76.629 Lebendgeburten und 268 (0.35%) antepartuale Totgeburten. Es waren 157 (59%) Folge einer gestörten Plazentation, Plazentainsuffizienz und intrauterinen Wachstumsrestriktion und 111 (41%) Folge anderer oder unerklärter Gründe. Es wurden die mütterlichen Hintergrundsrisiken,

fetale Nackentransparenz, Ductus venosus Pulsatilitätsindex für Venen (DV-PIV), A. uterina Pulsatilitätsindex (UtA-PI) und das mütterliche freie β -humanes Chorion Gonadotropin und Schwangerschafts-assoziierte Plasma Protein-A (PAPP-A) erhoben. Die wichtigsten Prädiktoren für Totgeburt waren mütterliche Faktoren, PAPP-A, UtA-PI und DV-PIV. Ein Modell, welches diese Variablen kombinierte, konnte **40%** aller Totgeburten und **55%** derjenigen in der Folge einer gestörten Plazentation und Plazentainsuffizienz detektieren, für eine Falsch Positiv Rate von **10%**. In der Gruppe mit abnormaler Plazentation war die Detektionsrate für die Totgeburt <32 SSW höher als für diejenigen ≥ 37 SSW (64% vs 42%).²⁶¹ (LoE 2a)

7.4 Prävention von Präeklampsie und Wachstumsrestriktion

In einer prospektiv randomisierten doppel-verblindeten Studie @ 11-13⁺⁶ SSW wurden 26.941 Frauen mit dem Algorithmus der FMF gescreent. In die ASS Gruppe wurden 798 und in die Placebogruppe 822 Frauen randomisiert.

Eine **Preterm Präeklampsie** <37 SSW trat bei 13/798 Teilnehmern (**1.6%**) der **ASS Gruppe** und 35/822 (**4.3%**) in der **Placebogruppe** auf (Odds Ratio in der Aspirin Gruppe **0.38**; 95% CI, 0.20 bis 0.74; P = 0.004). Eine Preterm Präeklampsie <34 SSW war in der **ASS Gruppe** 3/798 (**0.4%**) und in der **Placebogruppe** 15/822 (**1.85%**) (Odds Ratio **0.18**; 95% CI, 0.03-1.03).

Eine **fetale Wachstumsrestriktion** trat bei 7/785 Teilnehmern (**0.9%**) in der **ASS Gruppe** und in 14/807 (**1.7%**) in der **Placebogruppe** auf (OR **0.53**, 95% CI 0.16–1.77).²⁶² (LoE 1b)

In Hoch-Risiko Kollektiven (cut off $>1:100$ mit dem Risikoalgorithmus der Fetal Medicine Foundation @ 11-13⁺⁶ SSW) kann das Aspirin 150mg <16 SSW bis 36⁺⁰ SSW täglich abends das Risiko des späteren Auftretens einer Präeklampsie auf **38%** <37 SSW und **18%** <34 SSW verringern, das Risiko einer Wachstumsrestriktion sinkt auf **53%**.

7.3	Empfehlung
Empfehlungsgrad: A	Schwangere mit einem Präeklampsie Risiko von $>1:100$ durch den Algorithmus der Fetal Medicine Foundation @11-13 ⁺⁶ SSW <i>sollen</i> ab sofort mit Aspirin 150mg jeden Abend bis 36 ⁺⁰ SSW therapiert werden.
Evidenzgrad: 1b	Rolnik DL, Wright D, Poon LC, O'Gorman N, Syngelaki A, de Paco Matallana C, Akolekar R, Cicero S, Janga D, Singh M, Molina FS, Persico N, Jani JC, Plasencia W, Papaioannou G, Tenenbaum-Gavish K, Meiri H, Gizurason S, Maclagan K, Nicolaides KH. Aspirin versus Placebo in Pregnancies at High Risk for Preterm Preeclampsia. N Engl J Med. 2017 Aug 17;377(7):613-622. doi: 10.1056/NEJMoa1704559. Epub 2017 Jun 28.
	starker Konsens (12/12)

Zu dieser Empfehlung 7.3 hat die Gynecologie Suisse ein Sondervotum beantragt (s.a. Addendum Sondervotum SGUMGG, SGGG im Leitlinienreport).

Dieses erfolgreiche Konzept der primären Prävention ist eines der Hauptargumente für ein Ersttrimester-Screening @ 11-13⁺⁶ SSW.

Ein jüngerer systematischer Review bestehend aus 3 RCTs untersuchte die Wirkung von vaginalem mikronisiertem Progesteron ab dem ersten Trimenon auf hypertensive Schwangerschaftskomplikationen und auf die Präeklampsie. Vaginales Progesteron ab dem ersten Trimenon senkte das Risiko für hypertensive Schwangerschaftserkrankungen (Risk Ratio [RR] 0.71, 95% CI 0.53–0.93, 2 RCTs, n = 4431 Frauen, $I^2 = 0\%$; moderate Evidenz) und

Präeklampsie (RR 0.61, 95% CI 0.41–0.92, 3 RCTs, n = 5267 Frauen, $I^2 = 0\%$; moderate Evidenz), verglichen mit Placebo.²⁶³

Die Subgruppenanalyse zeigte einen Vorteil von 400mg Progesteron zweimal täglich (RR 0.74, 95% CI 0.55–0.99, 1 RCT n = 4153 Frauen), während die einmalige tägliche Gabe zu keiner Reduktion hypertensiver Schwangerschaftserkrankungen führte (RR 0.53, 95% CI 0.24–1.15, 1 RCT, 14 n = 278 Frauen).²⁶³

Wurde das vaginale Progesteron im zweiten oder dritten Trimenon begonnen, führte es zu keiner Reduktion der hypertensiven Schwangerschaftserkrankungen oder Präeklampsie.²⁶³

8 Screening für Frühgeburt @ 11-13⁺⁶ SSW

Frühgeburt (<37⁺⁰ SSW) ist ein schwerwiegender Risikofaktor für die kindliche Morbidität und Mortalität und die häufigste Ursache einer geistigen Entwicklungsverzögerung. Insbesondere frühgeborene Kinder <28⁺⁰ SSW haben eine hohe perinatale Mortalität und die überlebenden Kinder eine hohe perinatale und Langzeitmorbidity.

Die Frühgeburtenrate liegt in Deutschland (2020) bei 8%²⁶⁴, in Österreich (2020) bei 7.2%²⁶⁵ und in der Schweiz (2021) bei 6.3%.²⁶⁶

Dieses Kapitel stellt die Frage, ob ein Screening für Frühgeburt im ersten Trimenon möglich ist und ob es eine Intervention gibt die das spätere Risiko einer Frühgeburt senkt.

Es wurde eine PICO Frage zum Screening für Frühgeburt und eine weitere zur Prävention der Frühgeburt gestellt (PICO Fragen 6.1 und 6.2).

S.a. [AWMF 015-025 S2k LL S2k-Leitlinie Prävention und Therapie der Frühgeburt.](#)

8.1 Screening

Hierzu wurde nach systematisch nach **prädiktiven Parametern** im **Ultraschall** und in der **Biochemie** gesucht. Es wurden die Outcome Parameter Fehlgeburt und Frühgeburt sowie neonatales Outcome gesucht.

Es fanden sich fünf systematische Reviews^{242,267-270} sowie eine Serie von Kohortenstudien mit z.T. hohem LoE.

Der wichtigste Parameter im Ultraschall ist die Cervixlänge²⁷¹⁻²⁷⁷, die wichtigsten biochemischen Parameter entstammen der Ersttrimester-Serumbiochemie.^{273,274,278-281} Weitere Ansätze betreffen den BMI²⁸² die mütterliche Hämodynamik²⁸³ sowie das Scheidenmilieu.²⁸⁴

Anschließend wurde systematisch nach **konservativen** und **chirurgischen Interventionen** gesucht, die bereits im ersten Trimenon präventiv oder therapeutisch durchführbar sind. Es wurde nach dem Outcome Parameter Schwangerschaftsalter bei Geburt sowie dem neonatalen Outcome gesucht.

Es fanden sich vier systematische Reviews und Meta Analysen²⁸⁵⁻²⁸⁸, 10 RCTs²⁸⁹⁻²⁹⁸ sowie eine Kohortenstudie.

Ultraschall

Cervix-Länge

Die Assoziation zwischen der Zervixlänge im ersten Trimenon und Frühgeburt wurde in prospektiven Kohortenstudien untersucht, zeigte jedoch einen niedrigen prädiktiven Wert. Zudem war die Vergleichbarkeit der Studien durch unterschiedliche Endpunkte eingeschränkt (Frühgeburt <37, <35 oder <34 SSW).^{271,272,275-277,299} Wurde ein cut off von 25mm im ersten Trimenon verwendet, lag die Sensitivität zwischen 14% und 50%.^{277,299}

Greco untersuchte die Cx Länge durch vaginalen US von 9974 Schwangerschaften im ersten Trimenon in Kombination mit mütterlichen Faktoren. Die Häufigkeit der Frühgeburt <34 SSW war 104/9974 (1%) und 34-36 SSW 213/9974 (2.1%). Sie fand eine Detektionsrate von 54.8% (95% CI 44.7-64.6) für eine falsch-positiv Rate von 10%, für eine Cx Länge <28mm.²⁷⁵

Wulff untersuchte die Cx Länge zwischen 11-13⁺⁶ (n=3477), 19-21 und 23-24 SSW (n=3232 zu allen drei Zeitpunkten). Eine kurze Cx bei 19-24 SSW war je wahrscheinlicher, desto kürzer die Cx im ersten Trimenon gewesen war: 9-fach höheres Risiko im zweiten Trimenon mit einer Cx <25mm vs 35mm im ersten (17% vs 2%). Sie konnte eine kurze Cx im zweiten Trimenon in 50% (FPR 10%) durch Messung im ersten vorhersagen. Dennoch hätten 1500 Schwangere eine Cx Messung bei 19-21 SSW benötigt, um einen Fall von Frühgeburt <34 SSW zu verhindern.²⁷⁷

Cervix-Elastographie

Chen zeigte an 339 Schwangeren, davon 24 mit vorausgegangener Cx Insuffizienz, eine signifikant weichere vordere Muttermundslippe (0.15%), eine signifikante Verkürzung der Cx (<35.5mm) sowie einen weiteren Cervixkanal (>5.75mm) in der Frühgeburtsgruppe. Die Sensitivität und Spezifität der Elastographie der vorderen Muttermundslippe war höher (OR 53.8) als die der Cervixlänge und -Weite.³⁰⁰

Feng untersuchte an 2316 Schwangerschaften von 11-13⁺⁶ SSW zwei Methoden der Cx Längenmessung (eine Messung Cx-Länge-s, zwei Messungen über die Kurvatur Cx-Länge-t) sowie die Scherwellen-Elastographie der vorderen Muttermundslippe. Die höchste Prädiktion der Frühgeburt <34 SSW ergab sich aus der Kombination aus Cx-Länge-t und einer vorangegangenen Frühgeburt. In dieser Subgruppe erhöhte ein mittlerer Elastographie Score MoM <10. Perzentile das Frühgeburtsrisiko <34 SSW um 7.8 (RR 7.8, 95% CI 2.1-28.6), die Detektionsrate betrug 44.4% für eine FPR von 9% (LoE 2b).³⁰¹

8.1	Statement
Empfehlungsgrad: B	Die Detektionsrate der Frühgeburt durch die vaginale Ultraschallmessung der Cervix @11-13 ⁺⁶ SSW ist 54.5% (FPR 10%) für einen cut off von 28mm. Die Elastographie der vorderen Muttermundslippe hat eine höhere OR (53.8) als die Cervixlänge und -weite.
Evidenzgrad: 1b	Greco E, Gupta R, Syngelaki A, Poon LCY, Nicolaides KH. First-Trimester Screening for Spontaneous Preterm Delivery with Maternal Characteristics and Cervical Length Fetal Diag Ther 2012 DOI: 10.1159/000335686 Chen C-Y, Chen C-P, Sun F-J. Assessment of the cervix in pregnant women with a history of cervical insufficiency during the first trimester using elastography AOGS 2020;99:1497–1503. DOI: 10.1111/aogs.13942
	starker Konsens (11/11)

Zu diesem Statement 8.1 hat die Gynecologie Suisse ein Sondervotum beantragt (s.a. Addendum Sondervotum SGUMGG, SGGG im Leitlinienreport).

Biochemischen Marker

Pregnancy Associated Plasma Protein-A (PAPP-A)

Die systematische Literaturrecherche hat drei systematische Reviews und Meta-Analysen ergeben, welche auf Beobachtungsstudien basieren.^{242,269,270} Das PAPP-A allein besitzt eine schwache Prädiktion für Frühgeburt.

freies beta-HCG (f-βhCG)

Die systematische Literaturrecherche hat zwei systematische Reviews / Meta-Analysen ergeben.^{242,269} Niedrige freie β-HCG-Spiegel (<0.5 MoM) sind mit einem Frühgeburtsrisiko assoziiert. Das freie β-HCG allein besitzt eine schwache Prädiktion für Frühgeburt.

Placental Growth Factor (PLGF)

Eine systematischer Review hat eine geringe Prädiktion für den Placental Growth Faktor und Frühgeburt gezeigt.²⁴²

Placenta Protein 13 (PP13)

Eine Meta-Analyse von zwei Kohortenstudien fand eine schwache Prädiktion von PP13 und Frühgeburt. Die Sensitivität für die Geburt <37⁺⁰ SSW ist 51%, die Spezifität 88%.²⁴² Das PP13 ist in seiner Screeningperformance nicht besser als das PAPP-A.²⁷⁴

Vitamin D

Ein systematischer Review basierend auf neun Beobachtungsstudien mit mehr als 250.000 Schwangeren fand keine Assoziation von Vitamin D Mangel und Frühgeburt.²⁶⁷

8.2	Statement
Empfehlungsgrad: A	Das PAPP-A, f-bhCG, PLGF und PP13 @11-13 ⁺⁶ SSW besitzen jeweils eine geringe Prädiktion für Frühgeburt, für das PP13 ist die Sensitivität 51% und die Spezifität 88% (Frühgeburt <37 SSW). Vitamin D Mangel @11-13 ⁺⁶ SSW erhöht nicht das Risiko für Frühgeburt.
Evidenzgrad 1a	Gagnon A, Wilson RD, Audibert F, Allen VM, Blight C, Brock J-A, Désilets VA, Gagnon A, Johnson J-A, Langlois S, Summers A, Wilson RD, Wyatt P. Obstetrical Complications Associated With Abnormal Maternal Serum Markers Analytes JOGC 2008 DOI: 10.1016/s1701-2163(16)32973-5 Stout MJ, Goetzinger KR, Tuuli MG, Cahill AG, Macones GA, Odibo AO. First trimester serum analytes, maternal characteristics and ultrasound markers to predict pregnancies at risk for preterm birth Placenta 2013 DOI: 10.1016/j.placenta.2012.10.013 Zhong Y, Zhu F, Ding Y. Serum screening in first trimester to predict pre-eclampsia, small for gestational age and preterm delivery: systematic review and meta-analysis. BMC Pregnancy Child 2015 DOI: 10.1186/s12884-015-0608-y Morris RK, Bilagi A, Devani P, Kilby M. Association of serum PAPP-A levels in first trimester with small for gestational age and adverse pregnancy outcomes: systematic review and meta-analysis Prenat Diagn 2017 DOI: 10.1002/pd.5001 Lian RH, Qi P-A, Yuan T, Yan P-J, Qiu W-W, Wei Y, Hu Y-G, Yang K-H, Yi B. Systematic review and meta-analysis of vitamin D deficiency in different pregnancy on preterm birth Medicine 2021 DOI: 10.1097/md.00000000000026303
	starker Konsens (11/11)

Maternale und sonographische Parameter

Die Kombination von Einzelparametern kann die Sensitivität und Spezifität des Screenings für Frühgeburt erhöhen.

Parra-Cordero fand für die Cx Länge in Kombination mit dem Aa. uterina PI bds eine Sensitivität von 26% für eine falsch positiv Rate von 8%.²⁷⁶

Sananes erreichte durch ein Modell basierend auf mütterlichem Alter, BMI, Rauchen und Geburtenanamnese eine Sensitivität von 23.3 % für eine falsch positiv Rate von 10%, für eine Frühgeburtenrate von 1188/31834 (3.7%) <37 SSW.²⁸¹

Jelliffe-Pawlowski fand, dass ein PAPP-A MoM <5. Perzentile und erhöhtes Inhibin-A und AFP ein erhöhtes Risiko für Frühgeburt < 30 SSW aufweist (RR 24.4), während der Combined Test allein nicht mit Frühgeburt assoziiert war.³⁰²

Mütterliche Hämodynamik

Khalil untersuchte die mütterliche Hämodynamik Schwangerer mit Frühgeburt. Sie fand dass solche mit iatrogener Frühgeburt (Präeklampsie), jedoch nicht solche mit spontaner Frühgeburt, einen erhöhten aortalen systolischen RR (SBPAo) und arterielle Steifheit besitzen, wie durch die Pulswellen Geschwindigkeit (PWV) sowie den Augmentations Index (AIx) festgestellt werden kann.²⁸³

Bakterielle Vaginose

Donders untersuchte 759 Schwangere im ersten Trimenon, solche mit normaler Vaginalflora hatten ein 75% niedrigeres Risiko für eine Frühgeburt <35 SSW [(OR) 0.26, 95% confidence interval (CI) 0.12–0.56]. Frühgeburten >24⁺⁶ SSW waren häufiger, wenn Mycoplasma hominis vorlag [Frühgeburt (OR) 13.3; 95% (CI) 3.2-55)].²⁸⁴

8.2 Ersttrimester Prävention und Therapie von Frühgeburten @11-13⁺⁶ SSW

Die systematische Literaturrecherche identifizierte 4 systematische Reviews/Meta-Analysen, 10 RCT und eine Beobachtungsstudie.

Progesteron (vaginal, i.m., oral)

Systematische Reviews

Saccone fand in einem systematischen Review von 10 RCTs an 1586 Fällen eine Reduktion rezidivierender Fehlgeburten (RR 0,72; CI 0,53-0,97) und geringe Erhöhung der Lebendgeburten (RR 1,07; CI 1,02-1,15) durch Progesteron. Keine der Substanzen / Applikationsformen hatte einen Vorteil (LoE 1a).²⁸⁸

Wahabi untersuchte in einem Cochrane Review 7 RCTs mit 696 Fällen. Die orale, nicht jedoch vaginale, Gestagenbehandlung reduzierte das Fehlgeburtsrisiko (RR 0,46; CI 0,47-0,87), Gestagene hatten keinen Effekt auf das Frühgeburtsrisiko (RR 0,86; CI 0,52-1,44) (LoE 1a).²⁸⁶

Haas fand in einem Cochrane Review mit 12 RCTs an 1856 Fällen eine geringe Reduktion der Fehlgeburten von 27.5% auf 20.1% (RR 0.73) durch Progesteron (LoE 1a).²⁸⁵

Devall fand in einem Cochrane systematischen Review von 7 RCTs mit 5682 Schwangeren zur Effektivität des Progesterons für die Prävention von Aborten (<24SSW), dass Progesteron wahrscheinlich wenig oder keinen Effekt auf die Lebendgeburtenrate von Frauen mit drohender oder rekurrerender Fehlgeburt besitzt. Vaginales micronisiertes Progesteron kann die Lebendgeburten bei einer Vorgeschichte von Fehlgeburten und Blutung in der Frühschwangerschaft erhöhen (LoE 1a).²⁸⁷

RCTs

Alimohamadi untersuchte 160 Schwangere mit drohender Fehlgeburt bei 12-14 SSW. Es wurde 2x200mg Progesteron vaginal für 1 Woche verabreicht, kein signifikanter Effekt für die Früh- (16,9 vs. 19,7%) und Fehlgeburtenraten (16,9 vs 14,0%)(LoE 1b).²⁸⁹

Kumar untersuchte 522 Schwangere und verabreichte 2x10mg Dehydrogesteron oral bis 20 SSW. Es kam zu einer signifikanten Abnahme der Fehlgeburten (RR 0,41) und höheres Gestationsalter bei Geburt (LoE 1b).²⁹⁵ Die Studie wurde zurückgezogen.

Coomarasamy erhöhte an 836 Schwangeren die Dosis auf 2x400mg Progesteron vaginal von 6 bis 12 Wochen, fand jedoch keine Zunahme der Lebendgeburten nach 24 SSW (RR 1,04; CI 0,94-1,15) (LoE 1b).²⁹² Wurde bei Blutung vor 12 SSW bis 16 SSW 2x400mg Progesteron 4153 Schwangeren verabreicht, zeigte sich keine Erhöhung des SS Alters nach 12 SSW oder der Lebendgeburten ab 34 SSW(LoE 1b).²⁹³

Chan gab 406 Schwangeren 40mg Dehydrogesteron oral gefolgt von 10mg oral 3xtäglich vs Placebo, es zeigte sich keine Verringerung der Fehlgeburten vor 20 SSW (12,8 vs. 14,3%; RR 0,90) (LoE 1b).²⁹¹

Im weiteren wurden eine Serie von RCTs bei drohender Frühgeburt im ersten Trimenon analysiert (LoE2b).

El-Zibdeh & Yousef: n=146, 2x10mg Dehydrogesteron oral für 1 Woche nach Sistieren der Blutung, signifikante Reduktion der Fehlgeburten (17,5 vs. 25,0%)(LoE 2b).²⁹⁴ Palagiano: n=50, 90mg Progesteron vaginal über 5 Tage, abnehmende Wehenfrequenz und Schmerzen (LoE 2b).²⁹⁶ Siew: n=141, entweder orales Progesteron (Utrogestan) 2x200mg oder Duphaston 10mg zweimal täglich, für zwei Wochen, kein Unterschied der Fehlgeburten vor 16 SSW oder der Blutungsintensität (LoE 2b).²⁹⁷ Yassaee: n=60, 400mg Progesteron SPP vaginal bis Sistieren der Blutung, verringerte Fehlgeburtenrate (nicht signifikant) (LoE 2b).²⁹⁸

8.1	Empfehlung
Empfehlungsgrad: A	Schwangeren nach Frühgeburt, Blutung oder verkürzter Cx kann im ersten Trimenon orales oder vaginal micronisiertes Progesteron angeboten werden.
Evidenzgrad: 1A	Saccone G, Schoen C, Franasiak JM, Scott RT, Berghella V. Supplementation with progestogens in the first trimester of pregnancy to prevent miscarriage in women with unexplained recurrent miscarriage: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials Fertil Steril .2017 Feb;107(2):430-438.e3. doi: 10.1016/j.fertnstert.2016.10.031.Epub 2016 Nov 22.
	starker Konsens (11/11)

Aspirin

Blomquist gab 400 Schwangeren mit mindestens drei Fehlgeburten in Folge 75mg Aspirin im ersten Trimenon. Lebendgeburten waren jeweils 83.0% (n = 166) und 85.5% (n = 171) in der ASS und Placebogruppe (P = 0.58) (LoE 1b).²⁹⁰

Cerclage

Groom führte an 39 Schwangeren mit drohender Fehlgeburt eine elektive Cerclage im 1. Trimenon durch, 14 der 39 Kontrollen erhielten im Verlauf ebenfalls eine Cerclage bei progredienter Cx Verkürzung <15mm. Es zeigte sich kein Unterschied für das Schwangerschaftsalter bei Geburt <24, 24-32 und 32-37 SSW. Überleben war 83% in der elektiven Cerclage Gruppe und 87% für die Kontrollen. Die Autoren dieser Kohortenstudie kamen zu dem Schluss, dass serieller US diejenigen Schwangerschaften identifizieren kann, die einen Benefit von einer Cerclage haben.³⁰³

Früher totaler Muttermundverschluss (fTMMV)

Die systematische Literaturrecherche identifizierte keine Studien aus dem ersten Trimenon für den frühen totalen Muttermundverschluss (cervical closure operation).

Pessar

Die systematische Literaturrecherche identifizierte keine Studien aus dem ersten Trimenon für das (Arabin)-Cervix-Pessar.

8.3 Ersttrimester-Screening für Spätgeburt @ 11-13⁺⁶ SSW

Ersttrimester Ultraschall verringert substantiell die Häufigkeit unnötig in der Übertragung durchgeführter Einleitungen (RR 0.59, 95% CI 0.42 to 0.83).³⁰⁴ Dies unterstreicht die zentrale Bedeutung der Datierung der Schwangerschaft durch die Scheitel-Steiss-Länge @ 11-13⁺⁶ SSW.

9 Screening für Abnormal Invasive Placenta (AIP) & Placenta Accreta Spectrum (PAS) @ 11-13⁶ SSW

9.1 Narbenschwangerschaft und Plazenta-Anomalien

Die pränatale Diagnose einer abnormal invasiven Plazenta, Plazenta percreta oder einer Sektionarbschwangerschaft hat gravierende Folgen für das Management der Schwangerschaft und der Geburt. Sie ermöglicht es, Vorkehrungen zu treffen, um möglichen Komplikationen zu begegnen.

Es wurde eine PICO Frage zu abnormally invasive placenta (AIP) und Placenta accreta Spectrum (PAS) und eine weitere zu Vasa praevia und Insertio velamentosa gestellt (PICO Fragen 4.3, 4.4).

Zu AIP und PAS wurden eine Meta-Analyse (LoE 2a), kein RCT und 29 Kohortenstudien identifiziert. Zu Vasa praevia und Insertio velamentosa wurden 2 systematische Reviews (LoE 3a), keine RCT und 6 Beobachtungsstudien gefunden.

9.2 Die abnormal invasive Plazenta (AIP) und das Plazenta accreta Spektrum (PAS)

D'Antonio³⁰⁵ untersuchte, ob im ersten Trimenon der Schwangerschaft im Ultraschall Zeichen festgestellt werden können, die eine abnormal invasive Plazenta nahelegen. Er schloss sieben Studien mit 551 Schwangerschaften ein. Es wurden in 91.4% (95% CI 85.8-95.7) der Fälle, die sich im follow up als AIP bestätigten, mindestens eines der Zeichen einer AIP identifiziert. Das häufigste Zeichen im ersten Trimenon, in 82.4% (95% CI 46.6-99.8), war eine **tief (kaudal) liegende Implantation des Gestationssackes** in der Nähe der alten Sektionarbe.

Hypoechogene Lacunen innerhalb der Plazenta wurden in 46.0% (95% CI 10.9-83.7) und eine **verringerte Myometriumsdicke** in 66.8% (95% CI 45.2-85.2) der Fälle von AIP entdeckt.

Schwangerschaften mit einer tief (kaudal) liegenden implantation des Gestationssackes hatten anschließend ein signifikant höheres Risiko, eine AIP zu entwickeln (OR: 19.6, 95% CI 6.7-57.3). Die **Sensitivität** und **Spezifität** war jeweils **44.4%** (95% CI 21.5-69.2) und **93.4%** (95% CI 90.5-95.7) (LoE 2a).

Bhatia³⁰⁶ fanden an 502 Schwangerschaften ein PAS nach Sectio mit einer **Sensitivität** von 100% und **Spezifität** von 95%, der **PPV** betrug 17, der **NPV** 100%, die **LR+** 21,33 (LoE 1b).

Panaiotova³⁰⁷ untersuchte 22 604 Einlingsschwangerschaften zwischen 11-13⁶ SSW. Frauen mit tiefem Plazentasitz oder Voroperationen am Uterus, 1298 (6%), wurden zu den Zeitpunkten 12-16, 20-24 und 28-34 SSW nachuntersucht. Zu jedem Zeitpunkt wurde im Ultraschall nach folgenden Hinweiszeichen einer AIP gesucht: **Sectionarbe nicht darstellbar, Unterbrechung der Blasenwand, dünnes retroplazentare Myometrium, intraplazentare Lakunen**, Vorhandensein von **retroplazentarem arteriellem throphoblastischem Blutfluss, irreguläre Plazentagefäße** (dreidimensionaler power-Doppler). Zum Zeitpunkt 11-13⁶ SSW wurde in 14 Fällen wurde die Diagnose AIP pränatal gestellt, in 13 Fällen konnten sie bei Geburt bestätigt werden. In der übrigen Population wurden keine Fälle von AIP gefunden (LoE 1b).

9.1	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Bei Indikation für ein Screening für AIP / PAS zwischen 11-13 ⁺⁶ SSW sollte auf folgende Parameter geachtet werden: • Sectionarbe nicht darstellbar • Unterbrechung der Blasenwand • dünnes retroplazentare Myometrium • intraplazentare Lakunen • retroplazentarer arterieller throphoblastischer Blutfluss • irreguläre Plazentagefäße	
Evidenzgrad 1b	D'Antonio F, Timor-Tritsch IE, Palacios-Jaraquemada J, Monteagudo A, Buca D, Forlani F, Minneci G, Foti F, Manzoli L, Liberati M, Acharya G, Cali G. First-trimester detection of abnormally invasive placenta in high-risk women: systematic review and meta-analysis. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2018 Feb;51(2):176-183. doi: 10.1002/uog.18840. Panaiotova J, Tokunaka M, Krajewska K, Zosmer N, Nicolaidis KH. Screening for morbidly adherent placenta in early pregnancy. <i>Ultrasound Obstet Gynecol.</i> 2019 Jan;53(1):101-106. doi: 10.1002/uog.20104.	
	starker Konsens (11/11)	

10 Screening für Insertio velamentosa & Vasa praevia @ 11-13⁺⁶ SSW

10.1 Insertio velamentosa und Vasa praevia

Ruiter untersuchte 442.633 Schwangerschaften mit 138 Fällen von Vasa praevia³⁰⁸ sowie 569.410 Schwangerschaften mit 325 Fällen.³⁰⁹ Somit ist die Häufigkeit 0.6/1000. Keine der von ihm eingeschlossenen Kohortenstudien war aus dem ersten Trimenon (LoE 3a).

Drei Kohortenstudien untersuchten den Nabelschnuransatz im ersten Trimenon. Derisbourg³¹⁰ beobachtete eine tiefe Nabelschnurinsertion in 192/1620 (11.9%) Schwangerschaften, was das Risiko für eine Insertio Velamentosa erhöhte (OR 6,67; CI 2,67-16,63), jedoch ohne Konsequenzen auf das neonatale Outcome blieb (LoE 1b).

Hasegawa³¹¹ fand an 340 Schwangerschaften, dass eine Nabelschnurinsertion im untersten Dritten des Uterus gehäuft mit Auffälligkeiten der Plazenta und Nabelschnur assoziiert war (Insertio velamentosa, akzessorische Plazenten) (LoE 1b). Hasegawa³¹² fand außerdem bei 139/1280 (10.6%) Schwangerschaften im ersten Trimenon einen tiefen Nabelschnuransatz als Hinweis für Vasa praevia. Die Häufigkeit der Plazenta praevia war 4.7% vs 1.3% (RR 3.5, 95% CI 1.3–9.1), die Insertio velamentosa 7.2% bei tiefem Sitz und 0.9% der Kontrollen (RR 8.1, 95% CI 3.4–19.6). Es wurden drei Fälle von (2.2%) von Vasa praevia beobachtet, jedoch keine in der Kontrollgruppe (P = 0.001) (LoE 1b).

Bei tiefer Insertion der Nabelschnur im ersten Trimenon ist ein Screening auf Vasa praevia im ersten und frühen zweiten Trimenon und follow up im zweiten Trimenon sinnvoll.

10.1	Empfehlung	
Empfehlungsgrad A	Bei tiefer Insertion der Nabelschnur im ersten Trimenon <i>sollte</i> im ersten und frühen zweiten Trimenon ein Screening mit vaginalen Ultraschall und Farbdoppler für Vasa Praevia erfolgen.	
Evidenzgrad 1b	Derisbourg S, Boulay A, Lamy C, Barlow P, Van Rysselberge M, Thomas D, Rozenberg S, Daelemans C. First trimester ultrasound prediction of velamentous cord insertions: a prospective study. J Matern Fetal Neonatal Med. 2021 Aug;34(16):2642-2648. doi: 10.1080/14767058.2019.1670797. Hasegawa J, Matsuoka R, Ichizuka K, Sekizawa A, Okai T. Velamentous cord insertion: significance of prenatal detection to predict perinatal complications. Taiwan J Obstet Gynecol. 2006 Mar;45(1):21-5. doi: 10.1016/S1028-4559(09)60185-6. PMID: 17272203 Hasegawa J, Nakamura M, Sekizawa A, Matsuoka R, Ichizuka K, Okai T. Prediction of risk for vasa previa at 9-13 weeks' gestation. J Obstet Gynaecol Res. 2011 Oct;37(10):1346-51. doi: 10.1111/j.1447-0756.2011.01525.x. PMID: 21564407	
	starker Konsens (11/11)	

11 Screening für Diabetes mellitus und LGA @ 11-13⁺⁶ SSW

11.1 Ersttrimester-Screening für abnormalen Glukosemetabolismus

Im Juni 2025 wurde ein Amendment des Kapitels 11 von der AWMF angenommen. Dies war notwendig geworden, da Evidenz publiziert worden war, welche einen Paradigmenwechsel des Screenings und der Prävention von 24-28 auf 11-13⁺⁶ SSW gefordert hatte.

Die AWMF 085-002 S2e LL [‘Ersttrimester Diagnostik und Therapie @11-13⁺⁶ Schwangerschafts-wochen’](#) sowie die Die AWMF 057-008 S3 LL [‘Gestationsdiabetes mellitus \(GDM\), Diagnostik, Therapie und Nachsorge’](#) Leitlinien Gruppen haben unabhängig Empfehlungen zum GMD Screening im ersten Trimenon verabschiedet und sie anschließend für beide LL harmonisiert. Sie verweisen zudem gegenseitig in ihrer LL auf die jeweils andere LL.

Der Gestationsdiabetes mellitus (GDM) ist eine heterogene Erkrankung die durchschnittlich in 14% und bis zu 40% der Schwangeren auftritt.³¹³ Er ist daher die häufigste Schwangerschaftskomplikation.

Insulinresistenz und eine verringerte Insulinsekretion sind die wesentlichen zum GDM führenden Mechanismen.³¹³

Während einige Frauen in der Schwangerschaft GDM entwickeln, haben andere bereits zu Beginn der Schwangerschaft eine milde Hyperglykämie - entsprechend einem ‘early GDM’.^{314,315}

Eine Schwangerschaft ist mit ausgeprägten Veränderungen des Metabolismus assoziiert welche ein Wachstum des Kindes ermöglichen. Nach einem initial anabolischen Stadium führt ein physiologisch sinnvoller Anstieg der Insulinresistenz zu einer vermehrten Verfügbarkeit von metabolischen Substraten für den Feten.³¹⁶

Eine bei adipösen Schwangeren häufige prä-existente Insulinresistenz erhöht das Risiko für einen GDM und ein ungünstiges outcome für das Kind.³¹⁷

Das Insulin regt anabole Prozesse in Muskulatur, Leber und Fettgewebe an und hemmt katabole Prozesse wie den Glykogen und Fettabbau. Insulin steigert die Biosynthese von Glykogen, Fettsäuren und Proteinen und reguliert auch die Glykolyse.³¹⁸ Eine wichtige Insulinwirkung ist die Förderung der Aufnahme von Glucose, einigen anderen Zuckern und Aminosäuren in Muskel- und Fettzellen.³¹⁹

Viele Insulineffekte sind denen des Adrenalins und Glucagons entgegengesetzt. Adrenalin und Glucagon signalisieren Glucosemangel, während Insulin signalisiert, daß Glucose im Überschuß vorhanden ist.³¹⁹

Die **Rationale** für eine **frühe Therapie des GDM** basiert auf den bereits [frühzeitig](#) auftretenden [metabolischen Veränderungen](#) sowie einer [Verringerung](#) der [Gewichtszunahme](#) in der Schwangerschaft, einem [exzessiven fetalen Wachstum](#), einem [Atemnotsyndrom](#) und der Dauer eines [neonatologischen Intensivaufenthaltes](#) sowie einer Zunahme des [Stillens](#).

In einer prospektiven Kohortenstudie (einer Sekundäranalyse des **UK Pregnancies Better Eating and Activity Trial (UPBEAT)**), wurden 1555 adipöse Schwangere mit einem BMI von ≥ 30 randomisiert. Die mit GDM assoziierten Metabolite wurden zwischen 15⁺⁰ und 18⁺⁶ SSW und bei 27⁺⁵ SSW zum Zeitpunkt des oGTT nach unterschiedlichen lifestyle Interventionen untersucht (verhaltensorientierte Intervention auf der Grundlage der Schwangerenvorsorge oder alleinige Schwangerenvorsorge). Frauen, die später in der Schwangerschaft einen GDM entwickelten, wiesen bereits zwischen 15 und 18⁺⁶ SSW einen abnormalen Metabolismus auf (Lipoproteine (VLDL, LDL, HDL), Fettsäuren, Glukosehomöostase, Aminosäuren und Ketonkörper, Transaminasen, Adipokine und Entzündungsparameter). GDM ist daher bereits in einem sehr frühen Stadium mit komplexen metabolischen Veränderungen assoziiert (LoE 1b).³²⁰

Die **DALI**-Studie, eine lifestyle Interventionsstudie, untersuchte physical activity (**PA**) und healthy eating (**HE**) im Vergleich zur usual care (**UC**), und Vitamin D. Die GDM Prävalenz war im frühen, mittleren und späten Schwangerschaftslater insgesamt 39% und mit **25%** häufig in der

Frühschwangerschaft (prävalenter GDM, Schwangere, welche bereits in der ersten Untersuchung einen GDM aufwiesen). Bei 24-28 und 35-37 SSW wurden jeweils weitere 14% und 13% entsprechend einer de novo Diagnose eines GDM in der Schwangerschaft gefunden. Lifestyle Interventionen konnten das GDM Risiko nicht verringern, konnten jedoch den **Gewichtszuwachs in der Schwangerschaft** in der **PA & HE** Gruppe vs der UC Gruppe begrenzen (-2.02, 95% CI -3.58 to -0.46 kg). Zudem nahm die **neonatale Adipositas** ab (large for gestational age babies (**LGA**) **25%** vs **16%** $p < 0.05$) (LoE 1b).³²¹ Das Vitamin D allein hatte keinen Effekt auf die outcomes bei GDM (LoE 1b).³²²

Von den Neugeborenen, die einem GDM ausgesetzt waren, haben solche **<34 SSW** ein höheres Risiko für **RDS** als Ursache ihrer gestörten Atmung, diejenigen zwischen **34-38 SSW** weisen häufig ein **RDS** sowie eine **transiente Tachypnoe** auf und bei solchen nach **>39 SSW** dominieren die klassischen Zeichen der **transienten Tachypnoe**. Die Neugeborenen entwickeln nur verzögert eine stabile funktionelle Residualkapazität und normale Compliance der Lunge, was zu Tachypnoe, Stöhnen und Hypoxämie führt (LoE 2b).³²³

Die RCTs zur Behandlung des GDM **>24 SSW** zeigten eine geringe Inzidenz des ARDS, sowohl in der Behandlungs- als auch in der Kontrollgruppe, und keinen Effekt der GDM Therapie (LoE 2a, 2b).³²⁴⁻³²⁶

Die **Treatment of Booking Gestational Diabetes Mellitus (TOBOGM)** Studie, die die Diagnose und Therapie des GDM **<20 SSW** mit einer späteren Therapie verglich, fand eine Abnahme des RDS (absolute **Risiko Reduktion** von **7%**) was auf einen größeren Benefit für die Lungenentwicklung hindeutet, wenn der GDM früh behandelt wird, vorzugsweise unter 14 SSW (LoE 2a).³²⁷

Eine Sekundäranalyse des **TOBOGM** Trials konnte zusätzlich eine Risikoreduktion für **RDS** zeigen. In der Studien waren 99/793 (12.5%) Kinder mit RDS, die Incidence **halbierte** sich (**0.50**, 0.31-0.79) **wenn die GDM Therapie früh begann** (LoE 2b).³²⁸

Eine jüngere Metaanalyse von RCTs³²⁹ zum Ersttrimester GDM Screening und frühen Intervention an 4.427 Schwangerschaften (Bhattacharya et al., 2024) schließt sieben RCTs zu early vs late Intervention ein.^{327,330-335} Vinter et al. 2018, verwendete ausschließlich lifestyle intervention als Therapie, was eine suboptimale Behandlung bedeutet.³³³ Wurde diese Studie ausgeschlossen, **halbierte** sich die Häufigkeit der **Makrosomie** in der frühen Interventionsstudie signifikant verglichen mit der Kontrolle [OR **0.55**; 95% CI: 0.34-0.91; $P = 0.02$; $I^2 = 0\%$ (low heterogeneity)], (LoE 1).³²⁹

Eine Kohortenstudie an Schwangeren ($n=40.206$) mit **Adipositas** ($n=9.156$) stellte die Diagnose eines **GDM** in 2,672 (6.6%) und von **Adipositas & GDM** in 976 (2.43%) (Hillier et al., 2022). Für diese Subgruppe reduzierten die frühe Intervention **LGA** auf die **Hälfte** (aOR **0.52** [95% CI: 0.39, 0.70] und Sectio auf 0.78 [95% CI: 0.65, 0.94]), (LoE 2).³³⁶

Dies stellt die Rationale dafür dar bereits zum Zeitpunkt **11-13⁺⁶ SSW** auf einen abnormalen Glukosemetabolismus zu Screenen und eine Prävention oder Therapie zu beginnen wenn das Risiko hoch ist um spätere Komplikationen zu senken.^{320-323,326-328,337-341} Diese Vorgehen ist zudem kosteneffektiv (LoE 2a).

Es wurde eine PICO Frage für das Screening auf GDM gestellt. Eine weitere PICO Frage wurde zur nicht-diabetisch assoziierten Makrosomie gestellt (PICO Fragen 5.1 und 5.2).

Im Folgenden wird ein Überblick über die verfügbare Evidenz gegeben, Handlungsempfehlungen wurden formuliert und Forschungsfragen gestellt.

11.2 Screening für GDM / iGDM @ 11-13⁶ SSW

Die AWMF 057-008 S3 Leitlinie Gestationsdiabetes mellitus (GDM), Diagnostik, Therapie und Nachsorge (2018) verwendet im ersten Trimenon das HbA1c und den Nüchternblutzucker für das GDM Screening.³⁴² Diese Version erhielt in den Jahre 2024 und 2025 ein update.

Die systematische Literaturecherche hat einen RCT ergeben, der verschiedene Screeningtests im ersten Trimenon verglichen hat: Nüchternglukose, 2-Schritt 50g Glukosebelastungstest und 75g Glukosetoleranztest (oGTT). Die Diagnose GDM wurde zwischen 24 und 28 SSW durch einen zweistufigen 50g oGTT gestellt. Der 75g oGTT identifizierte einen GDM im ersten Trimenon in **11.3%**, Sensitivität **87.1%**, Spezifität **100%**, PPV **100%**, NPV **98.1%** und war damit allen anderen Methoden überlegen (LoE 2a).³⁴³

Eine Lancet Trilogie vom Juni 2024 hat einen fundamentalen Paradigmenwechsel hin zum ersten Trimenon gefordert (LoE 1).^{315,339,344}

Die bisherige Philosophie nahm an dass ein erhöhter Glukosespiegel in der Schwangerschaft erst ab 24-28 SSW relevant ist (LoE 1a).^{313,338}

Das neue Paradigma beschreibt GDM as heterogene Erkrankung, die **vor der Schwangerschaft** beginnt, häufig im **ersten Trimenon** diagnostiziert wird, einem Zeitpunkt zu dem eine gezielte Therapie einen Benefit aufweist, und dass die Folgen des GDM **lebenslang** nachverfolgt werden sollen (LoE 1a).³⁴⁵

In der Gruppe der Frauen mit GDM haben etwa 30-70% frühen GDM. Für diese Schwangeren ist das fetale outcome schlechter, wenn die Diagnose erst zwischen 24-28 SSW gestellt wird (LoE 1a).³⁴⁵

Die frühe Diagnose und Therapie insbesondere vor 14⁺⁰ SSW zeigt einen Benefit. Die Bedeutung präventiver Strategien für den späten GDM ist am höchsten wenn im ersten Trimenon begonnen (LoE 1a).³⁴⁵

Es gibt zwei Ansätze für das Screening für GDM: die **two-step** Strategie, welche zunächst einen Screening Test einsetzt, um zu bestimmen, wer einen diagnostischen oGTT erhält und die **one-step** Strategie, bei der der oGTT ohne vorausgehendes Risikoassessment bei allen Schwangeren oder solchen mit **einem** oder **mehreren Risikofaktoren** durchgeführt wird (Loe 1a).³⁴⁵

Die folgenden Risikofaktoren (mit Odds Ratios aus Metaanalysen) werden von Sweeting et al., 2024 vorgeschlagen, sollte eine one-step Strategie gewählt werden. Der höchste Risikofaktor ist eine **Vorgeschichte von GDM** (8.4-21.1), der zweithöchste **Adipositas** (5.6) (LoE 1a).³⁴⁴

Die Lancet Trilogie schließt drei Studien zur Evidenz des frühen Screenings ein: Hung-Yuan Li et al 2014, 2022^{346,347}, Harper et al, 2020³⁴⁸ und Wilkie 2023³⁴⁹. Sie sind jedoch keine Therapiestudien, weshalb sie einen begrenzten prädiktiven Wert besitzen.

Eine weitere Studie untersuchte Schwellenwerte für Nüchternglukose und HbA1c im ersten Trimenon <16 SSW bezüglich eines 75g oGTT zwischen 24-28 SSW im zweiten Trimenon. Die GDM Prävalenz des oGTT bei 24-28 SSW war im UK 14.5%.³⁵⁰

Das frühe HbA1c war unabhängig mit der Inzidenz des GDM zwischen 24-28 SSW assoziiert. Die adjustierte Risk Ratio war im UK **4.72** (3.82-5.82).³⁵⁰

Die Risk-Score Modelle, die **venöse** oder **point-of-care HbA1c** mit **Alter**, **BMI** und **Familienanamnese** für Diabetes kombinierten, konnten ein Test positives Ergebnis für GDM am besten voraussagen.³⁵⁰

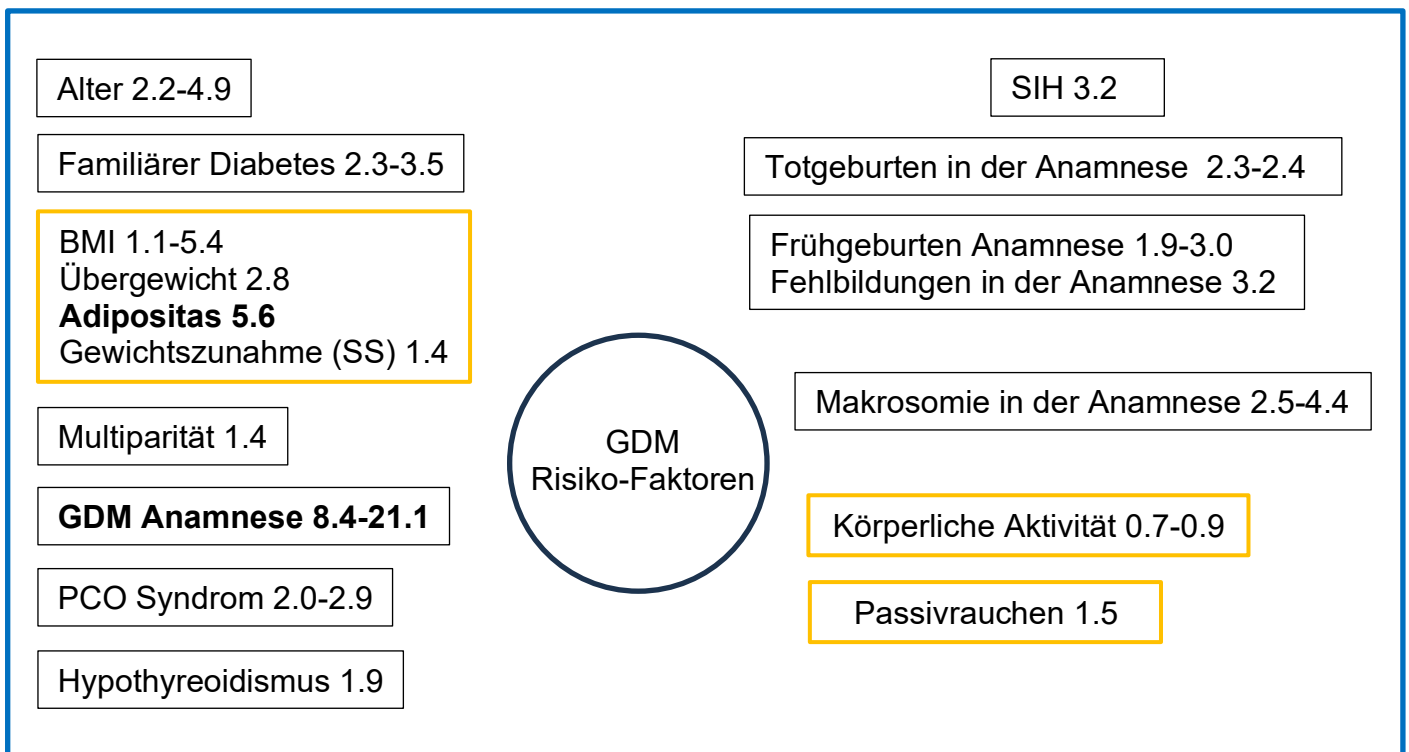


Abbildung 11.1 Risikofaktoren für GDM (mit Odds Ratios aus Metaanalysen).³⁴⁴

Gelbe Boxen: modifizierbare Risikofaktoren,
alle anderen Boxen: nicht-modifizierbare Risikofaktoren

*Die Risikofaktoren sind in nahezu allen Ländern etwa gleich hoch. In einigen Fällen sind sie leicht unterschiedlich, wahrscheinlich eher aufgrund einer Mess-Heterogenität als aufgrund echter Unterschiede.*³⁴⁴

Eine Populations-spezifische Screening Strategie mit zwei Schwellenwerten, um GDM **ein** (rule in) oder **auszuschließen** (rule out), konnte die Notwendigkeit eines oGTTs um 50-64% verringern, wenn eine frühes zusammengesetztes Risk-Score Modell verwendet wurde. Für das **HbA1c** allein waren die Schwellenwerte im UK **5.6%** (rule in) und **5.2%** (rule out).³⁵⁰ (LoE 2a)

Für das HbA1c zur Prädiktion eines GDM allein verwendete Kattini in einem systematischen Review einen cut off von **HbA1c >5.7%**.³⁵¹ (LoE 2a)

Für die Nüchtern glukose allein verwendete Benhalima einen cut off von **>95mg/dl** (>5.27mmol/l).³⁵² (LoE 5)

Pre-Screening für GDM: Risikofaktoren (Abbildung 11.1), HbA1c, Nüchtern glukose.

11.1	Empfehlung	Amendment, neu 2025
Empfehlungsgrad: A	Ein Screening für GDM soll zwischen 11-13⁺⁶ SSW durchgeführt werden (Saravanan 2024, Hivert 2024, Sweeting 2024, Simmons 2023, Bhattacharya 2024). Es sollen bei jeder Schwangeren zwischen 11-13⁺⁶ SSW <u>Risikofaktoren</u> für GDM abgeklärt werden (Abbildung 11.1) (Sweeting et al., 2024). Ein 75g oGTT soll für <u>alle Schwangeren mit Risikofaktoren</u> durchgeführt werden. (Sweeting et al., 2024, Yeral et al., 2013, Benhalima et al., 2024). Wird der 75g oGTT abgelehnt / ist nicht durchführbar, sollen <u>Risikofaktoren</u> und <u>HbA1c >5.7%</u> / <u>Nüchtern glukose >95mg/dl (>5.27mmol/l)</u> bestimmt werden. (Sweeting et al, 2024, Kattini et al., 2020, Benhalima et al., 2024)	
Evidenzgrad 1a	Saravanan P, Deepa M, Ahmed Z, Ram U, Surapaneni T, Kallur SD, Desari P, Suresh S, Anjana RM, Hannah W, Shivashri C, Hemavathy S, Sukumar N, Kosgei WK, Christoffersen-Deb A, Kibet V, Hector JN, Anusu G, Stallard N, Ghebremichael-Weldeselassie Y, Waugh N, Pastakia SD, Mohan V. Early pregnancy HbA1c as the first screening test for gestational diabetes: results from three prospective cohorts. Lancet Diabetes Endocrinol. 2024 Aug;12(8):535-544. doi: 10.1016/S2213-8587(24)00151-7. Epub 2024 Jun 24. PMID: 38936371. (LoE 1b) Hivert MF, Backman H, Benhalima K, Catalano P, Desoye G, Immanuel J, McKinlay CJD, Meek CL, Nolan CJ, Ram U, Sweeting A, Simmons D, Jawerbaum A. Pathophysiology from preconception, during pregnancy, and beyond. Lancet. 2024 Jul 13;404(10448):158-174. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00827-4. Epub 2024 Jun 20. PMID: 38909619. (LoE 5) Sweeting A, Hannah W, Backman H, Catalano P, Feghali M, Herman WH, Hivert MF, Immanuel J, Meek C, Oppermann ML, Nolan CJ, Ram U, Schmidt MI, Simmons D, Chivese T, Benhalima K. Epidemiology and management of gestational diabetes. Lancet. 2024 Jul 13;404(10448):175-192. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00825-0. Epub 2024 Jun 20. PMID: 38909620. (LoE 1a) Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Mohan V, Enticott J, Cheung NW. On behalf of the TOBOGM Research Group. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. New Engl J Med. 2023; 388:2132-2144 (LoE 1b) Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Kamrul-Hasan ABM. Treatment Versus Observation in Early Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Endocrinol Metab. 2024 Dec 17:dgae878. doi: 10.1210/clinem/dgae878. Epub ahead of print. PMID: 39689014. (LoE 1a) Yeral MI, Ozgu-Erdinc AS, Uygur D, Doga Seckin K, Fatih Karsli M, Nuri Danisman A. Prediction of gestational diabetes mellitus in the first trimester, comparison of fasting plasma glucose, two-step and one-step methods: a prospective randomized controlled trial. Endocrine. 2013. DOI 10.1007/s12020-013-0111-z (LoE 1b) Kattini R, Hummelen R, Kelly L. Early Gestational Diabetes Mellitus Screening With Glycated Hemoglobin: A Systematic Review. J Obstet Gynaecol Can. 2020 Nov;42(11):1379-1384. doi: 10.1016/j.jogc.2019.12.015. Epub 2020 Apr 6. PMID: 32268994. (LoE 2a) Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Van Rijsselberghe M, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. Acta Clin Belg. 2024 Jun;79(3):217-224. doi: 10.1080/17843286.2024.2384258. Epub 2024 Jul 27. PMID: 39068500. (LoE 5)	
	starker Konsens (10/10)	

Zu dieser Empfehlung 11.1 hat die Gynecologie Suisse (SGGG) und SGUM (SGUMGG) ein Sondervotum beantragt. Für die Schweiz gelten hinsichtlich des Screenings auf Gestationsdiabetes im ersten Trimenon die Empfehlungen des Expertenbriefs No 81 'Screening und Management der Gestationsdiabetes'.

Definitionen & Kriterien

Der **Gestationaldiabetes mellitus (GDM)** ist eine erstmalig in der Schwangerschaft diagnostizierte Hyperglykämie. Er kann in eine frühe (**11-13⁺⁶** SSW) und späte (**24-28** SSW) Form unterteilt werden.

- Hivert et al., 2024: **offensichtlicher Diabetes / Typ 2 Diabetes**: glykosyliertes Hämoglobin **≥6.5%**, Nüchtern glukose **≥7.0 mmol/l** (126mg%) und/oder 2h **≥11.1 mmol/l** (200mg%) bei einem 75g oGTT ³¹⁵
- Yeral et al., 2013. RCT **GDM @ 11-13⁺⁶** SSW, 75g oGTT, nüchtern für 8-14 h, GDM wenn einer oder mehrere abnormale Glukosewerte (ADA und IADPSG Kriterien): Nüchtern glukose **≥5.1mmol/l** (92%), 1h **≥10.0mmol/l** (180mg%), 2h **≥8.5 mmol/L** (153mg%) ^{343,353,354}
- IADPSG Metzger et al., 2010: **GDM 24-28** SSW: Nüchtern glukose **≥5.1 mmol/l** (92mg%) und/oder 1h **≥10.0 mmol/l** (180mg%) und/oder 2h **≥8.5 mmol/l** (153mg%) ³⁵⁴
- TOBOGM 2018 criteria (=WHO 2014), **GDM zu jedem Zeitpunkt in der SS**, one-step 2h 75g OGTT, Nüchtern glukose **≥5.1mmol/l** (92%), 1h **≥10.0mmol/l** (180mg%), 2h **≥8.5 mmol/L** (153mg%) ^{355,356}
- *neu*: Flemish Consensus Benhalima et al., 2024: höhere cut offs für das erste Trimenon
 - **GDM 11-13⁺⁶** SSW, Nüchtern glukose **≥5.3 mmol/l** (≥95mg%), 1h **≥10.6 mmol/l** (≥191mg%) und/oder 2h **≥9.0 mmol/l** (≥162mg%) ³⁵⁷
 - **GDM 24-28** SSW (IADPSG 2010 unverändert), Nüchtern glukose **≥5.1 mmol/l** (92mg%) und/oder 1h **≥10.0 mmol/l** (180mg%) und/oder 2h **≥8.5 mmol/l** (153mg%) ³⁵⁴

Alle Angaben in mmol/L wurden auch in mg% umgerechnet und umgekehrt.

www.diabsite.de/diabetes/labor/umrechnung.html?mg=92&mmol=&berechne=ausrechnen

mg% in mmol: mg/dl x 0,0555 = mmol/l,

mmol in mg%: mmol/l x 18.02= mg/dl.

Begründung für höhere cut off Werte im ersten vs im Zweiten Trimenon:

Die **WHO 2014 Kriterien** ^{355,356} wiesen im ersten Trimenon eine höhere Rate an wachstumsretardierten Feten auf und waren weniger prädiktiv.

In der **Treatment Of Booking Of Gestational Diabetes Mellitus (TOBOGM) Pilotstudie** wurden in der Behandlungsgruppe 36% vs 0% (p=0,043) wegen **FGR** auf die Neugeborenen-Intensivstation aufgenommen. In der unbehandelten Gruppe hatten 0% vs 33 % (p=0,030) **LGA** (LoE 1b). ³⁵⁸ Es waren also in der frühen Behandlungsgruppe einige **FGRs** und in der Kontrollgruppe einige **LGA**s aufgetreten.

Eine Subgruppenanalyse des **TOBOGM** Trials hat zudem gezeigt, dass eine Intervention dann auf das composite adverse neonatal outcome höhere Auswirkungen hat, wenn zuvor eine **Population mit höheren Werten** im oGTT sowie einem oGTT unterhalb von 14⁺⁰ SSW gewählt wurde. Wurde bei 24-28 SSW der oGTT wiederholt, war er positiv bei **78%** der Frauen mit im ersten Trimenon erhöhten Werten und in nur **51.4%** bei solchen mit niedrigeren Werten (LoE 1b). ³²⁷

Die **Flämischen** Kriterien (Benhalima et al., 2024) definieren besser eine Population mit höheren Glukosewerten im ersten Trimenon und können daher besser FGR vermeiden und LGA verringern und haben eine höhere Prädiktion dafür, dass auch bei 24-28 SSW der oGTT positiv ist. Daher wurde für die Empfehlung 11.1 diese etwas höheren cut offs herangezogen.³⁵⁷ (LoE 5) Ein Glukosemonitoring sowie Wachstumskontrollen sollen in regelmäßigen Intervallen durchgeführt werden, was ermöglicht, eine Unter- und Übertherapie zu steuern (Makrosomie, Wachstumsrestriktion).

Die Literatursuche hat zusätzlich weitere 6 systematische Reviews und Metaanalysen identifiziert.^{359–364} Es wurden zudem weitere 8 Kohorten- bzw. Beobachtungsstudien aufgenommen (LOE 1b).

Allgemeine Faktoren wie das mütterliche **Alter**, die **ethnische Herkunft**, ein **vorausgegangener GDM**, der Ersttrimester **BMI** und **systolische Blutdruck** (SBP) sind alle signifikant mit einem GDM assoziiert. Das **Alter**, der **BMI** und **SBP** sind zudem mit dem oralen Glukose Toleranztest assoziiert (LoE 1b).^{365,366} Auch das **freie beta hCG** und **PAPP-A** wurde bei verringerten Spiegeln mit der Diagnose GDM assoziiert (LoE 3a, 3a).^{361,364}

Ein **Random Plasma Glucose (RPG)** Spiegel im ersten Trimenon zeigt eine bessere Prädiktion, als der BMI und das mütterliche Alter allein (LoE 1b).³⁶⁷ Das **HbA1c** und **SHBG** sind schwache Prädiktoren eines GDM im zweiten oder dritten Trimenons (LoE 1b).³⁶⁸

Adiponectin war im ersten Trimenon bei Schwangeren reduziert, die später GDM entwickelten, während Leptin **Spiegel** erhöht waren (LOE 2a).³⁵⁹

Ein hoher **Triglyceride–Glucose (T/Gly) Index** ist ebenfalls mit einem späteren Gestationsdiabetes (GDM) assoziiert, insbesondere bei Asiatinnen (LoE 3a).³⁶³ Die **Fettsäure Bindungsprotein-4** (FABP4) Konzentrationen im ersten Trimenon sind mit GDM assoziiert (LoE 1b).³⁶⁹

Haptokine (ausgewählte Hepatokine einschließlich FGF 21, Fetuin-A, Afamin, Adropin, Ficolin-3, Selenoprotein P, ANGPTL4 und AGF) wurden für eine Risikoerhöhung für GDM untersucht, zeigten jedoch eine geringe Prädiktion (LoE 3a).³⁶⁰

Ein hoher Wert für Serum **Harnstoff-Stickstoff**, Blood Urea Nitrogen (BUN) >3.5 vs <2.5 mmol/l ist signifikant mit einem erhöhten GDM Risiko assoziiert (LoE 1b).³⁷⁰ Eine hohe Insulinresistenz ist mit höheren Spiegeln von **TNFα** im ersten und zweiten Trimenon assoziiert. Im zweiten Trimenon, zum Zeitpunkt des oGTT, spiegeln TNFα Werte die Insulin Resistenz wieder (LoE 1b).³⁷¹

Ein hoher Prozentsatz (15-70%) der Schwangeren mit GDM können je nach setting und Screening Strategie bereits im ersten Trimenon identifiziert werden. Allerdings wiesen viele Schwangere mit GDM im ersten Trimenon keine Hyperglykämie in dem Zeitraum 24 bis 28 SSW auf (LoE 2a).³⁶² Andere Validierungsstudien zeigen jedoch eine akzeptable Diskrimination und Calibration, wenn die Parameter **Alter**, **BMI**, persönliche oder Familien **GDM Anamnese**, **Makrosomie Anamnese** und **Ethnische Herkunft** eingeschlossen wurden (LoE 1b).³⁷²

Die Studie von Nanda³⁷³ hat ein Modell entwickelt, basierend auf maternalen Charakteristika und biochemischen Parametern zwischen 11-13⁺⁶ SSW, einen GDM vorherzusagen. Mütterliche Faktoren waren **Alter**, **BMI**, **ethnischer Ursprung** und Vorgeschichte eines **GDM** oder **makrosomen Neonaten**. Es wurden die maternalen Serumkonzentrationen des **Adiponectin**, **Follistatin-like-3 (FSTL3)** und **Sex Hormone Binding Globulin (SHBG)** gemessen. Die Detektionsrate für GDM im ersten Trimenon war **61.6%** für eine falsch positiv Rate von **20%**, wurde Adiponectin und SHBG hinzugefügt, stieg die DR auf **74.1%** (LoE 4).³⁷³

Die Evidenz der vorliegenden diagnostischen Kriterien für early onset GDM ist bisher gering. Das relative Risiko (RR) für die perinatale Mortalität (3.58), neonatale Hypoglykämie (1.61) und den Insulinbedarf (1.71) war für die Gruppe der Frauen mit early onset GDM, verglichen mit den late onset GDM Frauen, trotz Therapie, erhöht (LoE 2a).³⁶²

Es wurde in Konsens eine weitere vor kurzem erschienene Arbeit aufgenommen, die Lipide untersucht hat: in den drei Trimestern der Schwangerschaft waren [Glycerophospholipide](#) downreguliert, während [Ceramide](#), [Sphingomyeline](#), [Cholesterylester](#), [Diacylglycerole](#) (DGs) und [Triacylglycerole](#) (TGs) sowie [Glucosylceramide](#) upreguliert waren. TGs und DGs zeigten eine gute Prädiktion des GDM im ersten und zweiten Trimester, AUC jeweils 0.88 und 0.94, unabhängig vom ethnischen Ursprung und BMI.³⁷⁴

Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass die in utero Exposition der Feten von adipösen Müttern mit [Metformin](#), verglichen mit Placebo, mit einem verringerten zentralen Blutdruck und Augmentationsindices und niedrigeren kardialen diastolischen Indices im Alter von vier Jahren assoziiert ist und das Metformin keine negativen Einflüsse auf die Körperzusammensetzung und das metabolische Profil hat.³⁷⁵

Es ist möglich, dass vergleichbare Ergebnisse auch für Schwangerschaften mit GDM erreicht werden können.

11.3 Screening für Prädiabetes und Typ 1 Diabetes mellitus @ 11-13⁺⁶ SSW

Ein **Prädiabetes** soll im ersten Trimenon einer weiterführenden Diagnostik zugeführt und eine Therapie begonnen werden (Empfehlung 11.2, Abbildung 11.2).³⁷⁶

Ein **Typ 1 Diabetes mellitus** ist in der Regel bereits vor Beginn der Schwangerschaft bekannt. Hier wird auf die AWMF 057-023 S2e Leitlinie '[Gestationsdiabetes mellitus \(GDM\), Diagnostik, Therapie und Nachsorge](#)'³⁷⁷ (LoE 5) verweisen. Die Therapie eines Typ 1 Diabetes mellitus soll LL gerecht erfolgen.³⁷⁷

11.2	Empfehlung	Amendment neu 2025
Empfehlungsgrad EK EK A	Bei einem HbA1c von 5,7- <6,5% (40-48 mmol/mol Hb) besteht außerhalb der Schwangerschaft die Diagnose eines Prädiabetes . (American Diabetes Association 2019) Zwischen 11-13 ⁺⁶ SSW sollte zur Verifizierung eines Gestationsdiabetes ein 75g-oGTT angeschlossen werden. (nüchtern-BZ: 95mg/dl (5.3mmol/l), 1h: 191 mg/dl (10.6 mmol/l), 2h: 162mg/dl (9.0mmol/l)). (Benhalima et al., 2024) Wird einer dieser Grenzwerte überschritten, soll eine Beratung über Blutzuckerselbstkontrollen, Ernährungsberatung und Anleitung zu körperlicher Aktivität und ggfs. Insulintherapie erfolgen. (Simmons et al., 2023, Bhattacharya et al., 2024)	
Evidenzgrad 5 5 1	American Diabetes Association. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2019. Diabetes Care. 2019 Jan;42(Suppl 1):S13-S28. doi: 10.2337/dc19-S002. PMID: 30559228. (LoE 5) Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Van Rijsselberghe M, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. Acta Clin Belg. 2024 Jun;79(3):217-224. doi: 10.1080/17843286.2024.2384258. Epub 2024 Jul 27. PMID: 39068500. (LoE 5) Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Enticott J, Cheung NW; TOBOGM Research Group. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. N Engl J Med. 2023 Jun 8;388(23):2132-2144. doi: 10.1056/NEJMoa2214956. Epub 2023 May 5. PMID: 37144983. (LoE 1b) Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Kamrul-Hasan ABM. Treatment Versus Observation in Early Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Endocrinol Metab. 2024 Dec 17:dgae878. doi: 10.1210/clinem/dgae878. Epub ahead of print. PMID: 39689014. (LoE 1a) starker Konsens (10/10)	

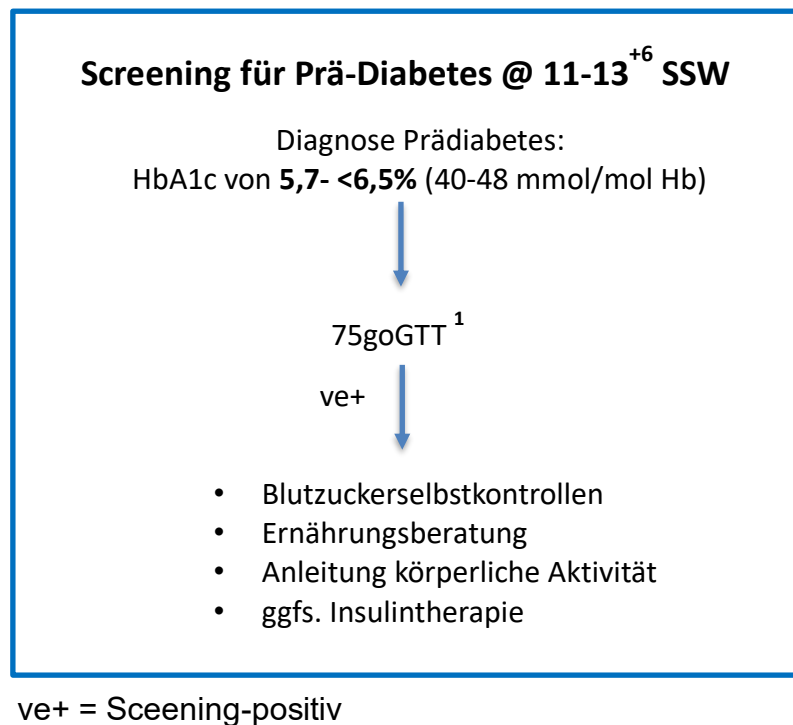


Abbildung 11.2 Screening für Prä-Diabetes @ 11-13⁺⁶ SSW

¹ 75goGTT nücht.: **95** mg/dl (5.3mmol/l), 1h: **191** mg/dl (10.6 mmol/l), 2h: **162**mg/dl (9.0mmol/l)³⁵²

11.4 Frühe Intervention des GDM <20 SSW

Eine jüngst erschienene prospektiv randomisierte Studie untersuchte die Bedeutung der Behandlung des Gestationsdiabetes <20 SSW.³²⁷ (LoE 1b)

Ein oGTT wurde bei einem mittleren SS Alter von 15.6±2.5 Wochen durchgeführt und zwischen 24 und 28 SSW wiederholt.³²⁷

Das Management schloss eine **Schulung**, eine **Diätberatung** und Instruktionen, wie **kapilläre Blutglukosespiegel** gemonitort werden sollen, ein.³²⁷

Die behandelte Gruppe zeigte ein **Geburtsgewicht** von 2.86kg vs 2.91kg in der Kontrollgruppe. Die Häufigkeit einer LGA nach frühzeitige Behandlung betrug 63/375 (16.8%) vs für die Kontrollen 72/368 (19.6%). Das relative Risiko für ein LGA Neugeborenes betrug RR 0.77 (0.51-1.17). Ein **ungünstiger Schwangerschaftsausgang** konnte durch die Behandlung von 30.5 auf 24.9% gesenkt werden.³²⁷

Es wurden zur frühen Therapie des GDM sieben RCTs in die Lancet Trilogie 2024 eingeschlossen.^{327,330,332-334,358,396}

Osmundson et al., (2015), randomisierte Schwangere mit einem HbA1c von **5.7-6.4%** <14 SSW in Therapie (n=42) vs Kontrollen (n=41). Die Behandlungsgruppe erhielt Diät, Glukosemonitoring und Insulin, falls erforderlich. Das primäre outcome wurde durch einen oGTT zwischen 26 und 28 SSW erhoben. Eine frühe Therapie von Schwangeren mit einem HbA1c von 5.7-6.4% zeigte keine signifikante Reduktion des GDM **außer** bei **nicht-adipösen Schwangeren** (LoE 1b).³³⁰

Hughes et al., (2018), untersuchte schwangere Frauen <14 SSW mit einem HbA1c **≥5,9-6,4% (41-46mmol/l)** ohne vorbestehenden Diabetes. Nach der Randomisierung erhielten n=24 Frauen eine Intervention, n=23 waren in der Kontrollgruppe. In der Studie wurden häufig

Protokollverletzungen festgestellt, 42% in der Therapie und 30% in der Kontrollgruppe. Der Vergleich Intervention vs Kontrolle zeigte folgende Ergebnisse: Kaiserschnitt 25% vs 43%, Notsectio 17% vs 29%, Geburtsgewicht >90. Perzentile 4% vs 10%, neonatale Hypoglykämie <2.5mmol/L 37% vs 13%, Atemunterstützung 0% vs 10%. Die Studie ließ aufgrund der häufigen Protokollverletzungen nur begrenzte Rückschlüsse zu, zeigte jedoch einen **Trend** zugunsten einer **frühen Therapie** (LoE 1b).³³²

Simmons et al. (2018) untersuchte GDM nach WHO-Kriterien³⁹⁷ unter Verwendung eines 75g oGTT bei Erstvorstellung <20 (17-18) SSW (**Treatment Of Booking Of Gestational Diabetes Mellitus, TOBOGM Pilotstudie**). Schwangere wurden entweder in sofortige Therapie (n=11) oder keine Behandlung (n=10) randomisiert, 89% der Schwangeren mit unbehandeltem booking-GDM hatten einen GDM bei 24-28 SSW. In der Behandlungsgruppe wurden 36% vs 0% (p=0,043) wegen **FGR** auf die Neugeborenen-Intensivstation aufgenommen. In der unbehandelten Gruppe hatten 0% vs 33 % (p=0,030) **LGA**. Die **Geburtsgewichte** (Therapie vs Kontrollen) betrugen **3055g** vs. **3552g**, **>90. Perzentile 0% vs. 33%** (p=0,030). Das Vorkommen einer **FGR** könnte auf eine Übertherapie hindeuten, weshalb für den oGTT im ersten Trimenon hohe Cut-off-Werte verwendet werden sollten (LoE 1b).³⁵⁸

Vinter et al., (2018) untersuchte in einem RCT die Bedeutung der frühen lifestyle Intervention in der Schwangerschaft zur Behandlung des GDM bei **adipösen** Schwangeren (BMI ≥ 30 kg/m²). Die Diagnose eines frühen GDM (12-15 SSW) wurde nach den modifizierten WHO (2013) GDM-Kriterien gestellt: Nüchternplasmaglukose ≥ 5.1 mmol/L und/oder 2h Kapillarblutglukose $\geq 8,5$ mmol/L (75g OGTT). Eine lifestyle Intervention erhielten 36 Schwangere, die Standardbehandlung 54. Bei 28-30 SSW wiesen die Schwangeren mit lifestyle Intervention einen signifikant höheren totalen Cholesterolverwert und nüchtern LDL Wert auf. Alle anderen metabolischen Parameter wie Glukose, Insulin und HOMA zur Insulinresistenz waren vergleichbar. Die Sektiorate war höher in der lifestyle Interventionsgruppe: 22.2 vs 5.6%. Die Schlussfolgerung war, dass bei adipösen Schwangeren eine **lifestyle Intervention allein weniger effektiv** ist (LoE 1b).³³³

Roeder et al. (2019) randomisierte schwangere Frauen mit Hyperglykämie (Hb A1c $\geq 5,7\%$ und/oder Nüchternglukose ≥ 92 mg/dL) in frühe Therapie $\leq 15^{+0}$ Wochen (Diät, Bewegung, Glukosemonitoring, Pharmakotherapie, wenn >40% der Glukosewerte abnormal waren). Die outcomes waren gegenüber einem Therapiebeginn nach 28 SSW nicht verbessert (LoE 1b).³³⁴

Vambergue et al., (2020) schlug das folgende Screeningkonzept vor (Consensus Meeting): Frühschwangerschaft:

- (A) Minimum 1 von 5 Risikofaktoren positiv, Nüchternglukose:
 <92mg/dl (5.1 mmol/l) => 75g oGTT
 92-125mg/dl (5.1-6.9 mmol/l) => Diagnose früher GDM => Therapie
 24-28 SSW: 75g oGTT
- (B) Minimum 1 von 5 Risikofaktoren positiv, Nüchternglukose:
 <92mg/dl (5.1 mmol/l) => Nüchternglukose & HbA1c
 92-125mg/dl (5.1-6.9 mmol/l) => Diagnose früher GDM => Therapie
 24-28 SSW: Nüchternglukose & HbA1c

(LoE 5).³⁹⁶

Simmons et al., (2023) führte den **TOBOGM** RCT durch. Schwangere mit Risikofaktoren für Hyperglykämie und der Diagnose GDM wurden 1:1 randomisiert: **4-19⁺⁶** SSW: sofortiger Behandlungsbeginn (n=406) vs verzögertem Beginn der Therapie oder keiner Therapie (n=396), abhängig davon, ob ein bei **24-28** SSW wiederholter oGTT auffällig für die WHO 2013 Kriterien für GDM war (Kontrollgruppe). Das follow-up betrug 98.9%. Ein initialer oGTT wurden bei **15.6 $\pm$ 2.5** SSW durchgeführt.³⁹⁸

Primäres outcome:

Ein ungünstiges neonatales outcome trat in der Gruppe mit sofortigem Therapiebeginn in 94/378 (**24.9%**) vs in der Kontrollgruppe in 113/370 (**30.5%**) auf (adjustierte Risikodifferenz **-5.6**

Prozentpunkte [95% CI -10.1 bis -1.2], **RR 0.82** [95% CI 0.68-0.98]). Das outcome bestand aus den folgenden Parametern: Entbindung <37 SSW, Geburtsgewicht >4500g, Geburtstrauma (einschließlich Frakturen oder peripheren Nervenläsionen), Atemnotsyndrom, Phototherapie, neonatalem Tod oder Schulterdystokie.³⁹⁸

Sekundäres maternales outcome: **Dammverletzung** RR **0.23** [95% CI 0.1 bis 0.51], **Schulterdystokie** RR **0.77** [95% CI 0.40 bis 1.48].³⁹⁸

Sekundäres neonatales outcome: **LGA** RR **0.77** [95% CI 0.51 bis 1.17], **Fersenblutglukose** ≤40 mg/dl 1 bis 2h nach der Geburt RR **0.81** [95% CI 0.55 bis 1.19], **NICU Tage** RR **0.60** [95% CI 0.41 bis 0.89].³⁹⁸

Das 'composite neonatal outcome' und hypertensive Schwangerschaftserkrankungen zeigten einen klaren Benefit des **frühen oGTT** ≤14 SSW und der **frühen Therapie** (-8.9 [95% CI -0.15 bis -2.6]).³⁹⁸

Andere Schwangerschafts-outcomes: Die wesentlichen Komponenten des primär ungünstigen neonatalen outcomes war **Frühgeburt** RR **0.89** [95% CI 0.63 bis 1.26], **Geburtstrauma** RR **0.59** [95% CI 0.24 bis 1.43] und **Respiratory Distress Syndrome** RR **0.57** [95% CI 0.41 bis 0.79] (LoE 1b).³⁹⁸

Weitere positive Aspekte: die frühe Therapie des GDM war mit einem **häufigeren Stillen**³⁹⁹ (LoE 1b) und einer **Reduktion** des **RDS** assoziiert, wie in einer Sekundäranalyse des TOBOGM Trial bestätigt werden konnte.³²⁸ (LoE 2a)

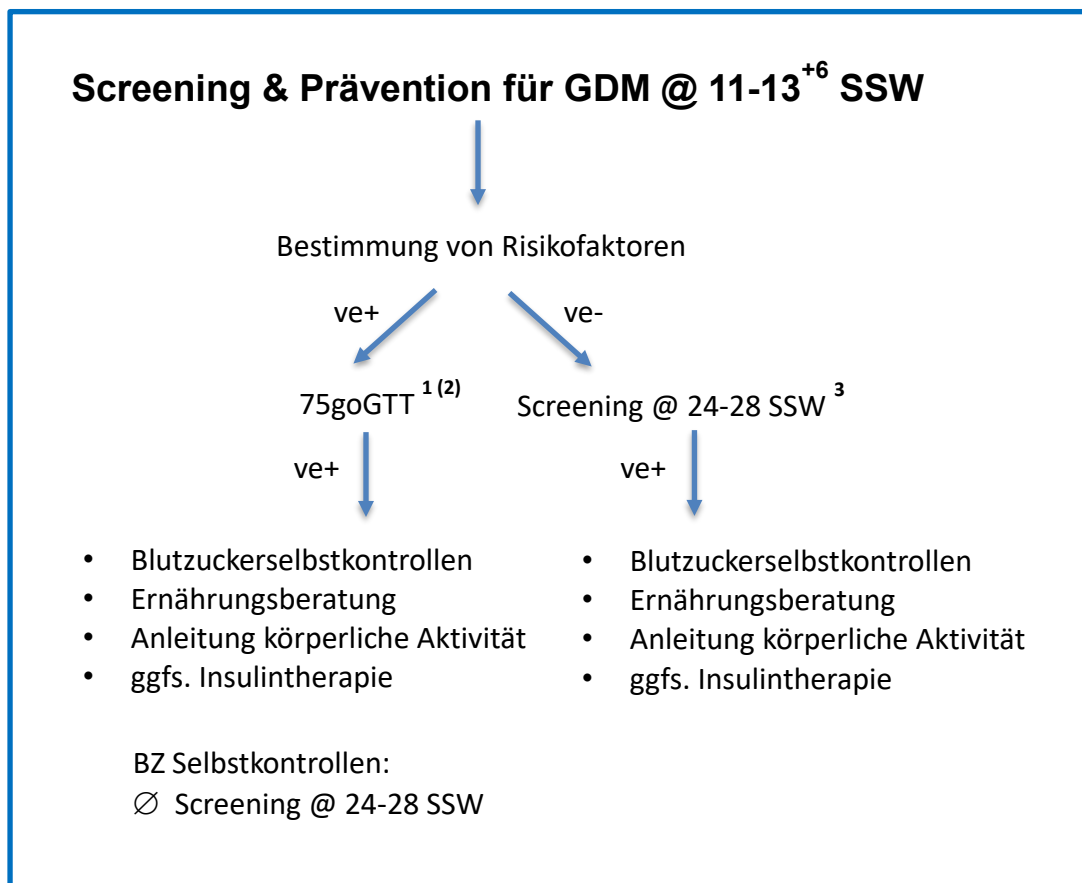
Eine Serie von RCTs⁴⁰⁰ sowie der TOBOGM Trial 2023³⁹⁸ haben **robuste Evidenz** für einen **Benefit** des **frühen oGTT Screenings** und der **Therapie** zeigen können, insbesondere für **nicht-adipöse Schwangere**.

Im Wesentlichen verringern sich die **Häufigkeit** der **Makrosomie** und des **Atemnotsyndroms** auf die **Hälfte**.^{328,400}

Screening und Prävention des GDM @ 11-13⁺⁶ SSW

11.3	Empfehlung	Amendment, neu 2025
Empfehlungsgrad: A	Um eine high-risk Population zu definieren, für die eine signifikante neonatale Outcome-Verbesserung erzielt werden kann (Halbierung von Makrosomie & Atemnotsyndrom), sollen im 75g oGTT @ 11-13⁺⁶ SSW folgende Grenzwerte verwendet werden: nüchtern-BZ: 95mg/dl (5.3mmol/l), 1h: 191 mg/dl (10.6 mmol/l), 2h: 162mg/dl (9.0mmol/l) (Benhalima 2024). Wird einer dieser Grenzwerte überschritten, soll eine Beratung über Blutzuckerselbstkontrollen, Ernährungsberatung und Anleitung zu körperlicher Aktivität und ggfs. Insulintherapie erfolgen. (Simmons et al., 2023, Bhattacharya et al., 2024) Bei <u>negativem</u> Test zwischen 11-13⁺⁶ SSW soll mit 24⁺⁰-28⁺⁰ SSW ein GDM-Screening angeboten werden: nüchtern-BZ 92mg/dl (5.1 mmol/l), 1h: 180mg/dl (10mmol/l), 2h: 153mg/dl (8.5 mmol/l) (Metzger IADPSG 2010/Colagiuri WHO 2014) Bei <u>positivem</u> Test zwischen 11-13⁺⁶ SSW und Blutzuckerselbstkontrollen/Therapie soll bei 24⁺⁰-28⁺⁰ SSW kein erneutes GDM-Screening angeboten werden.	
Evidenzgrad: 1	Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Van Rijsselberghe M, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. Acta Clin Belg. 2024 Jun;79(3):217-224. doi: 10.1080/17843286.2024.2384258. Epub 2024 Jul 27. PMID: 39068500. (LoE 5) Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Enticott J, Cheung NW; TOBOGM Research Group. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. N Engl J Med. 2023 Jun 8;388(23):2132-2144. doi: 10.1056/NEJMoa2214956. Epub 2023 May 5. PMID: 37144983. (LoE 1b) Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Kamrul-Hasan ABM. Treatment Versus Observation in Early Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Endocrinol Metab. 2024 Dec 17:dgae878. doi: 10.1210/clinem/dgae878. Epub ahead of print. PMID: 39689014. (LoE 1a) International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Consensus Panel; Metzger BE, Gabbe SG, Persson B, Buchanan TA, Catalano PA, Damm P, Dyer AR, Leiva Ad, Hod M, Kitzmiller JL, Lowe LP, McIntyre HD, Oats JJ, Omori Y, Schmidt MI. International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy. Diabetes Care. 2010 Mar;33(3):676-82. doi: 10.2337/dc09-1848. PMID: 20190296; PMCID: PMC2827530. (LoE 5) Colagiuri S, Falavigna M, Agarwal MM, Boulvain M, Coetzee E, Hod M, Meltzer SJ, Metzger B, Omori Y, Rasa I, Schmidt MI, Seshiah V, Simmons D, Sobngwi E, Torloni MR, Yang HX. Strategies for implementing the WHO diagnostic criteria and classification of hyperglycaemia first detected in pregnancy. Diabetes Res Clin Pract. 2014 Mar;103(3):364-72. doi: 10.1016/j.diabres.2014.02.012. Epub 2014 Feb 25. PMID: 24731475. (LoE 5)	
	starker Konsens (10/10)	

Zu dieser Empfehlung 11.3 hat die Gynecologie Suisse (SGGG) und SGUM (SGUMGG) ein Sondervotum beantragt. Für die Schweiz gelten hinsichtlich des Screenings auf Gestationsdiabetes im ersten Trimenon die Empfehlungen des Expertenbriefs No 81 'Screening und Management der Gestationsdiabetes'.



ve+ = Screening-positiv; ve- = Screening-negativ

Abbildung 11.3 Screening & Prävention für GDM @ 11-13⁺⁶ SSW.

¹ 75goGTT nüchtern: **95** mg/dl (5.3mmol/l), 1h: **191**mg/dl (10.6 mmol/l), 2h: **162**mg/dl (9.0mmol/l)³⁵²

⁽²⁾ wenn abgelehnt: HbA1c >**5.7%** ³⁵¹ / nüchtern-Glc >**95mg/dl** (>5.27mmol/l) ³⁵²

³ nüchtern: **92**mg/dl (5.1mmol/l), 1h: **180**mg/dl (10mmol/l), 2h: **153**mg/dl (8.5mmol/l)^{354,401}

11.5 Screening für LGA Feten (nicht diabetisch) @ 11-13⁺⁶ SSW

Eine Makrosomie wird als ein Geburtsgewicht oberhalb der 90. Perzentile für das Schwangerschaftsalter definiert.³⁷⁸

Alternativ kann eine Makrosomie auch als ein Geburtsgewicht über 4000g oder 4500g nach 40 SSW definiert werden.³⁷⁹

Die Makrosomie stellt einen signifikanten Risikofaktor dar, als Erwachsener Diabetes und koronare Herzerkrankung zu entwickeln und ist mit Komplikationen unter der Geburt assoziiert (LoE 2b).³⁸⁰

Die nicht-diabetische fetale Makrosomie stellt insbesondere für die Geburt eine Herausforderung dar. Die frühzeitige Identifikation eines hierfür erhöhten Risikos ermöglicht daher eine individualisierte Schwangerenvorsorge mit Planung der Überwachungsintervalle sowie ein Geburtsmodusgespräch und Planung des Zeitpunkts der Entbindung.

11.4	Empfehlung	
Empfehlungsgrad EK	Ein LGA (Makrosomie) Screening im ersten Trimenon sollte durchgeführt werden, wenn: • bereits ein Kind mit Makrosomie geboren wurde • andere Risikofaktoren für ein LGA vorliegen.	
Evidenzgrad	starker Konsens (10/10)	

Zu dieser Empfehlung 11.4 hat die Gynecologie Suisse (SGGG) und SGUM (SGUMGG) ein Sondervotum beantragt. Für die Schweiz gelten hinsichtlich des Screenings auf Gestationsdiabetes im ersten Trimenon die Empfehlungen des Expertenbriefs No 81 'Screening und Management der Gestationsdiabetes'.

Die systematische Literaturrecherche für das Screening auf LGA (nicht-diabetisch) ergab zwei systematische Reviews und Metaanalysen). Beide hatten keine systematische Literatursuche und keine Bewertung der Qualität der gefundenen Studien durchgeführt. Entsprechend sind sie Expertenmeinungen (LoE 5).^{381,382}

Zudem fanden sich sechs Beobachtungs und Kohortenstudien mit LoE 1b^{379,383–387} sowie acht Studien mit LoE 2b.^{380,388–394}

Es wurden fünf Algorithmen in Meertens et al.,³⁸⁴ extern validiert, um ihre Robustheit in anderen Populationen zu testen.^{366,383,386,388,395}

Die hierfür verwendeten Parameter schließen ein: **Alter, Ethnischer Ursprung, BMI, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Parität, Modus der Konzeption, Vorgeschichte von LGA, Präeklampsie und schwangerschafts-induzierter Hypertonie** sowie den **Blutdruck**.

Nach externer Validierung nahm zwar die Area Under The Receiving Operating Characteristics Curve (AUROC) bei allen Algorithmen ab, drei Algorithmen zeigten jedoch eine moderate Diskrimination (AUROCs 0,68–0,69). Der Algorithmus von Frick zeigte die höchste Diskrimination, jeweils mit AUROC von 0.69 (95% CI 0.66–0.72) und 0.74 (95% CI 0.70–0.79) für LGA Feten >90. Perzentile und >95. Perzentile. Für Multipara war die Diskrimination am höchsten AUROC (0.80).³⁸⁸

Die klinische Relevanz der Modelle ist limitiert, da sie eine moderate Performance aufweisen und da die Definitionen von SGA und LGA nicht konstitutionell kleine oder große Kinder ausschließen. Da jedoch die meisten klinisch relevanten fetalen Wachstumsabweichungen auf vaskuläre oder metabolische Faktoren zurückzuführen sind, sind Algorithmen welche hypertensive Schwangerschaftserkrankungen und Gestationsdiabetes vorhersagen wahrscheinlich spezifischer (LoE1b).³⁹³

11.5	Empfehlung	2011
Empfehlungsgrad: B	Wird ein LGA (Makrosomie) Screening im ersten Trimenon durchgeführt, soll dies basierend auf mütterlichen Charakteristika, der NT, dem freien beta hCG und PAPP-A erfolgen. Damit werden ca. 35% der LGA Feten für eine FPR von 10% erkannt.	
Evidenzgrad 1	Poon LC, Karagiannis G, Stratieva V, Syngelaki A, Nicolaides KH. First-trimester prediction of macrosomia. Fetal Diagn Ther 2011;29:139–47.	
	starker Konsens (9/9)	

Zu dieser Empfehlung 11.5 hat die Gynecologie Suisse (SGGG) und SGUM (SGUMGG) ein Sondervotum beantragt. Für die Schweiz gelten hinsichtlich des Screenings auf Gestationsdiabetes im ersten Trimenon die Empfehlungen des Expertenbriefs No 81 'Screening und Management der Gestationsdiabetes'.

Eine weitere Studie verwendete im ersten Trimenon Parameter des metabolischen Syndroms wie das mütterliche **Gewicht** (cut off 67kg), den **BMI** (cut off 25.5), **Glucose**, **Adiponectin** und **lösliches E-Selectin** (LoE 1b).³⁷⁹

Eine jüngere Studie an 503 Frauen verwendete **Multiparität**, den **BMI** vor der Schwangerschaft und das **PAPP-A** (Area Under The Curve 70.5%, Sensitivität 55.2%, Spe 79%)(LoE 1b).³⁸⁵

Die folgende Studie fand, dass das beste Modell, um das Gewicht bei Geburt zu berechnen, die **Nackentransparenz**, das **freie beta hCG** und **PAPP-A**, der **A. uterina PI** bds, die **Parität**, das mütterliche **Alter**, **Nikotinabusus**, **Größe** und **Gewicht** ist. In LGA Schwangerschaften war die NT und das PAPP-A signifikant erhöht und der A. uterina PI erniedrigt. Die Kombination aus mütterlichen Faktoren mit der fetalen NT, dem PAPP-A und dem A. uterina PI konnte **34.4%** der LGA Neugeborenen für eine falsch positiv Rate von **10%** vorhersagen (LoE 1b).³⁸⁶

Eine Studie der gleichen Arbeitsgruppe untersuchte **mütterliche Charakteristika**, die **NT**, das **freie beta hCG** und **PAPP-A** ohne A. uterina Doppler PI. Die Verwendung dieser Parameter führte zu einer Detektion der Makrosomie von 34.4% für eine falsch positiv Rate von 10% (LoE 1b).³⁷⁸

Wurde nur das **PAPP-A** verwendet, deutete ein hoher Wert auf ein hohes LGA Risiko hin. (LoE1b).³⁸⁷

Es existieren acht weitere Studien (LoE 2b), die die Prädiktion anhand verschiedener weiterer Kombinationen der Parameter untersuchen.

11.6	Empfehlung	
Empfehlungsgrad: B	Ein LGA (Makrosomie) Screening beginnend im ersten Trimenon <i>kann</i> durch mütterliche Faktoren und serielle Biometrie erfolgen. Die Berücksichtigung von Biomarkern erhöht die DR nicht. Das Screening basierend auf den mütterlichen Faktoren hat eine DR von 44% für eine FPR von 10% . Wird zusätzlich eine Biometrie zu den Zeitpunkten 19-24, 30-34 und 35-37 SSW durchgeführt, sind die entsprechenden DR 51% , 56% und 73% für eine FPR von 10% .	
Evidenzgrad: 2	Frick AP, Syngelaki A, Zheng M, Poon LC, Nicolaides KH. Prediction of large-for-gestational-age neonates: screening by maternal factors and biomarkers in the three trimesters of pregnancy. Ultrasound Obstet Gynecol 2016;47:332–9.	
	starker Konsens (10/10)	

Zu dieser Empfehlung 11.6 hat die Gynecologie Suisse (SGGG) und SGUM (SGUMGG) ein Sondervotum beantragt. Für die Schweiz gelten hinsichtlich des Screenings auf Gestationsdiabetes im ersten Trimenon die Empfehlungen des Expertenbriefs No 81 'Screening und Management der Gestationsdiabetes'.

Die größte Screening studie untersuchte jeweils 76.300, 54.999, 25.727 und 6.181 Einlingsschwangerschaften zu den Zeitpunkten 11–13, 19–24, 30–34 und 35–37 SSW. Das a-priori **Hintergrundrisiko** für LGA für ein Geburtsgewicht>95. Perzentile wurde mithilfe einer multivariablen logistischen Regressionsanalyse berechnet, um zu bestimmen, welcher der mütterlichen Faktoren einen signifikanten Beitrag aufwies. Anschließend wurde eine Regressionanalyse durchgeführt, die eine Kombination der Parameter **mütterliche Faktoren**, **fetale Biometrie** und verschiedene **biophysikalische** und **biochemische Marker** untersuchte, um zu prüfen, welcher der Parameter einen signifikanten Beitrag zur Prädiktion eines LGA Neonaten zeigte (Loe 2b).³⁸⁸

Die Wahrscheinlichkeit für ein LGA>95. Perzentile stieg mit der mütterlichen Größe und Gewicht und nahm bei afro-karibischem Ursprung und bei Süd-Asiatinnen, bei Nikotinabusus und bei Erstgebärenden ab. Das Risiko war bei präexistentem Typ I Diabetes mellitus erhöht und bei chronisch erhöhtem Blutdruck erniedrigt. In der Multiparität stieg das Risiko mit erhöhtem Geburtsgewicht in einer früheren Schwangerschaft sowie bei vorausgegangenem Diabetes und fiel mit einem höheren Intervall zwischen den Schwangerschaften.³⁸⁸

Das Screening @ 11-13⁺⁶ SSW basierend auf mütterlichen Faktoren allein zeigte jeweils eine DR von **32%**, **44%** und **60%** für LGA Feten >95. Perzentile für eine FPR von **5%**, **10%** und **20%**.³⁸⁸

Wurde eine **Biometrie** durchgeführt, erhöhte sich die DR jeweils auf **37%**, **51%** und **68%** zu den Zeitpunkten 19-24 SSW; **50%**, **65%** und **81%** bei 30-34 SSW und **60%**, **73%** und **85%** bei 35-37 für eine FPR von je 5%, 10% und 20% (LoE 2b).³⁸⁸

Das Hinzufügen von **Biomarkern** hat die DR des screenings nicht erhöht, wenn bereits mit mütterlichen Faktoren und fetaler Biometrie gescreent wurde (LoE 2b).³⁸⁸

Eine kürzliche Studie berichtet eine DR von **48%** für eine falsch positiv Rate von **20%**. Mütterliche Größe und Gewicht, Nikotinabusus sowie das delta der SSL und der NT waren signifikante unabhängige Prädiktoren von LGA Feten (LoE 2b).³⁹⁰

12 Wichtige Forschungsfragen

Gestationsdiabetes mellitus

Da eine hohe Wahrscheinlichkeit eines Benefits einer frühzeitigen Therapie zu erwarten ist, besteht dringender Bedarf an randomisiert kontrollierten Studien, die einen möglichen Nutzen oder Schaden durch die Behandlung des early onset GDMs im ersten Trimenon weiter untersuchen. Dies erfordert an erster Stelle detaillierte Untersuchungen zu Ersttrimester-Markern für GDM, der Höhe der cut off Werte zur Identifikation einer high-risk Population sowie zu dem Benefit einer frühen Intervention.

13 Appendix

13.1 10 goldene Regeln im Umgang mit NIPT⁴⁰²

Die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) hat Empfehlungen für einen ausgewogenen Umgang mit dem cfDNA-Screening veröffentlicht. Diese wurden unter den '10 goldenen Regeln' zusammengefasst.⁴⁰²

Diese sind wie folgt:

1. NIPT erfordert eine ärztliche Aufklärung und genetische Beratung nach Gendiagnostik-gesetz (GenDG).
2. NIPT erlaubt derzeit zuverlässige Aussagen zur Wahrscheinlichkeit einer Trisomie 21, 18, 13, aber keine Aussagen zu strukturellen Fehlbildungen. Diese machen jedoch den Großteil der perinatal relevanten Anomalien aus. Auch lassen sich die meisten anderen Chromosomenstörungen und syndromale Erkrankungen nicht erkennen.
3. NIPT erfordert eine qualifizierte Ultraschall-Untersuchung, idealerweise vor der Blutabnahme und nach 12 SSW.
4. Bei sonographisch nachgewiesenen Fehlbildungen oder erhöhter Nackentransparenz ist die diagnostische Punktion (CVS oder Amniozentese) Mittel der Wahl, um Chromosomenstörungen erkennen zu können und einen unnötigen Zeitverlust bis zur endgültigen Diagnose zu vermeiden.
5. Im Rahmen einer NIPT-Untersuchung sollte grundsätzlich der fetale bzw. schwangerschafts-spezifische Anteil an der zellfreien DNA angegeben werden. Die 'Fetal fraction' ist ein Qualitätsparameter mit großem Einfluss auf die Testgüte.
6. Ein ergebnisloser NIPT ist ein abklärungsbedürftiger Befund. In diesem Kollektiv finden sich mehr Chromosomenstörungen, insbesondere Trisomien 13 und 18 sowie Triploidien.
7. NIPT ist ein Screening-Test. Bei einem auffälligen NIPT ist eine diagnostische Punktion obligat anzubieten. Die Indikationsstellung zum Schwangerschaftsabbruch darf nicht auf einem isolierten NIPT-Befund beruhen.
8. NIPT auf Veränderungen der Geschlechtschromosomen sollte nicht routinemäßig durchgeführt werden.
9. Der Einsatz von NIPT zur Bestimmung des Risikos für seltene autosomale Aneuploidien, strukturelle Chromosomenstörungen, insbesondere Mikrodeletionen und monogenetische Erkrankungen beim Feten kann derzeit nicht generell empfohlen werden.
10. Bei Zwillingschwangerschaften, nach künstlicher Befruchtung und bei Adipositas hat NIPT eine höhere Versagerquote, und es liegen nur eingeschränkt Daten zur Testgüte vor.

13.2 Wegweiser auffälliger NIPT⁴⁰³

Die DEGUM hat zudem Basics im Umgang mit auffälligen cfDNA-Tests veröffentlicht:

1. Der rechtliche Rahmen

Sollte ein cfDNA-Test ein erhöhtes Risiko für eine Chromosomenstörung anzeigen, müssen insbesondere das Schwangerschaftskonfliktgesetz (SchKG) und das Gendiagnostik-Gesetz (GenDG) berücksichtigt werden. Das Ergebnis ist durch die verantwortliche ärztliche Person mitzuteilen, die den Test veranlasst hat. Gleichzeitig muss sichergestellt sein, dass die Schwangere zeitnah eine Aufklärung und genetische Beratung zum Testergebnis durch eine fachkundige und qualifizierte ärztliche Person erhält.

2. Ein auffälliger cfDNA-Test ist keine Diagnose

Der cfDNA-Test auf Trisomie 21 stellt ein Screening-Test mit einer Detektions- und Falsch-Positivrate von etwa 99% und 0,1% dar. Er sollte nicht mit der Sicherheit einer echten Chromosomenanalyse, die mittels Amniozentese oder Chorionzottenbiopsie ermöglicht wird, verwechselt werden. Bei einer Prävalenz der Trisomie 21 von 1:500 sind nur etwa zwei Drittel der auffälligen cfDNA-Befunde richtig-positiv. Bei einer niedrigeren Prävalenz der Erkrankung oder einer geringeren Testgüte (z.B. bei Veränderungen der Geschlechtschromosomen oder bei strukturellen Chromosomenstörungen) sinkt der positive Vorhersagewert weiter ab. Daher ist zur weiteren Abklärung eine diagnostische Punktion dringend zu empfehlen. Sie ist zwingend erforderlich, wenn als Konsequenz eines auffälligen Befundes ein Abbruch der Schwangerschaft erwogen wird.

3. Mithilfe einer Ultraschall-Untersuchung kann das Risiko einer fetalen Chromosomenstörung weiter differenziert werden.

Nach einem auffälligen cfDNA-Test soll immer eine strukturierte frühe Fehlbildungsdiagnostik erfolgen. Wenn sich hier Auffälligkeiten für die entsprechende Chromosomenstörung zeigen, steigt das Risiko einer Chromosomenstörung. Gleichzeitig sinkt es aber auch bei unauffälliger Sonoanatomie. Es sinkt jedoch nie so weit ab, dass eine diagnostische Punktion zur Abklärung nicht gerechtfertigt ist.

4. Der sonographische Befund bestimmt den Abklärungsmodus

Die im Rahmen der cfDNA-Analyse ausgewerteten Schwangerschafts-spezifischen DNA-Fragmente entstammen primär der Plazenta. Dies sollte bei der Auswahl der diagnostischen Punktion (Amniozentese oder Chorionzottenbiopsie) berücksichtigt werden. Zeigen sich bei der Ultraschall-Untersuchung Hinweiszeichen auf eine entsprechende Chromosomenstörung, kann eine Chorionzottenbiopsie durchgeführt werden. Bei unauffälliger Sonoanatomie oder unklarer Befundkonstellation sollte eine Amniozentese erfolgen, da in dieser Situation die Auswertung fetaler Zellen notwendig ist.

5. Ein ergebnisloser cfDNA-Befund erfordert eine weitere Abklärung

Eine ergebnislose cfDNA-Analyse kann viele Ursachen haben. Häufig ist sie durch mütterliche Einflussfaktoren bedingt. Dennoch müssen auch fetale Chromosomenstörungen als Ursache eines Testversagens in Betracht gezogen werden. Bei einem nicht auswertbaren cfDNA-Test, sollte daher ebenfalls zunächst eine strukturierte frühe Fehlbildungsdiagnostik erfolgen. Fallen Fehlbildungen oder Hinweiszeichen für Chromosomenstörungen auf, sollte eine diagnostische Punktion erwogen werden. Bei primär zu niedrigem Schwangerschafts-spezifischen DNA-Anteil („fetal fraction“, FF) kann nach etwa zwei Wochen der cfDNA-Test mit der Erwartung wiederholt werden, dass dann die cfDNA-Analyse durch den natürlichen Anstieg der FF möglich ist. Ist der cfDNA-Test weiterhin nicht auswertbar, sollte ebenfalls eine diagnostische Punktion diskutiert werden.

14 Zusammensetzung der Leitliniengruppe

14.1 Leitlinienkoordinator/Ansprechpartner

Leitlinienkoordinator:

Univ.-Prof. Dr. med Constantin von Kaisenberg

Leitliniensekretariat:

Univ.-Prof. Dr. med Constantin von Kaisenberg

Klinik für Frauenheilkunde, Geburtshilfe & Reproduktionsmedizin

Medizinische Hochschule Hannover

Carl-Neuberg-Str. 1

30625 Hannover

Tel: 0176 1532 3454, 0511 532 6040

Fax: 0511 532 8004

e-mail: vonkaisenberg.constantin@mh-hannover.de

14.2 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Tabelle 14.1 Mitglieder der Leitliniengruppe

Mandatstragende	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Prof. Dr. Constantin von Kaisenberg	DEGUM	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Peter Kozlowski	DEGUM	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Oliver Kagan	DGGG	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Markus Hoopmann	DGGG	gesamter Zeitraum
PD Dr. Kai-Sven Heling	DGPM	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Rabih Chaoui	DGPGM	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Philipp Klaritsch	ÖGGG	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Barbara Pertl	ÖGUM	gesamter Zeitraum
PD. Dr. Tilo Burkhardt	SGUMGG	gesamter Zeitraum
Prof. Dr. Sevgi Tercanli	SGGG	gesamter Zeitraum
Dr. Jochen Frenzel	BVF	bis Dezember 2022

Weitere Teilnehmende	Funktion & Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Frau Dr. med Christine Mundlos	ACHSE	27.5.2023
Frau Dr. Monika Nothacker	AWMF	gesamter Zeitraum

14.3 Patientinnen/Bürgerinnenbeteiligung

Frau Dr. med. Christine Mundlos, M.Sc., Stellv. Geschäftsführerin, ACHSE Lotsin für Ärzte und Therapeuten (Leiterin ACHSE Wissensnetzwerk und Beratung) wurde angefragt und hat in der Leitliniensitzung über Chromosomenstörungen am 27.5.2023 teilgenommen.

14.4 Methodische Begleitung

Bei der Erstellung wurde die Leitlinie durch Frau Dr. Monika Nothacker sowie Herrn Prof. Dr. Constantin von Kaisenberg, AWMF Leitlinienberater, methodisch begleitet.

15 Informationen zu dieser Leitlinie

15.1 Methodische Grundlagen

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 1.1 vom 27.02.2013).

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) - Ständige Kommission Leitlinien. AWMF-Regelwerk „Leitlinien“. 1. Auflage 2012:

<http://www.awmf.org/leitlinien/awmf-regelwerk.html>

15.2 Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz

Die Gliederung und Überschriften zu dieser LL wurde aus der ISUOG Practice Guideline: performance of the 11-14 week ultrasound scan übernommen und modifiziert (Bilardo et al., 2023). Die PICO Fragen wurden durch eine systematische Literaturrecherche beantwortet, die gefundenen Studien wurden in Evidence Tables übernommen. Die Bewertung der Qualität der Studien wurde für die Erstellung der Handlungsanweisungen und Hintergrundtexte berücksichtigt. Eine ausführliche Beschreibung zur Recherche und Auswahl der Evidenz finden Sie im Leitlinienreport dieser Leitlinie. Dort sind die PICO Fragen dargestellt.

15.3 Kritische Bewertung der Evidenz

Die Ergebnisse der Analyse zu den jeweiligen Inhaltspunkten wurden in tabellarischer Kompaktform dargestellt. Die Formvorlagen entsprechen den Vorgaben der internationalen Arbeitsgruppe **G**rating of **R**ecommendations **A**ssessment **D**evelopment and **E**valuation (GRADE) bzw. des Guidelines International Network in einer modifizierten deutschen Version der AWMF vom 20.7.2011. Die Details der Bewertungen zu den jeweiligen Inhaltspunkten sind im Methodenreport geschildert.

Die Bewertung der Evidenz erfolgte nach den Richtlinien des Center for Evidence Based Medicine der Universität Oxford (The Oxford 2011 Levels of Evidence). Diese Richtlinien enthalten Bewertungsklassifikationen für verschiedene Arten von Studien. In dieser Recherche wurden die Evidenzklassifikationen für *diagnostische* und **therapeutische** Studien verwendet.

Bei der Bewertung von *systematischen Reviews* und *Meta-Analysen* wurde besonders Wert auf die Qualität der eingeschlossenen Studien gelegt. In denjenigen Fällen, für die die Autoren selbst keine Bewertung durch anerkannte Richtlinien vorgenommen hatten (QUADAS, QUIPS, Cochrane, Newcastle-Ottawa, STROBE, AMSTAR etc.), wurde die Studienqualität mithilfe der OXFORD-Kriterien bewertet. Die Sequenz der Literatursuche wurde in einem PRISMA-Diagramm beschrieben.

Randomisiert kontrollierte klinische Studien (RCT) wurden nach GRADE bewertet. Die Bewertungen wurden nach PICO-Fragen / Interventionen gruppiert. Soweit möglich erfolgte innerhalb einer PICO-Frage eine Bündelung der analysierten Studien nach Outcomes. Eine GRADE-Bewertung erfolgte bei allen RCTs, auch wenn diese Teil von systematischen Reviews und Meta-Analysen waren.

In der Praxis wurde nur eine Bewertung nach OXFORD vorgenommen, da praktisch alle Studien diagnostische Studien waren.

Tabelle 15.1 Qualitätskriterien (GRADE) für RCTs

Qualitätskriterien (GRADE) für RCTs	Inhaltliche Aspekte
Bias-Risiko	• keine Verblindung • unvollständige Berichterstattung (Protokollabweichungen, Probandenausfall) • selektive Outcome-Berichterstattung • frühe Beendigung (<200 dichotome bzw. <500 kontinuierliche Events) • nicht validierte Methoden zur Outcome-Erfassung (Befragung, Surrogat-Endpunkte) • Rekrutierungs-Bias (Verschiebung von Probanden zwischen Testgruppen) • Übertragung von Effekten bei Cross-over-Studiendesign
Inkonsistenz	• breite Streuung der Messergebnisse zwischen den Studien • keine Überlappung der Konfidenzintervalle zwischen den Studien • inkonsistente Signifikanzwerte (grenzwertige p-Werte)
Indirektheit	• unterschiedliche bzw. heterogene Studienpopulationen • unterschiedliche Interventionen • unterschiedliche klinische Endpunkte • indirekte Vergleiche (z.B. zu historischen Daten, Allgemeinpopulation)
Ungenauigkeit	• <300 dichotome Events, <400 kontinuierliche Events • grenzüberschreitende Konfidenzintervalle • Nichterreichen der kalkulierten Stichprobenstärke (underpower) • kleine Stichproben bzw. geringe Zahl von Zielevnts (z.B. Mortalität)
Publikations-Bias	• vorläufige Ergebnisse • Nichtveröffentlichung negativer Ergebnisse • Veröffentlichung in Journals mit nicht überzeugender Reputation

Die Kohorten- und Beobachtungsstudien wurden nach OXFORD-Kriterien in Evidenztabelle zu einzelnen PICO-Fragen bewertet. Studien, die als Bestandteile von systematischen Reviews und Meta-Analysen fungieren, wurden keiner gesonderten Bewertung unterzogen. Entsprechend wurden die Literaturverzeichnisse zu jeder PICO-Frage, wie folgt, organisiert: a) Referenzliste der in Evidenztabelle bewerteten Studien und b) Referenzliste der Studien, die in systematischen Reviews und Meta-Analysen analysiert wurden.

15.4 Konsensfindung

Es wurde in einem online-Abstimmungsverfahren eine Vorabstimmung der Handlungsanweisungen und Hintergrundtexte durchgeführt. War der Konsens >95%, erfolgte keine weitere Abstimmung. War dies nicht der Fall, wurde unter neutraler Moderation während einer Online Sitzung oder Präsenzveranstaltung eine erneute Abstimmung durchgeführt.

15.5 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

Festlegung des Empfehlungsgrades

Neben der methodisch aufbereiteten Evidenz wurden bei der Graduierung der Empfehlung die klinische Erfahrung und die Patientenpräferenz berücksichtigt. Zusätzlich wurden weitere Kriterien wie Konsistenz der Studienergebnisse; klinische Relevanz der Endpunkte und Effektstärken; Nutzen-Schaden-Verhältnis; ethische, rechtliche, ökonomische Verpflichtungen; Patientenpräferenzen; Anwendbarkeit auf die Patientenzielgruppe und das deutsche

Gesundheitssystem, Umsetzbarkeit im Alltag/in verschiedenen Versorgungsbereichen bei der Graduierung der Empfehlung berücksichtigt.

In Tabelle 15.2 ist die verwendete Empfehlungsgraduierung dargestellt.

Tabelle 15.2 Beispiel 1: Dreistufiges Schema zur Graduierung von Empfehlungen

Empfehlungsgrad	Beschreibung	Ausdrucksweise	Symbol (fakultativ)
A	starke Empfehlung	soll /soll nicht	↑↑ / ↓↓
B	schwache Empfehlung	sollte /sollte nicht	↑ / ↓
0	Empfehlung offen	kann erwogen/verzichtet werden	↔

Feststellung der Konsensstärke

Die Konsensstärke wurde gemäß Tabelle 15.3 klassifiziert.

Tabelle 15.3 Feststellung der Konsensstärke

Klassifikation der Konsensusstärke	
starker Konsens	>95% der Stimmberechtigte
Konsens	>75-95% der Stimmberechtigte
mehrheitliche Zustimmung	>50-75% der Stimmberechtigte
keine mehrheitliche Zustimmung	<50% der Stimmberechtigte

16 Redaktionelle Unabhängigkeit

16.1 Finanzierung der Leitlinie

Die DEGUM hat diese LL mit 25.000,-€ und die DGGG mit 5000.-€ unterstützt.

Diese Gelder wurde fast ausschließlich für die Durchführung der systematischen Literaturrecherche und Evidenzbewertung benötigt.

Die Besuche für die Präsenzmeetings in der Repräsentanz der DEGUM wurden durch die entsendenden Fachgesellschaften bezahlt.

16.2 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Die Mitglieder der LL Gruppe haben eine Interessenskonflikterklärung abgegeben. Hier wird auf die Appendix 5 Conflict of Interest (Tabelle zur Erklärung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten) im Methodenreport verwiesen.

Die Interessenskonflikterklärungen wurden durch Frau Dr. Monika Nothacker sowie dem LL Koordinator Prof. Dr. Constantin von Kaisenberg gemeinsam durchgesprochen und bewertet.

Bei thematischem Bezug zur Leitlinie wurden Vorträge für die Industrie als gering (führt zur Limitierung von Leitungsfunktion), Berater- und Gutachterstätigkeit / Drittmittelforschung als moderat (führt zur Stimmenthaltung) und Eigentümerinteressen wie Patente sowie eine überwiegende Tätigkeit für die Industrie als hoch zu kategorisieren (Keine Teilnahme an thematisch relevanten Beratungen und keine Abstimmung). kein: 5/12; gering: 6/12; moderat: 2/12; hoch: 0/12.

Als protektive Faktoren, die einer Verzerrung durch Interessenkonflikte entgegenwirken, können die pluralistische Zusammensetzung der Leitliniengruppe, die strukturierte Konsensfindung unter neutraler Moderation, die Diskussion zu den Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten zu Beginn der Konsenskonferenz und eine öffentliche Konsultationsfassung gewertet werden.

17 Externe Begutachtung und Verabschiedung

Eine externe Begutachtung erfolgte in Form einer öffentlichen Konsultation über vier Wochen auf der Website der AWMF. Nach Abschluss der Frist wurden alle eingegangenen Kommentare gelesen. Falls neue Studien und hochwertige Evidenz vorgetragen wurde, wurden Handlungsempfehlungen / Hintergrundtexte erneut in der Leitliniengruppe besprochen, und, wo erforderlich, angepasst. Dieser Prozess ist zudem Gegenstand des Leitlinienreports.

Die Leitlinie wurde im Zeitraum vom 01.10.2023 bis zum 31.12.2023 von den Vorständen der beteiligten Fachgesellschaften verabschiedet.

18 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist ab 01.01.2024 bis zum 31.12.2028 (5 Jahre) gültig. Vorgesehen sind regelmäßige Aktualisierungen; bei dringendem Änderungsbedarf werden diese gesondert publiziert. Kommentare und Hinweise für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an das Leitliniensekretariat gesendet werden.

Leitliniensekretariat

Univ.-Prof. Dr. med Constantin von Kaisenberg

Klinik für Frauenheilkunde, Geburtshilfe & Reproduktionsmedizin

Medizinische Hochschule Hannover

Carl-Neuberg-Str. 1

30625 Hannover

Tel: 0176 1532 3454, 0511 532 6040

Fax: 0511 532 8004

e-mail: vonkaisenberg.constantin@mh-hannover.de

19 Verwendete Abkürzungen

A	AC	Amniocentese
	AD	arterieller Druck
	AFP	Alpha-Fetoprotein
	AFS	advanced first trimester screening / ETS ohne maternale Risikofaktoren
	AIP	abnormally invasive placenta
	Aix	augmentation index
	AMA	advanced maternal age / fortgeschrittenes mütterliches Alter
	AMH	Anti-Müllerian Hormone / Anti-Müller-Hormon
	ANP	atriales natriuretisches Peptid
	APS	Antiphospholipid-Syndrom
	ART	assisted reproductive technology / künstliche Befruchtung
	AUC	area under the curve / Fläche unter der Kurve
B	BF	Blutfluss
	BMI	body mass index
	BPD	bronchopulmonale Dysplasie
C	cf (f) DNA	zellfreie (fetale) DNS
	CHD	congenital heart defect / angeborener Herzfehler
	CGH	comparative genomic hybridization / vergleichende genomische Hybridisierung
	CI	confidence interval / Konfidenzintervall
	CL	Corpus luteum
	CMA	chromosomal microarray analysis / chromosomale Mikroarray-Analyse
	CNV	copy number variant/ Kopienzahlvariation
	CRL	crown-rump length / Scheitel-Steiß-Länge
	CRD	Center for Review and Dissemination
	CRP	C-reaktives Protein
	CVS	chorionic villus sampling / Chorionzottenbiopsie
D	DM	Diabetes mellitus
	DOR	diagnostische odds ratio
	DR	Detektionsrate
	DV	Ductus venosus
E	E1	Estron (Östron)
	ETS	Ersttrimester-Screening
F	FABP	fatty acid binding protein / Fettsäure-bindendes Protein
	FG	Fehlgeburt
	FHR	fetale Herzfrequenz
	FI	flow index
	FIGR	fasting insulin / glucose ratio
	FISH	fluorescent in-situ hybridization / Fluoreszenz in-situ-Hybridisierung
	FMF	Fetal Medicine Foundation
	FPG	fasting plasma glucose / Nüchternblutzucker
	FPR	falsch-positive Rate
	FSTL3	Follistatin-related protein 3
G	GA	gestational age / Schwangerschaftsalter
	GCT	glucose challenge test / Glukosebelastungstest
	GDM	Gestationsdiabetes mellitus
	GG	Geburtsgewicht
	GW	Gestationswoche
	GWG	gestational weight gain / Gewichtszunahme in der Schwangerschaft
H	Hb	Hämoglobin
	hCG	human chorionic gonadotropin , Humanes Chorion Gonadotropin
	HDL	high density lipoprotein
	HOMA-IR	homeostatic model assessment -insulin resistance
	HTA	Health Technology Assessment
I	ICTRP	International Clinical Trials Registry Platform
	IGF	Insulin-like growth factor
	IGFBP	Insulin-like growth factor binding protein
	IL	Interleukin
	IQR	interquartile range / Interquartilsabstand
	ISSHP	International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy

	IT	intracraniale Transparenz
	ITA	invasive trophoblast-antigen (hyperglykosyliertes hCG)
	ITT	intention-to-treat-Analyse
	IUFD	intrauterine fetal demise / intrauteriner Fruchttod
	IUGR	intrauterine growth restriction
L	LDL	low density lipoprotein
	LGA	large for gestational age
	LMP	last menstrual period / letzte Regelblutung
	LMW	low-molecular-weight / niedermolekulares (Heparin)
	LoE	level of evidence / Evidenzniveau
	LoR	level of recommendation / Empfehlungsgrad
	LR (+ / -)	likelihood ratio / Likelihood-Quotient (positiv / negativ)
M	MA	mütterliches Alter
	MAD	mittlerer arterieller Druck
	MD	mean difference / durchschnittliche Differenz
	MI	Mechanical Index, mechanischer Index
	MMP	Matrix-metalloproteinase
	MoM	multiple of the median / multiple des Medianwertes
	MPSS	massively parallel shotgun sequencing
	MSD	mean gestational sac diameter / durchschnittlicher Fruchtblasendurchmesser
N	N.A.	non-applicable / nicht anwendbar
	NB	Nasenbein
	NGS	next generation sequencing
	NHS	National Health Services (UK)
	NICE	National Institute for Health and Care Excellence
	NIPT	noninvasive prenatal testing
	NPV	negative predictive value / negativer Vorhersagewert
	NT	nuchal translucency / Nackentransparenz
O	oGTT	oraler Glukose Toleranz Test
	OR	odds ratio
P	PAPP-A	pregnancy-associated plasma protein A
	PAS	placenta accreta spectrum
	PCT	Procalcitonin
	PE	preeclampsia / Präeklampsie
	PET	preeclamptic toxemia, positron emission tomography
	PI	Pulsatilitätsindex
	PIGF	placental growth factor
	p.p.	postpartum
	PP 13	placental protein 13
	PPA	per-protocol-Analyse
	PPV	positive predictive value / positiver Vorhersagewert
	PROG	Progesteron
	PSV	peak systolic velocity / systolische Spitzengeschwindigkeit
	PTD	pre-term delivery / Frühgeburt
	PTSD	post-traumatic stress disorder / posttraumatische Belastungsstörung
	PWV	pulse wave velocity / Pulswellengeschwindigkeit
Q	QUICKI	Quantitative Insulin Sensitivity Check Index
R	RAT	rare autosomal aneuploidy / seltene autosomale Aneuploidie
	RHD	Rh Blutgruppe D-Antigen
	RI	Resistenzindex
	ROC	receiver operating characteristic curve / Isosensitivitätskurve
	RPG	random plasma glucose / zufälliger Plasmaglukosewert
	RR	relatives Risiko
S	SCA	sex chromosome aneuploidy / Geschlechtschromosomen-Aneuploidie
	SD	standard deviation / Standardabweichung vom Mittelwert
	sFLT-1	lösliche Fms-like Tyrosinkinase
	SMD	standardized mean difference / standardisierte Mittelwertdifferenz
	SNV	single nucleotide variation / Einzelnukleotidvariation
	SP1	Schwangerschaftsprotein 1
	SS	Schwangerschaft
T	T21	Trisomie 21 (Down Syndrom)
	T18	Trisomie 18 (Edward Syndrom)

	T13	Trisomie 13 (Patau Syndrom)
	t.a.	transabdomnal (US)
	TAH	Thrombozytenaggregationshemmer
	TAMXV	time-averaged maximum velocity / gemittelte maximale Flußgeschwindigkeit
	TF	tricuspidal flow / trikuspidaler Blutfluß
	TMPS	targeted massively parallel sequencing
	TI	Thermal Index, thermaler Index
	TR	tricuspid regurgitation / Trikuspidalinsuffizienz
	t.v.	transvaginal (US)
U	UA	uterine artery / A. uterina
	US	ultrasound / Ultraschall
	UV	umbilical vein, V. umbilicalis
V	VAS	Visuelle Analogskala
	VEGF	vascular endothelial growth factor
	VFI	vascularization flow index
	VI	vascularization index
	VLDL	very low density lipoprotein
	Vp	Vasa previa
W	WES	whole exome sequencing / Exom-Sequenzierung
	WGS	whole genome sequencing / Genom-Sequenzierung
	WMD	weighted mean difference / gewichtete Mittelwertdifferenz
Z	ZNS	Zentralnervensystem
other	↑	erhöht (Wert)
	↓	vermindert (Wert)
	↔	kontrovers, inkonklusiv (Daten)
	⊕⊕⊕⊕	hoch (Level of Evidence)
	⊕⊕⊕	moderat (Level of Evidence)
	⊕⊕	niedrig (Level of Evidence)
	⊕	sehr niedrig (Level of Evidence)
	3 VTV	3 vessels and trachea view / 3 Gefäße plus Trachea-Ansicht (EchoKG)

20 Verzeichnis der Statements

3.1 Gesetze und Richtlinien Ersttrimester-Screening Deutschland, Österreich, Schweiz.	29
4.1 Fetale Fehlbildungen: immer, potentiell, nicht erkennbar	44
4.2 Detektionsrate struktureller Anomalien und Prävalenz schwerer Fehlbildungen.....	46
5.1 cfDNA-Analyse: Detektionsrate für Trisomie 21 99% und Falsch-Positivrate 0,1%	86
8.1 Frühgeburt: vaginaler Ultraschall und Elastographie vordere Muttermundslippe.....	109
8.2 Prädiktion für Frühgeburt: PP13 (fbeta hCG, PAPP-A und PLGF).....	110

21 Verzeichnis der Empfehlungen

2.1 Minimale gerätetechnische Voraussetzungen für das ETS	24
2.2 Untersuchung kann nicht entsprechend Standard dieser Leitlinie durchgeführt werden.....	25
4.1 Datierung des Schwangerschaftsalters basierend auf der Scheitel-Steiß-Länge	33
4.2 Biometrie : es <i>sollen / sollten</i> gemessen werden: SSL, NT, BPD und NB, TR, DV etc	34
4.3 Fehlbildungsdiagnostik : Standardebenen <i>sollen / sollten</i> gemessen werden.....	42
4.4 Frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik: nach festgelegtem Protokoll	47
4.5 Protokoll für frühe strukturierte Fehlbildungsdiagnostik: Mindestanforderungen	51
4.6 Fehlbildungen, die immer erkannt werden sollten.....	51
4.7 <i>Indirektes Screening</i> für Spina bifida aperta : Detektion durch Intracranielle Transparenz	52
4.8 <i>Indirektes Screening</i> für Lippen-Kiefer-Gaumenspalte : Detektion durch Maxillalücke	54
4.9 <i>Indirektes Screening</i> für fetale Herzfehler : NT, TR, DV, Vierkammerblick	55
4.10 NT, TR, DV, Vierkammerblick pathologisch: gezielte fetale Echokardiographie	55
4.11 Fetale Echokardiographie: nur durch standardisierte Schnittebenen	56
4.12 Fetale Echokardiographie: Definition der Standard-Schnittebenen (B-Bild/ color).....	56
4.13 Frühe Fehlbildungsdiagnostik um 20 SSW komplettieren.....	59
4.14 Information: psychische / emotionalen Folgen auffälliger Befund ETS.....	59
5.1 Risikoberechnung: Mitteilung nach Abschluss der Berechnung.....	64
5.2 Messregeln für die Nackentransparenz (FMF UK).....	66
5.3 Kombiniertes ETS: immer mit mütterlichem Alter, NT, f beta-hCG & PAPP-A.....	70
5.4 NT 3.0mm oder >3.5mm : invasive Diagnostik & molekulargenetische Untersuchung.....	73
5.5 Messregeln für das Nasenbein (FMF UK).....	74
5.6 Messregeln für den Trikuspidalklappenfluss (FMF UK).....	75
5.7 Messregeln für den Ductus venosus Blutfluss (FMF UK).....	76
5.8 Kombiniertes ETS: f beta-hCG & PAPP-A adaptiert verwenden.....	77
5.9 Risikoberechnung kombiniertes ETS für Trisomien: nur freies beta hCG & PAPP-A	78
5.10 PAPP-A / hCG <0,2 MoM, hCG >5,0 MoM : invasive Diagnostik & Molekularbiologie.....	79
5.11 Kombiniertes ETS erste Wahl : Alter, NT, Biochemie.....	79
5.12 Kombiniertes ETS: auch Trisomie 18 & 13 Risiken berechnen.....	80
5.13 Kombiniertes ETS: intermediäres Risiko , dann NB, TR, DV oder cfDNA	82
5.14 NIPT: Fetale Fraktion (FF) 4% oder laborspezifisch.....	83
5.15 NIPT: ergebnislos , Kontrolle in 2 Wochen, in 60% dann Ergebnis.....	84
5.16 NIPT: wiederholt kein Ergebnis, invasiver Eingriff oder kombiniertes ETS (Experte).....	84
5.17 NIPT: trotz hoher DR / niedriger FPR, vor IR invasive Abklärung	86
5.18 Zwei-Stufen-Ansatz : kombiniertes ETS gefolgt von cfDNA.....	89
5.19 cfDNA: kein Screening für seltene, Mikrodeletionen/-duplikationen, monogene Defekte.....	91
5.20 cfDNA: Screening für gonosomale Chromosomenstörungen nur selektiv	92
5.21 cfDNA: Screening für seltene autosomale Trisomien (RATs) nur selektiv	93
5.22 cfDNA: Validität Mikrodeletion 22q11 Screenings begrenzt , Beratung.....	94
5.23 cfDNA: Screening für strukturelle Chromosomenstörungen nur selektiv	95
6.1 Ersttrimester-Screening: Beratung, Qualität, QA extern jährlich , Gesamtperformance.....	96
6.2 NT Reproduzierbarkeit: Training, Ebenen, QA, feedback, jährlich	98
7.1 Messregeln für den Arteria uterina Doppler (FMF UK).....	101

7.2 ETS für Präeklampsie: soll jeder Schwangeren angeboten werden, Algorithmus FMF UK..	104
7.3 PET Risiko >1:100, Aspirin 150mg ab sofort-36⁺⁰ SSW.....	106
8.1 Schwangere nach Frühgeburt, mit kurzer Cx / Blutung: micronisiertes Progesteron.....	112
9.1 AIP / PAS: sonographische Kriterien für 11-13⁺⁶ SSW.....	114
10.1 Vasa Praevia: wenn tiefe Insertion der NS – vaginaler US & color Doppler.....	115
11.1 Pre-Screening für GDM @ 11-13⁺⁶ Risikofaktoren, HbA1c, Nüchternglukose	120
11.2 Screening für Prä-Diabetes @ 11-13⁺⁶ SSW.....	129
11.3 Screening & Prävention für GDM @ 11-13⁺⁶ SSW.....	129
11.4 Screening für LGA Feten (nicht diabetisch) @ 11-13⁺⁶ SSW: Indikation.....	130
11.5 Screening für LGA @ 11-13⁺⁶ SSW: background, NT, free beta hCG, PAPP-A.....	129
11.6 LGA Screening & Biometrie.....	130

22 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4.1 Detektionsraten für immer, potentiell und nicht entdeckbare Fehlbildungen.....	45
Tabelle 4.2 Detektionsrate für immer, in mehr als 50% und selten entdeckbare Anomalien.....	45
Tabelle 4.3 Detektionsraten von Fehlbildungen abhängig von der Population (low / high risk)....	48
Tabelle 4.4 Ersttrimester Ultraschall @ 11 ⁺⁰ -13 ⁺⁶ SSW nach ISUOG.....	49
Tabelle 4.5 Anatomische Strukturen, strukturierte fetale US Untersuchung nach ISUOG.....	50
Tabelle 5.1 Vierfeldertafel.....	61
Tabelle 5.2 Häufigkeit von Chromosomenstörungen, mütterliches Alter am Termin.....	63
Tabelle 5.3 NT, Aneuploidien, submikroskopische Störungen / Einzelgenerkrankungen.....	72
Tabelle 5.4 Verteilung von NT, ETS Serumbiochemie und Trisomien 21, 18 und 13.....	78
Tabelle 5.5 Testgüte des Ersttrimester-Screenings.....	80
Tabelle 5.6 Kombiniertes ETS: DR & FPF für unterschiedliche cut off-Werte, für Trisomie 21....	80
Tabelle 5.7 Detektions und Einflussfaktoren auf die Fetale Fraktion (FF).....	83
Tabelle 5.8 Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13 durch cfDNA.....	85
Tabelle 5.9 Screening-Optionen / Testgüte im Screening auf Trisomie 21, 18 und 13.....	89
Tabelle 7.1 Risikofaktoren für die Entstehung einer Präeklampsie.....	100
Tabelle 7.2 Detektionsraten der Präeklampsie in low/ high-risk Schwangerschaften.....	101
Tabelle 7.3 Serumbiomarker und PE, gepoolte ORs (alle drei Trimester).....	102
Tabelle 7.4 Screening für Fetale intrauterine Wachstumsrestriktion, Detektionsraten.....	105
Tabelle 14.1 Mitglieder der Leitliniengruppe.....	133
Tabelle 15.1 Qualitätskriterien (GRADE) für RCTs.....	135
Tabelle 15.2 Beispiel 1: Dreistufiges Schema Graduierung von Empfehlungen.....	136
Tabelle 15.3 Feststellung der Konsensstärke.....	136

23 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 4.1 Scheitel-Steiß-Länge (SSL), 12 ⁺³ SSW.....	31
Abbildung 4.2 Biparietaler Diameter (BPD) und Kopfumfang (HC), 12 ⁺³ SSW.....	31
Abbildung 4.3 Bauchumfang (AC), 12 ⁺³ SSW.....	32
Abbildung 4.4 Femurlänge (FL), 12 ⁺³ SSW.....	32
Abbildung 4.5 Übersicht Fetus und Plazenta, 12 ⁺³ SSW.....	35
Abbildung 4.6 Kopf und Gehirn axial, 12 ⁺³ SSW.....	36
Abbildung 4.7 Gesicht sagittal, axial und frontal, 12 ⁺³ SSW.....	37
Abbildung 4.8 Herz und Thorax, axial, 12 ⁺³ SSW.....	38
Abbildung 4.9 Gastrointestinaltrakt, 12 ⁺³ SSW.....	38
Abbildung 4.10 Bauchwand, 12 ⁺³ SSW.....	39
Abbildung 4.11 Nabelschnur, 12 ⁺³ SSW.....	39
Abbildung 4.12 Wirbelsäule, 12 ⁺³ SSW.....	40
Abbildung 4.13 Extremitäten, 12 ⁺³ SSW.....	40

Abbildung 4.14 3D Ultraschall, 12 ⁺³ SSW.....	41
Abbildung 4.15 Intracranielle Transparenz und Spina bifida 12 ⁺³ SSW.....	53
Abbildung 4.16 Maxillary Gap und Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, 12 ⁺³ SSW.....	54
Abbildung 4.17 Fetale Echokardiographie, Standardebene, 12 ⁺³ SSW.....	57
Abbildung 5.1 Standardebene Nackentransparenz NT, NB, T, HS, IT, PC, CM (FMF UK).....	67
Abbildung 5.2 Trisomie 21, erhöhte Nackentransparenz (NT), fehlendes Nasenbein (NB).....	67
Abbildung 5.3 Verteilung der NT über der SSL (FMF UK), Perzentilenkurven (FMF UK).....	68
Abbildung 5.4 Vergleich Normwertkurven (FMF UK vs FMF-D), Perzentilenkurven.....	69
Abbildung 5.5 Standardebene Trikuspidalklappen Blutfluss (FMF UK).....	75
Abbildung 5.6 Standardebene Ductus venosus Blutfluss (FMF UK).....	76
Abbildung 7.1 Standardebene A. uterina Doppler (FMF UK).....	102
Abbildung 11.1 Risikofaktoren für GDM (mit Odds Ratios aus Metaanalysen).	110
Abbildung 11.2 Screening für Prädiabetes @ 11-13 ⁺⁶ SSW.....	124
Abbildung 11.3 Screening & Prävention für GDM @ 11-13 ⁺⁶ SSW.....	128

24 Literaturverzeichnis

1. Kaisenberg C von, Chaoui R, Häusler M, Kagan K, Kozlowski P, Merz E, Rempen A, Steiner H, Tercanli S, Wisser J, Heling KS. Quality Requirements for the early Fetal Ultrasound Assessment at 11–13+6 Weeks of Gestation (DEGUM Levels II and III). *Ultraschall Med.* 2016;37(03):297-302. doi:10.1055/s-0042-105514
2. Bilardo CM, Chaoui R, Hyett JA, Kagan KO, Karim JN, Papageorghiou AT, Poon LC, Salomon LJ, Syngelaki A, Nicolaides KH. ISUOG Practice Guidelines (updated): performance of 11–14-week ultrasound scan. *Ultrasound Obst Gyn.* 2023;61(1):127-143. doi:10.1002/uog.26106
3. Drukker L, Droste R, Chatelain P, Noble JA, Papageorghiou AT. Safety Indices of Ultrasound: Adherence to Recommendations and Awareness During Routine Obstetric Ultrasound Scanning. *Ultraschall Der Medizin - European J Ultrasound.* 2020;41(02):138-145. doi:10.1055/a-1074-0722
4. Heling KS, Kozlowski P. Safety aspects of ultrasound in prenatal diagnosis. *Ultraschall Der Medizin - European J Ultrasound.* 2020;41(02):116-119. doi:10.1055/a-1104-3412
5. Kaisenberg CS von, Klaritsch P, Ochsenbein-Kölble N, Hodel M, Nothacker M, Hecher K. AWMF 015-087 S2e Überwachung-Betreuung-Zwillingsschwangerschaften.pdf. AWMF. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/015-087>
6. Bundestag D. Gesetz über genetische Untersuchungen bei Menschen, Gendiagnostikgesetz (GenDG). *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr 50, ausgegeben zu Bonn am 4 August 2009.* 2009;14(1):347-362. <https://www.gesetze-im-internet.de/gendg/>
7. GEKO. Richtlinie der Gendiagnostik-Kommission (GEKO) für die Anforderungen an die Durchführung der vorgeburtlichen Risikoabklärung sowie an die insoweit erforderlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung gemäß 23 Abs. 2 Nr. 5 GenDG. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz.* 2013;56(7):1023-1027. doi:10.1007/s00103-013-1782-6
8. GEKO. Richtlinie der Gendiagnostik-Kommission (GEKO) für die Beurteilung genetischer Eigenschaften hinsichtlich ihrer Bedeutung nach 15 Abs. 1 Satz 1 GenDG für eine Beeinträchtigung der Gesundheit des Embryos oder des Fötus während der Schwangerschaft oder nach der Geburt gemäß 23 Abs. 2 Nr. 1d GenDG. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz.* 2013;56(7):1028-1029. doi:10.1007/s00103-013-1783-5
9. GBA. Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Änderung der Mutterschafts-Richtlinien (Mu-RL): Nicht-invasive Pränataldiagnostik zur Bestimmung des Risikos autosomaler Trisomien 13, 18 und 21 mittels eines molekulargenetischen Tests (NIPT) für die Anwendung bei Schwangerschaften mit besonderen Risiken, 19. September 2019. *Bundesanzeiger 2752019.* Published online September 19, 2019. <https://www.g-ba.de/beschluesse/3955/>
10. Bundestag D. Gesetz zur Verbesserung der Rechte von Patientinnen und Patienten, Patientenrechtegesetz (PRG). *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr 9, ausgegeben zu Bonn am 25 Februar 2013.* Published online February 25, 2013. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/p/patientenrechtegesetz.html>
11. Bundestag D. Gesetz zur Vermeidung und Bewältigung von Schwangerschaftskonflikten, Schwangerschaftskonfliktgesetz (SchKG). *Schwangerschaftskonfliktgesetz vom 27 Juli 1992 (BGBl I S 1398), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 11 Juli 2022 (BGBl I S 1082) geändert worden ist.* Published online July 11, 2022. <https://www.gesetze-im-internet.de/beratungsg/>

12. Bundestag Ö. Österreich § 68 GTG (Gentechnikgesetz), Durchführung von genetischen Analysen am Menschen zu medizinischen Zwecken.pdf. Published online March 12, 2023. <https://www.jusline.at/gesetz/gtg/paragraf/68>
13. Bundestag S. Bundesgesetz vom 8. Oktober 2004 über genetische Untersuchungen beim Menschen (GUMG).pdf. Published online April 1, 2007. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2007/131/de>
14. (KLV) KL, (OKP) OK. Analysenliste (AL).pdf. Published online January 1, 2023. <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/versicherungen/krankenversicherung/krankenversicherung-leistungen-tarife/Analysenliste.html>
15. Bundestag D. § 218 StGB. https://www.gesetze-im-internet.de/stgb/_218.html
16. Bundestag Ö. Österreich - Strafgesetzbuch § 97.pdf. Published online January 1, 2016. <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/1974/60/P97/NOR40173625>
17. Bundestag S. Art. 119 StGB (Strafgesetzbuch - 2020).pdf. Published online October 1, 2002. <https://www.swissrights.ch/gesetz/Artikel-119-StGB-2020-DE.php>
18. Generationen B für soziale S und. Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Festlegung eines Mutter-Kind-Pass- Untersuchungsprogrammes, die Voraussetzungen zur Weitergewährung des Kinderbetreuungsgeldes in voller Höhe sowie über den Mutter-Kind-Pass (Mutter-Kind-Pass-Verordnung 2002 - MuKiPassV). Published online March 12, 2023. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20001694>
19. (EDI) DED des I. Verordnung des EDI vom 29. September 1995 über Leistungen in der obligatorischen Kra.pdf. Published online March 1, 2023. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1995/4964_4964_4964/de
20. Salomon LJ, Bernard JP, Duyme M, Dorion A, Ville Y. Revisiting first-trimester fetal biometry. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2003;22(1):63-66. doi:10.1002/uog.162
21. Kaisenberg CSV, Fritzer E, Kühling H, Jonat W. Fetal transabdominal biometry at 11–14 weeks of gestation. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2002;20(6):564-574. doi:10.1046/j.1469-0705.2002.00842.x
22. Savitz DA, Terry JW, Dole N, Thorp JM, Siega-Riz AM, Herring AH. Comparison of pregnancy dating by last menstrual period, ultrasound scanning, and their combination. *Am J Obstet Gynecol.* 2002;187(6):1660-1666. doi:10.1067/mob.2002.127601
23. Napolitano R, Dhami J, Ohuma E, Ioannou C, Conde-Agudelo A, Kennedy S, Villar J, Papageorghiou A. Pregnancy dating by fetal crown–rump length: a systematic review of charts. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol.* 2014;121(5):556-565. doi:10.1111/1471-0528.12478
24. Salomon LJ, Alfievic Z, Costa FDS, Deter RL, Figueras F, Ghi T, Glanc P, Khalil A, Lee W, Napolitano R, Papageorghiou A, Sotiriadis A, Stirnemann J, Toi A, Yeo G. ISUOG Practice Guidelines: ultrasound assessment of fetal biometry and growth. *Ultrasound Obst Gyn.* 2019;53(6):715-723. doi:10.1002/uog.20272
25. Suresh S, Sudarshan S, Rangaraj A, Indrani S, Cuckle H. Spina bifida screening in the first trimester using ultrasound biparietal diameter measurement adjusted for crown-rump length or abdominal circumference. *Prenat Diagn.* 2019;39(4):314-318. doi:10.1002/pd.5433
26. Simon EG, Arthuis CJ, Haddad G, Bertrand P, Perrotin F. Biparietal/transverse abdominal diameter ratio ≤ 1 : potential marker for open spina bifida at 11–13-week scan. *Ultrasound Obst Gyn.* 2015;45(3):267-272. doi:10.1002/uog.13406

27. Bernard JP, Cuckle HS, Bernard MA, Brochet C, Salomon LJ, Ville Y. Combined screening for open spina bifida at 11-13 weeks using fetal biparietal diameter and maternal serum markers. *Am J Obstet Gynecol.* 2013;209(3):223.e1-223.e5. doi:10.1016/j.ajog.2013.05.024
28. Karl K, Benoit B, Entezami M, Heling KS, Chaoui R. Small biparietal diameter in fetuses with spina bifida on 11–13-week and mid-gestation ultrasound. *Ultrasound Obst Gyn.* 2012;40(2):140-144. doi:10.1002/uog.11175
29. Sepulveda W, Wong AE, Andreeva E, Odegova N, Martinez-Ten P, Meagher S. Biparietal Diameter–to–Crown-Rump Length Disproportion in First-Trimester Fetuses With Holoprosencephaly. *J Ultras Med.* 2014;33(7):1165-1169. doi:10.7863/ultra.33.7.1165
30. Khalil A, Pajkrt E, Chitty LS. Early prenatal diagnosis of skeletal anomalies. *Prenat Diagn.* 2011;31(1):115-124. doi:10.1002/pd.2676
31. Sladkevicius P, Saltvedt S, Almström H, Kublickas M, Grunewald C, Valentin L. Ultrasound dating at 12–14 weeks of gestation. A prospective cross-validation of established dating formulae in in-vitro fertilized pregnancies. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2005;26(5):504-511. doi:10.1002/uog.1993
32. Grange G, Pannier E, Goffinet F, Cabrol D, Zorn JR. Dating biometry during the first trimester: accuracy of an every-day practice. *Eur J Obstet Gyn R B.* 2000;88(1):61-64. doi:10.1016/s0301-2115(99)00127-x
33. Helmerhorst FM, Perquin DAM, Donker D, Keirse MJNC. Perinatal outcome of singletons and twins after assisted conception: a systematic review of controlled studies. *Bmj.* 2004;328(7434):261. doi:10.1136/bmj.37957.560278.ee
34. Hansen M, Bower C, Milne E, Klerk N de, J.Kurinczuk J. Assisted reproductive technologies and the risk of birth defects—a systematic review. *Hum Reprod.* 2005;20(2):328-338. doi:10.1093/humrep/deh593
35. Salomon LJ. Comment déterminer la date de début de grossesse ? *J de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction.* 2011;40(8):726-733. doi:10.1016/j.jgyn.2011.09.016
36. Robinson HP, Fleming JEE. A CRITICAL EVALUATION OF SONAR “CROWN-RUMP LENGTH” MEASUREMENTS. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol.* 1975;82(9):702-710. doi:10.1111/j.1471-0528.1975.tb00710.x
37. McLennan A, Schluter P. Construction of modern Australian first trimester ultrasound dating and growth charts. *J Med Imag Radiat On.* 2008;52(5):471-479. doi:10.1111/j.1440-1673.2008.01992.x
38. Verburg BO, Steegers EAP, Ridder MD, Snijders RJM, Smith E, Hofman A, Moll HA, Jaddoe VWV, Witteman JCM. New charts for ultrasound dating of pregnancy and assessment of fetal growth: longitudinal data from a population-based cohort study. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2008;31(4):388-396. doi:10.1002/uog.5225
39. Sahota DS, Leung TY, Leung TN, Chan OK, Lau TK. Fetal crown–rump length and estimation of gestational age in an ethnic Chinese population. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2009;33(2):157-160. doi:10.1002/uog.6252
40. Papageorghiou AT, Kennedy SH, Salomon LJ, Ohuma EO, Ismail LC, Barros FC, Lambert A, Carvalho M, Jaffer YA, Bertino E, Gravett MG, Altman DG, Purwar M, Noble JA, Pang R, Victora CG, Bhutta ZA, Villar J, (INTERGROWTH-21st) for the IF and NGC for the 21st C. International standards for early fetal size and pregnancy dating based on ultrasound measurement of crown–rump length in the first trimester of pregnancy. *Ultrasound Obst Gyn.* 2014;44(6):641-648. doi:10.1002/uog.13448

41. Nicolaides KH. Nuchal translucency and other first-trimester sonographic markers of chromosomal abnormalities. *Am J Obstet Gynecol*. 2004;191(1):45-67. doi:10.1016/j.ajog.2004.03.090
42. Karim JN, Roberts NW, Salomon LJ, Papageorgiou AT. Systematic review of first-trimester ultrasound screening for detection of fetal structural anomalies and factors that affect screening performance. *Ultrasound Obst Gyn*. 2017;50(4):429-441. doi:10.1002/uog.17246
43. Syngelaki A, Chelemen T, Dagklis T, Allan L, Nicolaides KH. Challenges in the diagnosis of fetal non-chromosomal abnormalities at 11–13 weeks. *Prenatal Diag*. 2011;31(1):90-102. doi:10.1002/pd.2642
44. Syngelaki A, Hammami A, Bower S, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH. Diagnosis of fetal non-chromosomal abnormalities on routine ultrasound examination at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obst Gyn*. 2019;54(4):468-476. doi:10.1002/uog.20844
45. Rossi AC, Prefumo F. Accuracy of Ultrasonography at 11–14 Weeks of Gestation for Detection of Fetal Structural Anomalies. *Obstetrics Gynecol*. 2013;122(6):1160-1167. doi:10.1097/aog.0000000000000015
46. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, Fu Q, Yang X, Guo W, Huang Y, Zeng Q, Qin Y, Xiang H, Li S. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. *Am J Obstet Gynecol*. 2021;224(4):396.e1-396.e15. doi:10.1016/j.ajog.2020.10.037
47. Farraposo S, Montenegro N, Matias A. Evaluation of the role of first-trimester obstetric ultrasound in the detection of major anomalies: a systematic review. *J Perinat Med*. 2014;42(2):141-149. doi:10.1515/jpm-2013-0130
48. Sagi-Dain L, Peleg A, Sagi S. First-Trimester Crown-Rump Length and Risk of Chromosomal Aberrations—A Systematic Review and Meta-analysis. *Obstet Gynecol Surv*. 2017;72(10):603-609. doi:10.1097/ogx.0000000000000490
49. Alldred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First and second trimester serum tests with and without first trimester ultrasound tests for Down's syndrome screening. *Cochrane Db Syst Rev*. 2017;2017(3):CD012599. doi:10.1002/14651858.cd012599
50. Bennett KA, Crane JMG, O'Shea P, Lacelle J, Hutchens D, Copel JA. First trimester ultrasound screening is effective in reducing postterm labor induction rates: A randomized controlled trial. *Am J Obstet Gynecol*. 2004;190(4):1077-1081. doi:10.1016/j.ajog.2003.09.065
51. Chen M, Lee CP, Lam YH, Tang RYK, Chan BCP, Wong SF, Tse LHY, Tang MHY. Comparison of nuchal and detailed morphology ultrasound examinations in early pregnancy for fetal structural abnormality screening: a randomized controlled trial. *Ultrasound Obst Gyn*. 2008;31(2):136-146. doi:10.1002/uog.5232
52. Harrington D, MacKenzie I, Thompson K, Fleminger M, Greenwood C. Does a first trimester dating scan using crown rump length measurement reduce the rate of induction of labour for prolonged pregnancy? An uncompleted randomised controlled trial of 463 women. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2006;113(2):171-176. doi:10.1111/j.1471-0528.2005.00833.x
53. Saltvedt S, Almström H, Kublickas M, Valentin L, Grunewald C. Detection of malformations in chromosomally normal fetuses by routine ultrasound at 12 or 18 weeks of gestation—a randomised controlled trial in 39 572 pregnancies. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2006;113(6):664-674. doi:10.1111/j.1471-0528.2006.00953.x
54. Kaisenberg CS von, Kaisenberg HK von, Fritzer E, Schemm S, Meinhold-Heerlein I, Jonat W. Fetal transabdominal anatomy scanning using standard views at 11 to 14 weeks' gestation. *Am J Obstet Gynecol*. 2005;192(2):535-542. doi:10.1016/j.ajog.2004.08.034

55. Merz E, Meinel K, Bald R, Bernaschek G, Deutinger J, Eichhorn K, Feige A, Grab D, Hackelöer BJ, Hansmann M, Kainer F, Schillinger W, Schneider KT, Staudach A, Steiner H, Tercanli S, Terinde R, Wisser J, DEGUM, Foundation FM. DEGUM-Stufe-III-Empfehlung zur „weiterführenden“ sonographischen Untersuchung (= DEGUM-Stufe II) im Zeitraum 11 - 14 Schwangerschaftswochen. *Ultraschall Med.* 2004;25(04):299-301. doi:10.1055/s-2004-813176
56. Salomon LJ, Alfirevic Z, Bilardo CM, Chalouhi GE, Ghi T, Kagan KO, Lau TK, Papageorgiou AT, Raine-Fenning NJ, Stirnemann J, Suresh S, Tabor A, Timor-Tritsch IE, Toi A, Yeo G. ISUOG Practice Guidelines: performance of first-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obst Gyn.* 2013;41(1):102-113. doi:10.1002/uog.12342
57. Volpe N, Sen C, Turan S, Sepulveda W, Khalil A, Rolnik DL, Robertis VD, Volpe P, Gil MM, Chaveeva P, Dagklis T, Pooh R, Kosinski P, Cruz J, Huertas E, Antonio FD, Calvo JR, Markova AD. First trimester examination of fetal anatomy: clinical practice guideline by the World Association of Perinatal Medicine (WAPM) and the Perinatal Medicine Foundation (PMF). *J Perinat Med.* 2022;50(7):863-877. doi:10.1515/jpm-2022-0125
58. Whitworth M, Bricker L, Mullan C. Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. *Cochrane Db Syst Rev.* 2015;2015(7):CD007058. doi:10.1002/14651858.cd007058.pub3
59. Chen F, Gerhardt J, Entezami M, Chaoui R, Henrich W. Detection of Spina Bifida by First Trimester Screening – Results of the Prospective Multicenter Berlin IT-Study. *Ultraschall Der Medizin - European J Ultrasound.* 2015;38(02):151-157. doi:10.1055/s-0034-1399483
60. Chaoui R, Orosz G, Heling KS, Sarut-Lopez A, Nicolaides KH. Maxillary gap at 11–13 weeks' gestation: marker of cleft lip and palate. *Ultrasound Obst Gyn.* 2015;46(6):665-669. doi:10.1002/uog.15675
61. Hoopmann M, Kagan K. Das fetale Profil im ersten Trimenon – mehr als nur NT. *Ultraschall Der Medizin - European J Ultrasound.* 2017;38(06):611-618. doi:10.1055/s-0043-118533
62. Timor-Tritsch IE, Bashiri A, Monteagudo A, Arslan AA. Qualified and trained sonographers in the US can perform early fetal anatomy scans between 11 and 14 weeks. *Am J Obstet Gynecol.* 2004;191(4):1247-1252. doi:10.1016/j.ajog.2004.03.007
63. Rasiah SV, Publicover M, Ewer AK, Khan KS, Kilby MD, Zamora J. A systematic review of the accuracy of first-trimester ultrasound examination for detecting major congenital heart disease. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2006;28(1):110-116. doi:10.1002/uog.2803
64. Shipp TD, Benacerraf BR. Second trimester ultrasound screening for chromosomal abnormalities. *Prenat Diagn.* 2002;22(4):296-307. doi:10.1002/pd.307
65. Huggon IC, DeFigueiredo DB, Allan LD. Tricuspid regurgitation in the diagnosis of chromosomal anomalies in the fetus at 11–14 weeks of gestation. *Heart.* 2003;89(9):1071. doi:10.1136/heart.89.9.1071
66. Khalil A, Nicolaides KH. Fetal heart defects: Potential and pitfalls of first-trimester detection. *Seminars Fetal Neonatal Medicine.* 2013;18(5):251-260. doi:10.1016/j.siny.2013.05.004
67. Chaoui R, Benoit B, Mitkowska-Wozniak H, Heling KS, Nicolaides KH. Assessment of intracranial translucency (IT) in the detection of spina bifida at the 11–13-week scan. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2009;34(3):249-252. doi:10.1002/uog.7329
68. Lachmann R, Chaoui R, Moratalla J, Picciarelli G, Nicolaides KH. Posterior brain in fetuses with open spina bifida at 11 to 13 weeks. *Prenat Diagn.* 2011;31(1):103-106. doi:10.1002/pd.2632

69. Nicolaides KH, Gabbe SG, Campbell S, Guidetti R. ULTRASOUND SCREENING FOR SPINA BIFIDA: CRANIAL AND CEREBELLAR SIGNS. *Lancet*. 1986;328(8498):72-74. doi:10.1016/s0140-6736(86)91610-7
70. Scheier M, Lachmann R, Pětroš M, Nicolaides KH. Three-dimensional sonography of the posterior fossa in fetuses with open spina bifida at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obst Gyn*. 2011;38(6):625-629. doi:10.1002/uog.9067
71. Lachmann R, Picciarelli G, Moratalla J, Greene N, Nicolaides KH. Frontomaxillary facial angle in fetuses with spina bifida at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2010;36(3):268-271. doi:10.1002/uog.7718
72. Ramkrishna J, Júnior EA, Peixoto AB, Costa FDS, Meagher S. Maxillo–occipital line: a sonographic marker for screening of open spina bifida in the first trimester of pregnancy. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine*. 2019;32(24):4073-4079. doi:10.1080/14767058.2018.1481384
73. Volpe P, Robertis RD, Fanelli T, Boito S, Volpe G, Votino C, Persico N, Chaoui R. Low torcular Herophili position and large brainstem–tentorium angle in fetuses with open spinal dysraphism at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obst Gyn*. 2022;59(1):49-54. doi:10.1002/uog.23697
74. Chaoui R, Benoit B, Entezami M, Frenzel W, Heling KS, Ladendorf B, Pietzsch V, Lopez AS, Karl K. Ratio of fetal choroid plexus to head size: simple sonographic marker of open spina bifida at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obst Gyn*. 2019;55(1):81-86. doi:10.1002/uog.20856
75. Ungureanu DR, Drăgușin RC, Căpitănescu RG, Zorilă L, Ofițeru AMI, Marinaș C, Pătru CL, Comănescu AC, Comănescu MC, Sîrbu OC, Vrabie MS, Dijmărescu LA, Streață I, Burada F, Ioana M, Drăgoescu AN, Iliescu DG. First Trimester Ultrasound Detection of Fetal Central Nervous System Anomalies. *Brain Sci*. 2023;13(1):118. doi:10.3390/brainsci13010118
76. Ushakov F, Sacco A, Andreeva E, Tudorache S, Everett T, David AL, Pandya PP. Crash sign: new first-trimester sonographic marker of spina bifida. *Ultrasound Obst Gyn*. 2019;54(6):740-745. doi:10.1002/uog.20285
77. Loureiro T, Ushakov F, Montenegro N, Gielchinsky Y, Nicolaides KH. Cerebral ventricular system in fetuses with open spina bifida at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obst Gyn*. 2012;39(6):620-624. doi:10.1002/uog.11079
78. Egle D, Strobl I, Weiskopf-Schwendinger V, Grubinger E, Kraxner F, Mutz-Dehbalaie IS, Strasak A, Scheier M. Appearance of the fetal posterior fossa at 11 + 3 to 13 + 6 gestational weeks on transabdominal ultrasound examination. *Ultrasound Obst Gyn*. 2011;38(6):620-624. doi:10.1002/uog.8957
79. Lowry RB, Bedard T, Grevers X, Crawford S, Greenway SC, Brindle ME, Sarnat HB, Harrop AR, Kiefer GN, Thomas M. The Alberta Congenital Anomalies Surveillance System: a 40-year review with prevalence and trends for selected congenital anomalies, 1997–2019. *Heal Promot Chronic Dis Prev Can*. 2023;43(1):40-48. doi:10.24095/hpcdp.43.1.04
80. Sepulveda W, Wong AE, Martinez-Ten P, Perez-Pedregosa J. Retronasal triangle: a sonographic landmark for the screening of cleft palate in the first trimester. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2010;35(1):7-13. doi:10.1002/uog.7484
81. Sepulveda W, Wong AE, Viñals F, Andreeva E, Adzehova N, Martinez-Ten P. Absent mandibular gap in the retronasal triangle view: a clue to the diagnosis of micrognathia in the first trimester. *Ultrasound Obst Gyn*. 2012;39(2):152-156. doi:10.1002/uog.10121

82. Hoopmann M, Sonek J, Esser T, Bilardo CM, Wagner P, Abele H, Kagan KO. Frontal space distance in facial clefts and retrognathia at 11–13 weeks' gestation. *Ultrasound Obst Gyn.* 2016;48(2):171-176. doi:10.1002/uog.15823
83. Hyett JA, Perdu M, Sharland GK, Snijders RSM, Nicolaides KH. Increased nuchal translucency at 10–14 weeks of gestation as a marker for major cardiac defects. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 1997;10(4):242-246. doi:10.1046/j.1469-0705.1997.10040242.x
84. Clur SA, Ottenkamp J, Bilardo CM. The nuchal translucency and the fetal heart: a literature review. *Prenat Diagn.* 2009;29(8):739-748. doi:10.1002/pd.2281
85. Matias A, Gomes C, Flack N, Montenegro N, Nicolaides KH. Screening for chromosomal abnormalities at 10–14 weeks: the role of ductus venosus blood flow. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 1998;12(6):380-384. doi:10.1046/j.1469-0705.1998.12060380.x
86. Makrydimas G, Sotiriadis A, Ioannidis JPA. Screening performance of first-trimester nuchal translucency for major cardiac defects: a meta-analysis. *Am J Obstet Gynecol.* 2003;189(5):1330-1335. doi:10.1067/s0002-9378(03)00645-8
87. Scala C, Morlando M, Familiari A, Maggiore ULR, Ferrero S, D'Antonio F, Khalil A. Fetal Tricuspid Regurgitation in the First Trimester as a Screening Marker for Congenital Heart Defects: Systematic Review and Meta-Analysis. *Fetal Diagn Ther.* 2017;42(1):1-8. doi:10.1159/000455947
88. Papatheodorou S, Evangelou E, Makrydimas G, Ioannidis J. First-trimester ductus venosus screening for cardiac defects: a meta-analysis. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol.* 2011;118(12):1438-1445. doi:10.1111/j.1471-0528.2011.03029.x
89. Ghi T, Huggon IC, Zosmer N, Nicolaides KH. Incidence of major structural cardiac defects associated with increased nuchal translucency but normal karyotype. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2001;18(6):610-614. doi:10.1046/j.0960-7692.2001.00584.x
90. Bahado-Singh RO, Wapner R, Thom E, Zachary J, Platt L, Mahoney MJ, Johnson A, Silver RK, Pergament E, Filkins K, Hogge WA, Wilson RD, Jackson LG, Group for the FTMSB and FNTS (BUN) S. Elevated first-trimester nuchal translucency increases the risk of congenital heart defects. *Am J Obstet Gynecol.* 2005;192(5):1357-1361. doi:10.1016/j.ajog.2004.12.086
91. Jouannic J, Thieulin A, Bonnet D, Houyel L, Lelong N, Goffinet F, Khoshnood B. Measurement of nuchal translucency for prenatal screening of congenital heart defects: a population-based evaluation. *Prenat Diagn.* 2011;31(13):1264-1269. doi:10.1002/pd.2883
92. Jelliffe-Pawlowski LL, Norton ME, Shaw GM, Baer RJ, Flessel MC, Goldman S, Currier RJ. Risk of critical congenital heart defects by nuchal translucency norms. *Am J Obstet Gynecol.* 2015;212(4):518.e1-518.e10. doi:10.1016/j.ajog.2014.10.1102
93. Minnella GP, Crupano FM, Syngelaki A, Zidere V, Akolekar R, Nicolaides KH. Diagnosis of major heart defects by routine first-trimester ultrasound examination: association with increased nuchal translucency, tricuspid regurgitation and abnormal flow in ductus venosus. *Ultrasound Obst Gyn.* 2020;55(5):637-644. doi:10.1002/uog.21956
94. Sinkovskaya ES, Chaoui R, Karl K, Andreeva E, Zhuchenko L, Abuhamad AZ. Fetal Cardiac Axis and Congenital Heart Defects in Early Gestation. *Obstetrics Gynecol.* 2015;125(2):453-460. doi:10.1097/aog.0000000000000608

95. Zhang YF, Zeng XL, Zhao EF, Lu HW. Diagnostic Value of Fetal Echocardiography for Congenital Heart Disease. *Medicine*. 2015;94(42):e1759. doi:10.1097/md.0000000000001759
96. Karim JN, Bradburn E, Roberts N, Papageorgiou AT, Papageorgiou AT, Alfrevic Z, Chudleigh T, Goodman H, Ioannou C, Longworth H, Karim JN, Nicolaides KH, Pandya P, Smith G, Thilaganathan B, Thornton J, Rivero-Arias O, Campbell H, Juszczak E, Linsell L, Wilson E, Hinton L, Fisher J, Duff E, Rhodes A, Yaz G. First-trimester ultrasound detection of fetal heart anomalies: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obst Gyn*. 2022;59(1):11-25. doi:10.1002/uog.23740
97. Moncrieff G, Finlayson K, Cordey S, McCrimmon R, Harris C, Barreix M, Tunçalp Ö, Downe S. First and second trimester ultrasound in pregnancy: A systematic review and metasynthesis of the views and experiences of pregnant women, partners, and health workers. *Plos One*. 2021;16(12):e0261096. doi:10.1371/journal.pone.0261096
98. Fontoura FC, Cardoso MVLML, Rodrigues SE, Almeida PC de, Carvalho LB. Anxiety of mothers of newborns with congenital malformations in the pre- and postnatal periods*. *Rev Lat-am Enferm*. 2018;26(0):e3080. doi:10.1590/1518-8345.2482.3080
99. Kersting A, Dorsch M, Kreulich C, Reutemann M, Ohrmann P, Baez E, Arolt V. Trauma and grief 2–7 years after termination of pregnancy because of fetal anomalies – a pilot study. *J Psychosom Obst Gyn*. 2005;26(1):9-14. doi:10.1080/01443610400022967
100. Davies V, Gledhill J, McFadyen A, Whitlow B, Economides D. Psychological outcome in women undergoing termination of pregnancy for ultrasound-detected fetal anomaly in the first and second trimesters: a pilot study. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2005;25(4):389-392. doi:10.1002/uog.1854
101. Kähler C, Faber R, Geipel A, Heling KS, Kagan KO, Kozlowski P, Schramm T. Empfehlungen der DEGUM zu diagnostischen Punktionen in der Pränatalmedizin. *Ultraschall Der Medizin - European J Ultrasound*. Published online 2023. doi:10.1055/a-2014-4505
102. EUROCAT Anomalies including genetic anomalies. European Commission, EUROCAT data, Prevalence charts and tables. https://eu-rd-platform.jrc.ec.europa.eu/eurocat/eurocat-data/prevalence_en
103. Bulletins—Obstetrics AC of O and GC on P, Genetics C on, Medicine S for MF. Screening for Fetal Chromosomal Abnormalities: ACOG Practice Bulletin, Number 226. *Obstetrics Gynecol*. 2020;136(4):e48-e69. doi:10.1097/aog.0000000000004084
104. Kagan KO, Wright D, Valencia C, Maiz N, Nicolaides KH. Screening for trisomies 21, 18 and 13 by maternal age, fetal nuchal translucency, fetal heart rate, free -hCG and pregnancy-associated plasma protein-A. *Human Reproduction*. 2008;23(9):1968-1975. doi:10.1093/humrep/den224
105. Bindra R, Heath V, Liao A, Spencer K, Nicolaides KH. One-stop clinic for assessment of risk for trisomy 21 at 11–14 weeks: a prospective study of 15 030 pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2002;20(3):219-225. doi:10.1046/j.1469-0705.2002.00808.x
106. Kagan KO, Etchegaray A, Zhou Y, Wright D, Nicolaides KH. Prospective validation of first-trimester combined screening for trisomy 21. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2009;34(1):14-18. doi:10.1002/uog.6412
107. Liu Y, Ye X, Zhang Na, Zhang B, Guo C, Huang W, Jing L, Wang M, Yang G, Wei X, Jing C. Diagnostic value of ultrasonographic combining biochemical markers for Down syndrome screening in first trimester: a meta-analysis. *Prenat Diagn*. 2015;35(9):879-887. doi:10.1002/pd.4626

108. Kaul A, Singh C, Gupta R, Arora N, Gupta A. Observational study comparing the performance of first-trimester screening protocols for detecting trisomy 21 in a North Indian population. *Int J Gynecol Obstet*. 2017;137(1):14-19. doi:10.1002/ijgo.12087
109. Santorum M, Wright D, Syngelaki A, Karagiotti N, Nicolaides KH. Accuracy of first-trimester combined test in screening for trisomies 21, 18 and 13. *Ultrasound Obst Gyn*. 2017;49(6):714-720. doi:10.1002/uog.17283
110. Abele H, Wagner P, Sonek J, Hoopmann M, Brucker S, Artunc-Ulkumen B, Kagan KO. First trimester ultrasound screening for Down syndrome based on maternal age, fetal nuchal translucency and different combinations of the additional markers nasal bone, tricuspid and ductus venosus flow. *Prenat Diagn*. 2015;35(12):1182-1186. doi:10.1002/pd.4664
111. Maiz N, Valencia C, Kagan KO, Wright D, Nicolaides KH. Ductus venosus Doppler in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11–13 weeks of gestation. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2009;33(5):512-517. doi:10.1002/uog.6330
112. Kagan KO, Cicero S, Staboulidou I, Wright D, Nicolaides KH. Fetal nasal bone in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11–13 weeks of gestation. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2009;33(3):259-264. doi:10.1002/uog.6318
113. Kagan KO, Valencia C, Livanos P, Wright D, Nicolaides KH. Tricuspid regurgitation in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11 + 0 to 13 + 6 weeks of gestation. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2009;33(1):18-22. doi:10.1002/uog.6264
114. Maiz N, Kagan KO, Milovanovic Z, Celik E, Nicolaides KH. Learning curve for Doppler assessment of ductus venosus flow at 11 + 0 to 13 + 6 weeks' gestation. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2008;31(5):503-506. doi:10.1002/uog.5282
115. Kagan KO, Wright D, Valencia C, Maiz N, Nicolaides KH. Screening for trisomies 21, 18 and 13 by maternal age, fetal nuchal translucency, fetal heart rate, free β -hCG and pregnancy-associated plasma protein-A. *Hum Reprod*. 2008;23(9):1968-1975. doi:10.1093/humrep/den224
116. CUCKLE HS, WALD NJ, THOMPSON SG. Estimating a woman's risk of having a pregnancy associated with Down's syndrome using her age and serum alpha-fetoprotein level. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 1987;94(5):387-402. doi:10.1111/j.1471-0528.1987.tb03115.x
117. Snijders RJM, Sebire NJ, Nicolaides KH. Maternal Age and Gestational Age-Specific Risk for Chromosomal Defects. *Fetal Diagn Ther*. 1995;10(6):356-367. doi:10.1159/000264259
118. Kagan KO, Wright D, Etchegaray A, Zhou Y, Nicolaides KH. Effect of deviation of nuchal translucency measurements on the performance of screening for trisomy 21. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2009;33(6):657-664. doi:10.1002/uog.6370
119. Abele H, Wagner N, Hoopmann M, Grischke E -M., Wallwiener D, Kagan KO. Effect of deviation from the mid-sagittal plane on the measurement of fetal nuchal translucency. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2010;35(5):525-529. doi:10.1002/uog.7599
120. Wright D, Kagan KO, Molina FS, Gazzoni A, Nicolaides KH. A mixture model of nuchal translucency thickness in screening for chromosomal defects. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2008;31(4):376-383. doi:10.1002/uog.5299

121. Lüthgens K, Abele H, Alkier R, Hoopmann M, Kagan KO. [Cross-validation of the first trimester screening algorithm of the FMF London on 38,700 pregnancies in Germany]. *Ultraschall Der Medizin Stuttgart Ger 1980*. 2011;32(4):367-372. doi:10.1055/s-0031-1273348
122. Wright D, Kagan KO, Molina FS, Gazzoni A, Nicolaides KH. A mixture model of nuchal translucency thickness in screening for chromosomal defects. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2008;31(4):376-383. doi:10.1002/uog.5299
123. Snijders R, Noble P, Sebire N, Souka A, Nicolaides K, Group for the FMFFTS. UK multicentre project on assessment of risk of trisomy 21 by maternal age and fetal nuchal-translucency thickness at 10–14 weeks of gestation. *Lancet*. 1998;352(9125):343-346. doi:10.1016/s0140-6736(97)11280-6
124. Snijders R, Noble P, Sebire N, Souka A, Nicolaides KH. UK multicentre project on assessment of risk of trisomy 21 by maternal age and fetal nuchal-translucency thickness at 10–14 weeks of gestation. *The Lancet*. 1998;352(9125):343-346. doi:10.1016/s0140-6736(97)11280-6
125. Gasior  k-Wiens A, Tercanli S, Kozlowski P, Kossakiewicz A, Minderer S, Meyberg H, Kamin G, Germer U, Bielicki M, Hackel  r BJ, Sarlay D, Kuhn P, Klapp J, Bahlmann F, Pruggmayer M, Schneider KT, Seefried W, Fritzer E, Kaisenberg CS von, Group GSDSS. Screening for trisomy 21 by fetal nuchal translucency and maternal age: a multicenter project in Germany, Austria and Switzerland. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2001;18(6):645-648. doi:10.1046/j.0960-7692.2001.00604.x
126. Alldred SK, Takwoingi Y, Guo B, Pennant M, Deeks JJ, Neilson JP, Alfirevic Z. First trimester ultrasound tests alone or in combination with first trimester serum tests for Down’s syndrome screening. *Cochrane Db Syst Rev*. 2017;2017(3):CD012600. doi:10.1002/14651858.cd012600
127. Souka AP, Kaisenberg CS von, Hyett JA, Sonek JD, Nicolaides KH. Increased nuchal translucency with normal karyotype. *Am J Obstet Gynecol*. 2005;192(4):1005-1021. doi:10.1016/j.ajog.2004.12.093
128. Kozlowski P, Burkhardt T, Gembruch U, Gonser M, K  hler C, Kagan KO, Kaisenberg C von, Klaritsch P, Merz E, Steiner H, Tercanli S, Vetter K, Schramm T. DEGUM,   GUM, SGUM and FMF Germany Recommendations for the Implementation of First-Trimester Screening, Detailed Ultrasound, Cell-Free DNA Screening and Diagnostic Procedures. *Ultraschall Der Medizin - European J Ultrasound*. 2019;40(02):176-193. doi:10.1055/a-0631-8898
129. Bardi F, Bosschieter P, Verheij J, Go A, Haak M, Bekker M, Sikkel E, Coumans A, Pajkrt E, Bilardo C. Is there still a role for nuchal translucency measurement in the changing paradigm of first trimester screening? *Prenat Diagn*. 2020;40(2):197-205. doi:10.1002/pd.5590
130. Hui L, Pynaker C, Bonacquisti L, Lindquist A, Poulton A, Kluckow E, Hutchinson B, Norris F, Pertile MD, Gugasyan L, Kulkarni A, Harraway J, Howden A, McCoy R, Costa F da S, Menezes M, Palma-Dias R, Nisbet D, Martin N, Bethune M, Poulakis Z, Halliday J. Reexamining the optimal nuchal translucency cutoff for diagnostic testing in the cell-free DNA and microarray era: results from the Victorian Perinatal Record Linkage study. *Am J Obstet Gynecol*. 2021;225(5):527.e1-527.e12. doi:10.1016/j.ajog.2021.03.050
131. Maya I, Yacobson S, Kahana S, Yeshaya J, Tenne T, Agmon-Fishman I, Cohen-Vig L, Shohat M, Basel-Vanagaite L, Sharony R. Cut-off value of nuchal translucency as indication for chromosomal microarray analysis. *Ultrasound Obst Gyn*. 2017;50(3):332-335. doi:10.1002/uog.17421
132. Mellis R, Oprych K, Scotchman E, Hill M, Chitty LS. Diagnostic yield of exome sequencing for prenatal diagnosis of fetal structural anomalies: A systematic review and meta-analysis. *Prenat Diagn*. 2022;42(6):662-685. doi:10.1002/pd.6115

133. Pauta M, Martinez-Portilla RJ, Borrell A. Diagnostic yield of next-generation sequencing in fetuses with isolated increased nuchal translucency: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obst Gyn.* 2022;59(1):26-32. doi:10.1002/uog.23746
134. Madsen HN, Ball S, Wright D, Tørring N, Petersen OB, Nicolaides KH, Spencer K. A reassessment of biochemical marker distributions in trisomy 21-affected and unaffected twin pregnancies in the first trimester. *Ultrasound Obst Gyn.* 2011;37(1):38-47. doi:10.1002/uog.8845
135. Kagan KO, Wright D, Spencer K, Molina FS, Nicolaides KH. First-trimester screening for trisomy 21 by free beta-human chorionic gonadotropin and pregnancy-associated plasma protein-A: impact of maternal and pregnancy characteristics. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2008;31(5):493-502. doi:10.1002/uog.5332
136. Kagan KO, Frisova V, Nicolaides KH, Spencer K. Dose dependency between cigarette consumption and reduced maternal serum PAPP-A levels at 11–13+6 weeks of gestation. *Prenat Diagn.* 2007;27(9):849-853. doi:10.1002/pd.1793
137. Spencer K, Souter V, Tul N, Snijders R, Nicolaides KH. A screening program for trisomy 21 at 10–14 weeks using fetal nuchal translucency, maternal serum free β -human chorionic gonadotropin and pregnancy-associated plasma protein-A. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 1999;13(4):231-237. doi:10.1046/j.1469-0705.1999.13040231.x
138. 2 EM, Thode2 C, Alkier2 A, Eiben2 B, Hackelöer2 B, Hansmann2 M, Huesgen2 G, Kozlowski2 P, Pruggmaier2 M, Wellek3 S. A New Approach to Calculating the Risk of Chromosomal Abnormalities with First-Trimester Screening Data. *Ultraschall Med.* 2008;29(06):639-645. doi:10.1055/s-2008-1027958
139. Boutin A, Demers S, Gasse C, Giguère Y, Tétu A, Laforest G, Bujold E. First Trimester Screening for Fetal Aneuploidies Using Placental Growth Factor: The Great Obstetrical Syndrome (GOS) Study. *J Obstetrics Gynaecol Can.* 2018;40(8):1044-1049. doi:10.1016/j.jogc.2017.11.032
140. Kagan KO, Hoopmann M, Abele H, Alkier R, Lüthgens K. First-trimester combined screening for trisomy 21 with different combinations of placental growth factor, free β -human chorionic gonadotropin and pregnancy-associated plasma protein-A. *Ultrasound Obst Gyn.* 2012;40(5):530-535. doi:10.1002/uog.11173
141. Zumaeta AM, Wright A, Syngelaki A, Maritsa VA, Bardani E, Nicolaides KH. Screening for trisomy at 11–13 weeks' gestation: use of pregnancy-associated plasma protein-A, placental growth factor or both. *Ultrasound Obst Gyn.* 2020;56(3):408-415. doi:10.1002/uog.22140
142. Tørring N, Petersen OB, Becher N, Vogel I, Uldbjerg N, Group the DFMS, Group the DCGS. First trimester screening for other trisomies than trisomy 21, 18, and 13. *Prenat Diagn.* 2015;35(6):612-619. doi:10.1002/pd.4584
143. Petersen OB, Vogel I, Ekelund C, Hyett J, Tabor A, Group the DFMS, Group the DCGS. Potential diagnostic consequences of applying non-invasive prenatal testing: population-based study from a country with existing first-trimester screening. *Ultrasound Obst Gyn.* 2014;43(3):265-271. doi:10.1002/uog.13270
144. Wijngaard R, Casals E, Mercadé I, Laguna J, Madrigal I, Badenas C, Borrell A, Rodriguez-Revenga L. Significance of Low Maternal Serum B-hCG Levels in the Assessment of the Risk of Atypical Chromosomal Abnormalities. *Fetal Diagn Ther.* 2022;48(11-12):849-856. doi:10.1159/000521345
145. E. NM, Bo J, K. SG, C. LL, C. RA, Herb B, W. TM, Leonardo P, L. SJ, Desiree H, Howard C, J. MT, J. WR. Cell-free DNA Analysis for Noninvasive Examination of Trisomy. *New Engl J Med.* 2015;372(17):1589-1597. doi:10.1056/nejmoa1407349

146. Kagan KO, Wright D, Maiz N, Pandeva I, Nicolaides KH. Screening for trisomy 18 by maternal age, fetal nuchal translucency, free β -human chorionic gonadotropin and pregnancy-associated plasma protein-A. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2008;32(4):488-492. doi:10.1002/uog.6123
147. Wagner P, Sonek J, Hoopmann M, Abele H, Kagan KO. First-trimester screening for trisomies 18 and 13, triploidy and Turner syndrome by detailed early anomaly scan. *Ultrasound Obst Gyn.* 2016;48(4):446-451. doi:10.1002/uog.15829
148. Vogel I, Petersen OB, Christensen R, Hyett J, Lou S, Vestergaard EM. Chromosomal microarray as primary diagnostic genomic tool for pregnancies at increased risk within a population-based combined first-trimester screening program. *Ultrasound Obst Gyn.* 2018;51(4):480-486. doi:10.1002/uog.17548
149. Lindquist A, Poulton A, Halliday J, Hui L. Prenatal diagnostic testing and atypical chromosome abnormalities following combined first-trimester screening: implications for contingent models of non-invasive prenatal testing. *Ultrasound Obst Gyn.* 2018;51(4):487-492. doi:10.1002/uog.18979
150. Kagan KO, Staboulidou I, Cruz J, Wright D, Nicolaides KH. Two-stage first-trimester screening for trisomy 21 by ultrasound assessment and biochemical testing. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2010;36(5):542-547. doi:10.1002/uog.7663
151. Lo YMD, Tein MSC, Lau TK, Haines CJ, Leung TN, Poon PMK, Wainscoat JS, Johnson PJ, Chang AMZ, Hjelm NM. Quantitative Analysis of Fetal DNA in Maternal Plasma and Serum: Implications for Noninvasive Prenatal Diagnosis. *Am J Hum Genetics.* 1998;62(4):768-775. doi:10.1086/301800
152. Demko Z, Prigmore B, Benn P. A Critical Evaluation of Validation and Clinical Experience Studies in Non-Invasive Prenatal Testing for Trisomies 21, 18, and 13 and Monosomy X. *J Clin Medicine.* 2022;11(16):4760. doi:10.3390/jcm11164760
153. Canick JA, Kloza EM, Lambert-Messerlian GM, Haddow JE, Ehrich M, Boom D, Bombard AT, Deciu C, Palomaki GE. DNA sequencing of maternal plasma to identify Down syndrome and other trisomies in multiple gestations. *Prenat Diagn.* 2012;32(8):730-734. doi:10.1002/pd.3892
154. Canick JA, Palomaki GE, Kloza EM, Lambert-Messerlian GM, Haddow JE. The impact of maternal plasma DNA fetal fraction on next generation sequencing tests for common fetal aneuploidies. *Prenat Diagn.* 2013;33(7):667-674. doi:10.1002/pd.4126
155. Wright D, Wright A, Nicolaides KH. A unified approach to risk assessment for fetal aneuploidies. *Ultrasound Obst Gyn.* 2015;45(1):48-54. doi:10.1002/uog.14694
156. Hui L, Bianchi DW. Fetal fraction and noninvasive prenatal testing: What clinicians need to know. *Prenat Diagn.* 2020;40(2):155-163. doi:10.1002/pd.5620
157. Revello R, Sarno L, Ispas A, Akolekar R, Nicolaides KH. Screening for trisomies by cell-free DNA testing of maternal blood: consequences of a failed result. *Ultrasound Obst Gyn.* 2016;47(6):698-704. doi:10.1002/uog.15851
158. Galeva S, Gil MM, Konstantinidou L, Akolekar R, Nicolaides KH. First-trimester screening for trisomies by cfDNA testing of maternal blood in singleton and twin pregnancies: factors affecting test failure. *Ultrasound Obst Gyn.* 2019;53(6):804-809. doi:10.1002/uog.20290
159. Ashoor G, Syngelaki A, Poon LCY, Rezende JC, Nicolaides KH. Fetal fraction in maternal plasma cell-free DNA at 11–13 weeks' gestation: relation to maternal and fetal characteristics. *Ultrasound Obst Gyn.* 2013;41(1):26-32. doi:10.1002/uog.12331

160. Nicolaides KH, Syngelaki A, Gil MM, Quezada MS, Zinevich Y. Prenatal Detection of Fetal Triploidy from Cell-Free DNA Testing in Maternal Blood. *Fetal Diagn Ther*. 2014;35(3):212-217. doi:10.1159/000355655
161. Bardi F, Bet BB, Pajkrt E, Linskens IH, Bekker MN, Sistermans EA, Bilardo CM, Elvan-Taşpınar A. Additional value of advanced ultrasonography in pregnancies with two inconclusive cell-free DNA draws. *Prenat Diagn*. 2022;42(11):1358-1367. doi:10.1002/pd.6238
162. Kagan KO, Sroka F, Sonek J, Abele H, Lüthgens K, Schmid M, Wagner P, Brucker S, Wallwiener D, Hoopmann M. First-trimester risk assessment based on ultrasound and cell-free DNA vs combined screening: a randomized controlled trial. *Ultrasound Obst Gyn*. 2018;51(4):437-444. doi:10.1002/uog.18905
163. Becking EC, Wirjosoekarto SAM, Scheffer PG, Huiskes JVM, Remmelink MJ, Sistermans EA, Bax CJ, Weiss JM, Henneman L, Bekker MN. Low fetal fraction in cell-free DNA testing is associated with adverse pregnancy outcome: Analysis of a subcohort of the TRIDENT-2 study. *Prenat Diagn*. 2021;41(10):1296-1304. doi:10.1002/pd.6034
164. Badeau M, Lindsay C, Blais J, Nshimyumukiza L, Takwoingi Y, Langlois S, Légaré F, Giguère Y, Turgeon AF, Witteman W, Rousseau F. Genomics-based non-invasive prenatal testing for detection of fetal chromosomal aneuploidy in pregnant women. *Cochrane Db Syst Rev*. 2017;2017(11):CD011767. doi:10.1002/14651858.cd011767.pub2
165. Gil MM, Accurti V, Santacruz B, Plana MN, Nicolaides KH. Analysis of cell-free DNA in maternal blood in screening for aneuploidies: updated meta-analysis. *Ultrasound Obst Gyn*. 2017;50(3):302-314. doi:10.1002/uog.17484
166. NIPD zur Bestimmung des Risikos von Trisomien bei Risikoschwangerschaften. 1.3.2017. https://www.iqwig.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-detailseite_10226.html
167. Rose NC, Barrie ES, Malinowski J, Jenkins GP, McClain MR, LaGrave D, Leung ML, Committee APP and G. Systematic evidence-based review: The application of noninvasive prenatal screening using cell-free DNA in general-risk pregnancies. *Genet Med*. 2022;24(7):1379-1391. doi:10.1016/j.gim.2022.03.019
168. Iwarsson E, Jacobsson B, Dagerhamn J, Davidson T, Bernabé E, Arnlinde MH. Analysis of cell-free fetal DNA in maternal blood for detection of trisomy 21, 18 and 13 in a general pregnant population and in a high risk population – a systematic review and meta-analysis. *Acta Obstet Gyn Scan*. 2017;96(1):7-18. doi:10.1111/aogs.13047
169. Taylor-Phillips S, Freeman K, Geppert J, Agbebiyi A, Uthman OA, Madan J, Clarke A, Quenby S, Clarke A. Accuracy of non-invasive prenatal testing using cell-free DNA for detection of Down, Edwards and Patau syndromes: a systematic review and meta-analysis. *Bmj Open*. 2016;6(1):e010002. doi:10.1136/bmjopen-2015-010002
170. Grati FR, Kagan KO. Rate of no result in cell-free DNA testing and its influence on test performance metrics. *Ultrasound Obst Gyn*. 2017;50(1):134-137. doi:10.1002/uog.17330
171. Prodan NC, Wiechers C, Geipel A, Walter A, Siegmann HJ, Kozłowski P, Hoopmann M, Kagan KO. Universal Cell Free DNA or Contingent Screening for Trisomy 21: Does It Make a Difference? A Comparative Study with Real Data. *Fetal Diagn Ther*. 2022;49(3):85-94. doi:10.1159/000523738

172. Miltoft CB, Rode L, Ekelund CK, Sundberg K, Kjærgaard S, Zingenberg H, Tabor A. Contingent first-trimester screening for aneuploidies with cell-free DNA in a Danish clinical setting. *Ultrasound Obst Gyn.* 2018;51(4):470-479. doi:10.1002/uog.17562
173. Gil MM, Revello R, Poon LC, Akolekar R, Nicolaides KH. Clinical implementation of routine screening for fetal trisomies in the UK NHS: cell-free DNA test contingent on results from first-trimester combined test. *Ultrasound Obst Gyn.* 2016;47(1):45-52. doi:10.1002/uog.15783
174. Sánchez-Durán MÁ, García AB, Calero I, Fossas JR, Illescas T, Avilés MT, Maiz N, Carreras E. Clinical application of a contingent screening strategy for trisomies with cell-free DNA: a pilot study. *Bmc Pregnancy Childb.* 2019;19(1):274. doi:10.1186/s12884-019-2434-0
175. Kagan KO, Wright D, Nicolaides KH. First-trimester contingent screening for trisomies 21, 18 and 13 by fetal nuchal translucency and ductus venosus flow and maternal blood cell-free DNA testing. *Ultrasound Obst Gyn.* 2015;45(1):42-47. doi:10.1002/uog.14691
176. Brown I, Fernando S, Menezes M, Costa FS, Ramkrishna J, Meagher S, Rolnik DL. The importance of ultrasound preceding cell-free DNA screening for fetal chromosomal abnormalities. *Prenat Diagn.* 2020;40(11):1439-1446. doi:10.1002/pd.5788
177. Spingler T, Sonek J, Hoopmann M, Prodan N, Abele H, Kagan KO. Complication rate after termination of pregnancy due to fetal defects. *Ultrasound Obst Gyn.* Published online 2023. doi:10.1002/uog.26157
178. Meij KRM van der, Sistermans EA, Macville MVE, Stevens SJC, Bax CJ, Bekker MN, Bilardo CM, Boon EMJ, Boter M, Diderich KEM, Die-Smulders CEM de, Duin LK, Faas BHW, Feenstra I, Haak MC, Hoffer MJV, Hollander NS den, Hollink IHIM, Jehee FS, Knapen MFCM, Kooper AJA, Langen IM van, Lichtenbelt KD, Linskens IH, Maarle MC van, Oepkes D, Pieters MJ, Schuring-Blom GH, Sikkelaars E, Sikkema-Raddatz B, Smeets DFCM, Srebniak MI, Suijkerbuijk RF, Tan-Sindhunata GM, Ven AJEM van der, Zelderen-Bhola SL van, Henneman L, Galjaard RJH, Opstal DV, Weiss MM, Consortium TDN. TRIDENT-2: National Implementation of Genome-wide Non-invasive Prenatal Testing as a First-Tier Screening Test in the Netherlands. *Am J Hum Genetics.* 2019;105(6):1091-1101. doi:10.1016/j.ajhg.2019.10.005
179. Maya I, Sheelo LS, Brabbing-Goldstein D, Matar R, Kahana S, Agmon-Fishman I, Klein C, Gurevitch M, Basel-Salmon L, Sagi-Dain L. Residual risk for clinically significant copy number variants in low-risk pregnancies, following exclusion of noninvasive prenatal screening–detectable findings. *Am J Obstet Gynecol.* 2022;226(4):562.e1-562.e8. doi:10.1016/j.ajog.2021.11.016
180. Lüthgens K, Grati FR, Sinzel M, Häbig K, Kagan KO. Confirmation rate of cell free DNA screening for sex chromosomal abnormalities according to the method of confirmatory testing. *Prenat Diagn.* 2020;41(10):1258-1263. doi:10.1002/pd.5814
181. Kagan KO, Hoopmann M, Singer S, Schaeferhoff K, Dufke A, Mau-Holzmann UA. Discordance between ultrasound and cell free DNA screening for monosomy X. *Arch Gynecol Obstet.* 2016;294(2):219-224. doi:10.1007/s00404-016-4077-y
182. Berglund A, Stochholm K, Gravholt CH. The epidemiology of sex chromosome abnormalities. *Am J Medical Genetics Part C Seminars Medical Genetics.* 2020;184(2):202-215. doi:10.1002/ajmg.c.31805
183. Scott F, Bonifacio M, Sandow R, Ellis K, Smet M, McLennan A. Rare autosomal trisomies: Important and not so rare. *Prenat Diagn.* 2018;38(10):765-771. doi:10.1002/pd.5325

184. Benn P, Malvestiti F, Grimi B, Maggi F, Simoni G, Grati FR. Rare autosomal trisomies: comparison of detection through cell-free DNA analysis and direct chromosome preparation of chorionic villus samples. *Ultrasound Obst Gyn.* 2019;54(4):458-467. doi:10.1002/uog.20383
185. Grati FR, Gross SJ. Noninvasive screening by cell-free DNA for 22q11.2 deletion: Benefits, limitations, and challenges. *Prenat Diagn.* 2019;39(2):70-80. doi:10.1002/pd.5391
186. Martin K, Iyengar S, Kalyan A, Lan C, Simon AL, Stosic M, Kobara K, Ravi H, Truong T, Ryan A, Demko ZP, Benn P. Clinical experience with a single-nucleotide polymorphism-based non-invasive prenatal test for five clinically significant microdeletions. *Clin Genet.* 2017;93(2):293-300. doi:10.1111/cge.13098
187. Kagan KO, Hoopmann M, Pfaff T, Prodan N, Wagner P, Schmid M, Dufke A, Mau-Holzmann U, Brucker S, Marcato L, Malvestiti B, Grati FR. First Trimester Screening for Common Trisomies and Microdeletion 22q11.2 Syndrome Using Cell-Free DNA: A Prospective Clinical Study. *Fetal Diagn Ther.* 2020;47(11):841-852. doi:10.1159/000510069
188. Schmid M, Wang E, Bogard PE, Bevilacqua E, Hacker C, Wang S, Doshi J, White K, Kaplan J, Sparks A, Jani JC, Stokowski R. Prenatal Screening for 22q11.2 Deletion Using a Targeted Microarray-Based Cell-Free DNA Test. *Fetal Diagn Ther.* 2018;44(4):299-304. doi:10.1159/000484317
189. Liang D, Cram DS, Tan H, Linpeng S, Liu Y, Sun H, Zhang Y, Tian F, Zhu H, Xu M, Wang H, Yu F, Wu L. Clinical utility of noninvasive prenatal screening for expanded chromosome disease syndromes. *Genetics in medicine : official journal of the American College of Medical Genetics.* 2019;21(9):1998-2006. doi:10.1038/s41436-019-0467-4
190. Grati FR, Gomes DM, Ferreira JCPB, Dupont C, Alesi V, Gouas L, Horelli-Kuitunen N, Choy KW, García-Herrero S, Vega AG, Piotrowski K, Genesio R, Queipo G, Malvestiti B, Hervé B, Benzacken B, Novelli A, Vago P, Piippo K, Leung TY, Maggi F, Quibel T, Tabet AC, Simoni G, Vialard F. Prevalence of recurrent pathogenic microdeletions and microduplications in over 9500 pregnancies. *Prenat Diagn.* 2015;35(8):801-809. doi:10.1002/pd.4613
191. Bevilacqua E, Jani JC, Chaoui R, Suk E -K. A, Palma-Dias R, Ko T -M., Warsof S, Stokowski R, Jones KJ, Grati FR, Schmid M. Performance of a targeted cell-free DNA prenatal test for 22q11.2 deletion in a large clinical cohort. *Ultrasound Obst Gyn.* 2021;58(4):597-602. doi:10.1002/uog.23699
192. Schindewolf E, Khalek N, Johnson MP, Gebb J, Coleman B, Crowley TB, Zackai EH, McDonald-McGinn DM, Moldenhauer JS. Expanding the fetal phenotype: Prenatal sonographic findings and perinatal outcomes in a cohort of patients with a confirmed 22q11.2 deletion syndrome. *Am J Med Genet A.* 2018;176(8):1735-1741. doi:10.1002/ajmg.a.38665
193. Meij KRM van der, Sistermans EA, Macville MVE, Stevens SJC, Bax CJ, Bekker MN, Bilardo CM, Boon EMJ, Boter M, Diderich KEM, Die-Smulders CEM de, Duin LK, Faas BHW, Feenstra I, Haak MC, Hoffer MJV, Hollander NS den, Hollink IHIM, Jehee FS, Knapen MFCM, Kooper AJA, Langen IM van, Lichtenbelt KD, Linskens IH, Maarle MC van, Oepkes D, Pieters MJ, Schuring-Blom GH, Sikkel E, Sikkema-Raddatz B, Smeets DFCM, Srebniak MI, Suijkerbuijk RF, Tan-Sindhunata GM, Ven AJEM van der, Zelderen-Bhola SL van, Henneman L, Galjaard RJH, Opstal DV, Weiss MM, Consortium DN. TRIDENT-2: National Implementation of Genome-wide Non-invasive Prenatal Testing as a First-Tier Screening Test in the Netherlands. *American journal of human genetics.* 2019;105(6):1091-1101. doi:10.1016/j.ajhg.2019.10.005
194. Jani JC, Gil MM, Benachi A, Prefumo F, Kagan KO, Tabor A, Bilardo CM, Renzo GCD, Nicolaides KH. Genome-wide cfDNA testing of maternal blood. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official*

journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. 2020;55(1):13-14.
doi:10.1002/uog.21945

195. Evans MI, Decruyes HV, Nicolaides KH. Nuchal Translucency Measurements for First-Trimester Screening: The 'Price' of Inaccuracy. *Fetal Diagn Ther*. 2007;22(6):401-404. doi:10.1159/000106342
196. Schmidt P, Staboulidou I, Elsässer M, Vaske B, Hillemanns P, Scharf A. How Imprecise May the Measurement of Fetal Nuchal Translucency Be without Worsening First-Trimester Screening? *Fetal Diagn Ther*. 2008;24(3):291-295. doi:10.1159/000158520
197. Chitayat D, Langlois S, Wilson RD, Wilson RD, Audibert F, Blight C, Brock JA, Cartier L, Carroll J, Désilets VA, Gagnon A, Johnson JA, Langlois S, Murphy-Kaulbeck L, Okun N, Pastuck M, Senikas V, Langlois S, Chitayat D, DeBie I, Demczuk S, Desilets VA, Geraghty MT, Marcadier J, Nelson TN, Skidmore D, Siu V. Prenatal Screening for Fetal Aneuploidy in Singleton Pregnancies. *J Obstetrics Gynaecol Can*. 2011;33(7):736-750. doi:10.1016/s1701-2163(16)34961-1
198. Thornburg LL, Bromley B, Dugoff L, Platt LD, Fuchs KM, Norton ME, McIntosh J, Toland GJ, Cuckle H, Foundation for the NTQRP of the PQ. United States' experience in nuchal translucency measurement: variation according to provider characteristics in over five million ultrasound examinations. *Ultrasound Obst Gyn*. 2021;58(5):732-737. doi:10.1002/uog.23621
199. Herman A, Maymon R, Dreazen E, Caspi E, Bukovsky I, Weinraub Z. Nuchal translucency audit: a novel image-scoring method. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 1998;12(6):398-403. doi:10.1046/j.1469-0705.1998.12060398.x
200. Herman A, Maymon R, Dreazen E, Zohav E, Segal O, Segal S, Weinraub Z. Utilization of the Nuchal Translucency Image-Scoring Method during Training of New Examiners. *Fetal Diagn Ther*. 1999;14(4):234-239. doi:10.1159/000020928
201. Herman A, Dreazen E, Maymon R, Tovbin Y, Bukovsky I, Weinraub Z. Implementation of nuchal translucency image-scoring method during ongoing audit. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 1999;14(6):388-392. doi:10.1046/j.1469-0705.1999.14060388.x
202. Dhombres F, Friszer S, Bessis R, Jouannic JM. Une auto-évaluation simplifiée des images échographiques du premier trimestre. *Gynécologie Obstétrique Fertilité*. 2015;43(12):761-766. doi:10.1016/j.gyobfe.2015.09.006
203. Tirri1 BF, Troeger1 C, Holzgrevel W, Tercanli1 S. Quality Management of Nuchal Translucency Measurement in Residents. *Ultraschall Med*. 2007;28(05):484-488. doi:10.1055/s-2007-963015
204. Ferlin RM, Vaz-Oliani DM, Ferreira AC, Tristão EG, Oliani AH. Tele-obstetric ultrasound: analysis of first-trimester ultrasound images transmitted in realtime. *J Telemed Telecare*. 2011;18(1):54-58. doi:10.1258/jtt.2011.110503
205. Nisbet D, McLennan A, Robertson A, Schluter PJ, Hyett J. Reducing Inter-Rater Variability in the Assessment of Nuchal Translucency Image Quality. *Fetal Diagn Ther*. 2011;30(2):128-134. doi:10.1159/000326339
206. Nisbet D, Robertson A, Mannil B, Pincham V, McLennan A. Quality management of nuchal translucency ultrasound measurement in Australia. *Australian New Zealand J Obstetrics Gynaecol*. 2019;59(1):54-58. doi:10.1111/ajo.12792

207. Sahota DS, Chen M, Leung TY, Chan LW, Fung TY, Ting YH, Lau TK. Assessment of sonographer nuchal translucency measurement performance – central tendency and dispersion. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine*. 2011;24(6):812-816. doi:10.3109/14767058.2010.531310
208. Chalouhi GE, Salomon LJ, Fontanges M, Althuser M, Haddad G, Scemama O, Chabot JM, Duyme M, Fries N. Formative Assessment Based on an Audit and Feedback Improves Nuchal Translucency Ultrasound Image Quality. *J Ultras Med*. 2013;32(9):1601-1605. doi:10.7863/ultra.32.9.1601
209. Hermann M, Fries N, Mangione R, Boukobza P, Ville Y, Salomon LJ. Nuchal translucency measurement: are qualitative and quantitative quality control processes related? *Prenat Diagn*. 2013;33(8):770-774. doi:10.1002/pd.4121
210. Kagan KO, Abele H, Yazdi B, Böer B, Pintoffl K, Wright D, Hoopmann M. Intraoperator and interoperator repeatability of manual and semi-automated measurement of increased fetal nuchal translucency according to the operator's experience. *Prenat Diagn*. 2011;31(13):1229-1233. doi:10.1002/pd.2868
211. Kagan KO, Hoopmann M, Baker A, Huebner M, Abele H, Wright D. Impact of bias in crown-rump length measurement at first-trimester screening for trisomy 21. *Ultrasound Obst Gyn*. 2012;40(2):135-139. doi:10.1002/uog.11095
212. Abele H, Hoopmann M, Wright D, Hoffmann-Poell B, Huettelmaier M, Pintoffl K, Wallwiener D, Kagan KO. Intra- and interoperator reliability of manual and semi-automated measurement of fetal nuchal translucency by sonographers with different levels of experience. *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2010;36(4):417-422. doi:10.1002/uog.8809
213. Sabrià J, Barceló-Vidal C, Arigita M, Jimenez JM, Puerto B, Borrell A. The CUSUM test applied in prospective nuchal translucency quality review. *Ultrasound Obst Gyn*. 2011;37(5):582-587. doi:10.1002/uog.8860
214. Sahota DS, Leung WC, To WK, Chan WP, Lau TK, Leung TY. Quality assurance of nuchal translucency for prenatal fetal Down syndrome screening. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine*. 2012;25(7):1039-1043. doi:10.3109/14767058.2011.614658
215. Hynek M, Smetanová D, Stejskal D, Zvárová J. Exponentially weighted moving average chart as a suitable tool for nuchal translucency quality review. *Prenat Diagn*. 2014;34(4):367-376. doi:10.1002/pd.4314
216. Hynek M, Zvárová J, Smetanová D, Stejskal D, Kalina J. Real-time quality control of nuchal translucency measurements using the exponentially weighted moving average chart. *Taiwan J Obstetrics Gynecol*. 2021;60(1):84-89. doi:10.1016/j.tjog.2020.11.012
217. Balsyte1 D, Schäffer1 L, Burkhardt1 T, Wisser1 J, Krafft1 A, Kurmanavicius1 J. Continuous Independent Quality Control for Fetal Nuchal Translucency Measurements Provided by the Cumulative Summation Technique. *Ultraschall Med*. 2011;32(S 02):E141-E146. doi:10.1055/s-0031-1281669
218. Gabriel CC, Echevarria M, Rodríguez I, Serra B. Analysis of Quality of Nuchal Translucency Measurements: Its Role in Prenatal Diagnosis. *Sci World J*. 2012;2012:482832. doi:10.1100/2012/482832
219. Vale SH, Huttly WJ, Wald NJ. Antenatal screening for Down's syndrome: Revised nuchal translucency upper truncation limit due to improved precision of measurement. *J Med Screen*. 2020;28(2):88-92. doi:10.1177/0969141320937321

220. D'Alton ME, Cleary-Goldman J, Lambert-Messerlian G, Ball RH, Nyberg DA, Comstock CH, Bukowski R, Berkowitz RL, Dar P, Dugoff L, Craigo SD, Timor IE, Carr SR, Wolfe HM, Dukes K, Canick JA, Malone FD. Maintaining quality assurance for sonographic nuchal translucency measurement: lessons from the FASTER Trial. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2009;33(2):142-146. doi:10.1002/uog.6265
221. Snijders RJM, Thom EA, Zachary JM, Platt LD, Greene N, Jackson LG, Sabbagha RE, Filkins K, Silver RK, Hogge WA, Ginsberg NA, Beverly S, Morgan P, Blum K, Chilis P, Hill LM, Hecker J, Wapner RJ. First-trimester trisomy screening: nuchal translucency measurement training and quality assurance to correct and unify technique. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2002;19(4):353-359. doi:10.1046/j.1469-0705.2002.00637.x
222. Torrent A, Manrique G, Gómez-Castelló T, Baldrich E, Cahuana M, Manresa JM, Borrell A. Sonologist's characteristics related to a higher quality in fetal nuchal translucency measured in primary antenatal care centers. *Prenat Diagn.* 2019;39(10):934-939. doi:10.1002/pd.5512
223. Fries N, Salomon LJ, Muller F, Dreux S, Houfflin-Deborge V, Coquel P, Kleinfinger P, Dommergues M, Paris for the BUC. Impact of a shift in nuchal translucency measurements on the detection rate of first-trimester Down syndrome screening: A population-based study. *Prenat Diagn.* 2018;38(2):106-109. doi:10.1002/pd.5193
224. Sahota DS, Leung WC, Chan WP, To WW, Lau ET, Leung TY. Prospective assessment of the Hong Kong Hospital Authority universal Down syndrome screening programme. *Hong Kong Medical J Xianggang Yi Xue Za Zhi.* 2013;19(2):101-108.
225. Gyselaers WJA, Vereecken AJ, Herck EJHV, Straetmans DPL, Jonge ETM de, Ombelet WUAM, Nijhuis JG. Audit on nuchal translucency thickness measurements in Flanders, Belgium: a plea for methodological standardization. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2004;24(5):511-515. doi:10.1002/uog.1732
226. Wøjdemann KR, Christiansen M, Sundberg K, Larsen SO, Shalmi A, Tabor A. Quality assessment in prospective nuchal translucency screening for Down syndrome. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2001;18(6):641-644. doi:10.1046/j.0960-7692.2001.00592.x
227. Steiner H, Schneider KTM. *Dopplersonographie in Geburtshilfe Und Gynäkologie.* Springer Verlag Heidelberg; 2018. doi:10.1007/978-3-662-54966-7
228. Bartsch E, Medcalf KE, Park AL, Ray JG, Group HR of P eclampsia I. Clinical risk factors for pre-eclampsia determined in early pregnancy: systematic review and meta-analysis of large cohort studies. *Bmj.* 2016;353:i1753. doi:10.1136/bmj.i1753
229. Kaisenberg C von, Klaritsch P, Ochsenbein-Kölble N, Hodel M, Monika N, Hecher K. AWMF 015-087 S2e-Leitlinie Überwachung und Betreuung von Zwillingschwangerschaften. Published online 2020. https://register.awmf.org/assets/guidelines/015-087l_S2e_Ueberwachung-Betreuung-Zwillingschwangerschaften_2020-05.pdf
230. González-González NL, Dávila EG, Padrón E, Gonzalez MA, Plasencia W. Value of Placental Volume and Vascular Flow Indices as Predictors of Early and Late Preeclampsia at First Trimester. *Fetal Diagn Ther.* 2018;44(4):256-263. doi:10.1159/000481433
231. Cnossen JS, Morris RK, Riet G ter, Mol BWJ, Post JAM van der, Coomarasamy A, Zwinderman AH, Robson SC, Bindels PJE, Kleijnen J, Khan KS. Use of uterine artery Doppler ultrasonography to predict pre-eclampsia and intrauterine growth restriction: a systematic review and bivariable meta-analysis. *Can Med Assoc J.* 2008;178(6):701-711. doi:10.1503/cmaj.070430

232. Moety GAFA, Almohamady M, Sherif NA, Raslana AN, Mohamed TF, Moneam HMAE, Mohy AM, Youssef MAFM. Could first-trimester assessment of placental functions predict preeclampsia and intrauterine growth restriction? A prospective cohort study. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine*. 2016;29(3):413-417. doi:10.3109/14767058.2014.1002763
233. Baschat AA, Magder LS, Doyle LE, Atlas RO, Jenkins CB, Blitzer MG. Prediction of preeclampsia utilizing the first trimester screening examination. *Am J Obstet Gynecol*. 2014;211(5):514.e1-514.e7. doi:10.1016/j.ajog.2014.04.018
234. Crovetto F, Figueras F, Triunfo S, Crispi F, Rodriguez-Sureda V, Peguero A, Dominguez C, Gratacos E. Added Value of Angiogenic Factors for the Prediction of Early and Late Preeclampsia in the First Trimester of Pregnancy. *Fetal Diagn Ther*. 2014;35(4):258-266. doi:10.1159/000358302
235. Drouin O, Boutin A, Paquette K, Gasse C, Guerby P, Demers S, Bujold E. First-Trimester Uterine Artery Doppler for the Prediction of SGA at Birth: The Great Obstetrical Syndromes Study. *J Obstetrics Gynaecol Can*. 2018;40(12):1592-1599. doi:10.1016/j.jogc.2018.02.004
236. Goetzinger KR, Zhong Y, Cahill AG, Odibo L, Macones GA, Odibo AO. Efficiency of First-Trimester Uterine Artery Doppler, A-Disintegrin and Metalloprotease 12, Pregnancy-Associated Plasma Protein A, and Maternal Characteristics in the Prediction of Preeclampsia. *J Ultras Med*. 2013;32(9):1593-1600. doi:10.7863/ultra.32.9.1593
237. Khalil A, Nicolaides KH. How to record uterine artery Doppler in the first trimester. *Ultrasound Obst Gyn*. 2013;42(4):478-479. doi:10.1002/uog.12366
238. Allen RE, Rogozinska E, Cleverly K, Aquilina J, Thangaratinam S. Abnormal blood biomarkers in early pregnancy are associated with preeclampsia: a meta-analysis. *Eur J Obstet Gyn R B*. 2014;182:194-201. doi:10.1016/j.ejogrb.2014.09.027
239. Abdi F, Aghaie Z, Rahnemaie FS, Alimoradi Z. A Systematic Review of First Trimester Biochemical and Molecular Predictive Tests for Preeclampsia. *Curr Hypertens Rev*. 2018;14(1):21-28. doi:10.2174/1573402114666180416160425
240. Bellos I, Pergialiotis V, Papapanagiotou A, Loutradis D, Daskalakis G. Association between serum copeptin levels and preeclampsia risk: A meta-analysis. *Eur J Obstet Gyn R B*. 2020;250:66-73. doi:10.1016/j.ejogrb.2020.04.051
241. Bellos I, Pergialiotis V, Loutradis D, Daskalakis G. The prognostic role of serum uric acid levels in preeclampsia: A meta-analysis. *J Clin Hypertens*. 2020;22(5):826-834. doi:10.1111/jch.13865
242. Zhong Y, Zhu F, Ding Y. Serum screening in first trimester to predict pre-eclampsia, small for gestational age and preterm delivery: systematic review and meta-analysis. *Bmc Pregnancy Childb*. 2015;15(1):191. doi:10.1186/s12884-015-0608-y
243. Agrawal S, Shinar S, Cerdeira AS, Redman C, Vatish M. Predictive Performance of PlGF (Placental Growth Factor) for Screening Preeclampsia in Asymptomatic Women. *Hypertension*. 2019;74(5):1124-1135. doi:10.1161/hypertensionaha.119.13360
244. O'Gorman N, Nicolaides KH, Poon LC. The Use of Ultrasound and other Markers for Early Detection of Preeclampsia. *Women's Heal*. 2015;12(2):199-207. doi:10.2217/whe.15.95
245. Poon LCY, Kametas NA, Pandeva I, Valencia C, Nicolaides KH. Mean Arterial Pressure at 11+0 to 13+6 Weeks in the Prediction of Preeclampsia. *Hypertension*. 2008;51(4):1027-1033. doi:10.1161/hypertensionaha.107.104646

246. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, Jones DW, Kurtz T, Sheps SG, Roccella EJ, Research S of P and PE of the AHAC on HBP. Recommendations for Blood Pressure Measurement in Humans and Experimental Animals. *Hypertension*. 2005;45(1):142-161. doi:10.1161/01.hyp.0000150859.47929.8e
247. Australia NHF of, <http://www.heartfoundation.org.au>. Hypertension management guide for doctors. Published online 2006. www.heartfoundation.org.au
248. Khalil A, Cooper D, Harrington K. Pulse wave analysis: a preliminary study of a novel technique for the prediction of pre-eclampsia. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2009;116(2):268-277. doi:10.1111/j.1471-0528.2008.01906.x
249. Osman MW, Nath M, Breslin E, Khalil A, Webb DR, Robinson TG, Mousa HA. Association between arterial stiffness and wave reflection with subsequent development of placental-mediated diseases during pregnancy. *J Hypertens*. 2018;36(5):1005-1014. doi:10.1097/hjh.0000000000001664
250. Steyerberg EW, Moons KGM, Windt DA van der, Hayden JA, Perel P, Schroter S, Riley RD, Hemingway H, Altman DG, Group P. Prognosis Research Strategy (PROGRESS) 3: Prognostic Model Research. *Plos Med*. 2013;10(2):e1001381. doi:10.1371/journal.pmed.1001381
251. Brunelli V, Prefumo F. Quality of first trimester risk prediction models for pre-eclampsia: a systematic review. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2015;122(7):904-914. doi:10.1111/1471-0528.13334
252. Allen RE, Zamora J, Arroyo-Manzano D, Velauthar L, Allotey J, Thangaratinam S, Aquilina J. External validation of preexisting first trimester preeclampsia prediction models. *Eur J Obstet Gyn R B*. 2017;217:119-125. doi:10.1016/j.ejogrb.2017.08.031
253. Scazzocchio E, Figueras F, Crispi F, Meler E, Masoller N, Mula R, Gratacos E. Performance of a first-trimester screening of preeclampsia in a routine care low-risk setting. *Am J Obstet Gynecol*. 2013;208(3):203.e1-203.e10. doi:10.1016/j.ajog.2012.12.016
254. Akolekar R, Syngelaki A, Poon L, Wright D, Nicolaides KH. Competing Risks Model in Early Screening for Preeclampsia by Biophysical and Biochemical Markers. *Fetal Diagn Ther*. 2013;33(1):8-15. doi:10.1159/000341264
255. O’Gorman N, Wright D, Syngelaki A, Akolekar R, Wright A, Poon LC, Nicolaides KH. Competing risks model in screening for preeclampsia by maternal factors and biomarkers at 11-13 weeks gestation. *Am J Obstet Gynecol*. 2016;214(1):103.e1-103.e12. doi:10.1016/j.ajog.2015.08.034
256. Mosimann B, Amylidi-Mohr SK, Surbek D, Raio L. FIRST TRIMESTER SCREENING FOR PREECLAMPSIA – A SYSTEMATIC REVIEW. *Hypertens Pregnancy*. 2020;39(1):1-11. doi:10.1080/10641955.2019.1682009
257. O’Gorman N, Wright D, Poon LC, Rolnik DL, Syngelaki A, Alvarado M de, Carbone IF, Dutemeyer V, Fiolna M, Frick A, Karagiannis N, Mastrodimas S, Matallana C de P, Papaioannou G, Pazos A, Plasencia W, Nicolaides KH. Multicenter screening for pre-eclampsia by maternal factors and biomarkers at 11–13 weeks’ gestation: comparison with NICE guidelines and ACOG recommendations. *Ultrasound Obst Gyn*. 2017;49(6):756-760. doi:10.1002/uog.17455
258. Karagiannis G, Akolekar R, Sarquis R, Wright D, Nicolaides KH. Prediction of Small-for-Gestation Neonates from Biophysical and Biochemical Markers at 11–13 Weeks. *Fetal Diagn Ther*. 2011;29(2):148-154. doi:10.1159/000321694

259. Conde-Agudelo A, Bird S, Kennedy S, Villar J, Papageorghiou A. First- and second-trimester tests to predict stillbirth in unselected pregnant women: a systematic review and meta-analysis. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol.* 2015;122(1):41-55. doi:10.1111/1471-0528.13096
260. Akolekar R, Machuca M, Mendes M, Paschos V, Nicolaides KH. Prediction of stillbirth from placental growth factor at 11–13 weeks. *Ultrasound Obst Gyn.* 2016;48(5):618-623. doi:10.1002/uog.17288
261. Mastrodima S, Akolekar R, Yerlikaya G, Tzelepis T, Nicolaides KH. Prediction of stillbirth from biochemical and biophysical markers at 11–13 weeks. *Ultrasound Obst Gyn.* 2016;48(5):613-617. doi:10.1002/uog.17289
262. L. RD, David W, C. PL, Neil O, Argyro S, Catalina de PM, Ranjit A, Simona C, Deepa J, Mandeep S, S. MF, Nicola P, C. JJ, Walter P, George P, Kinneret TG, Hamutal M, Sveinbjorn G, Kate M, H. NK. Aspirin versus Placebo in Pregnancies at High Risk for Preterm Preeclampsia. *New Engl J Med.* 2017;377(7):613-622. doi:10.1056/nejmoa1704559
263. Melo P, Devall A, Shennan AH, Vatish M, Becker CM, Granne I, Papageorghiou AT, Mol BW, Coomarasamy A. Vaginal micronised progesterone for the prevention of hypertensive disorders of pregnancy: A systematic review and meta-analysis. *BJOG: Int J Obstet Gynaecol.* Published online 2023. doi:10.1111/1471-0528.17705
264. IQTIG. *Frühgeburten Deutschland 2020 IQTIG.Pdf.*
https://iqtig.org/downloads/auswertung/2020/16n1gebh/QSKH_16n1-GEBH_2020_BUAW_V01_2021-08-10.pdf
265. Österreich G. *Frühgeburten 2020.*
266. Statistik SE– B für. *Schweiz Frühgeburten 2021.*
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/gesundheitszustand/gesundheits-neugeborenen.html>
267. Lian RH, Qi PA, Yuan T, Yan PJ, Qiu WW, Wei Y, Hu YG, Yang KH, Yi B. Systematic review and meta-analysis of vitamin D deficiency in different pregnancy on preterm birth. *Medicine.* 2021;100(24):e26303. doi:10.1097/md.00000000000026303
268. Liu Y, Liu Y, Zhang R, Zhu L, Feng Z. Early- or mid-trimester amniocentesis biomarkers for predicting preterm delivery: a meta-analysis. *Ann Med.* 2017;49(1):1-10. doi:10.1080/07853890.2016.1211789
269. Gagnon A, Wilson RD, Audibert F, Allen VM, Blight C, Brock JA, Désilets VA, Gagnon A, Johnson JA, Langlois S, Summers A, Wilson RD, Wyatt P. Obstetrical Complications Associated With Abnormal Maternal Serum Markers Analytes. *J Obstetrics Gynaecol Can.* 2008;30(10):918-932. doi:10.1016/s1701-2163(16)32973-5
270. Morris RK, Bilagi A, Devani P, Kilby MD. Association of serum PAPP-A levels in first trimester with small for gestational age and adverse pregnancy outcomes: systematic review and meta-analysis. *Prenat Diagn.* 2017;37(3):253-265. doi:10.1002/pd.5001
271. Carvalho MHB, Bittar RE, Brizot ML, Maganha PPS, Fonseca ESVBD, Zugaib M. Cervical length at 11–14 weeks' and 22–24 weeks' gestation evaluated by transvaginal sonography, and gestational age at delivery. *Ultrasound Obstetrics Gynecol.* 2003;21(2):135-139. doi:10.1002/uog.32
272. Souka AP, Papastefanou I, Michalitsi V, Salambasis K, Chrelias C, Salamalekis G, Kassanos D. Cervical Length Changes From the First to Second Trimester of Pregnancy, and Prediction of Preterm Birth

by First-Trimester Sonographic Cervical Measurement. *J Ultras Med.* 2011;30(7):997-1002. doi:10.7863/jum.2011.30.7.997

273. Dane B, Dane C, Batmaz G, Ates S, Dansuk R. First trimester maternal serum pregnancy-associated plasma protein-A is a predictive factor for early preterm delivery in normotensive pregnancies. *Gynecol Endocrinol.* 2013;29(6):592-595. doi:10.3109/09513590.2013.788626
274. Stout MJ, Goetzinger KR, Tuuli MG, Cahill AG, Macones GA, Odibo AO. First trimester serum analytes, maternal characteristics and ultrasound markers to predict pregnancies at risk for preterm birth. *Placenta.* 2013;34(1):14-19. doi:10.1016/j.placenta.2012.10.013
275. Greco E, Gupta R, Syngelaki A, Poon LCY, Nicolaides KH. First-Trimester Screening for Spontaneous Preterm Delivery with Maternal Characteristics and Cervical Length. *Fetal Diagn Ther.* 2012;31(3):154-161. doi:10.1159/000335686
276. Parra-Cordero M, Sepúlveda-Martínez A, Rencoret G, Valdés E, Pedraza D, Muñoz H. Is there a role for cervical assessment and uterine artery Doppler in the first trimester of pregnancy as a screening test for spontaneous preterm delivery? *Ultrasound Obst Gyn.* 2014;43(3):291-296. doi:10.1002/uog.12465
277. Wulff CB, Rode L, Rosthøj S, Hoseth E, Petersen OB, Tabor A. Transvaginal sonographic cervical length in first and second trimesters in a low-risk population: a prospective study. *Ultrasound Obst Gyn.* 2018;51(5):604-613. doi:10.1002/uog.17556
278. Goetzinger KR, Cahill AG, Macones GA, Odibo AO. Association of first-trimester low PAPP-A levels with preterm birth. *Prenat Diagn.* 2010;30(4):309-313. doi:10.1002/pd.2452
279. Rahkonen L, Rutanen E, Nuutila M, Sainio S, Saisto T, Paavonen J. Elevated levels of decidual insulin-like growth factor binding protein-1 in cervical fluid in early and mid-pregnancy are associated with an increased risk of spontaneous preterm delivery. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol.* 2010;117(6):701-710. doi:10.1111/j.1471-0528.2010.02551.x
280. Pihl K, Sørensen TL, Nørgaard-Pedersen B, Larsen SO, Nguyen TH, Krebs L, Larsen T, Christiansen M. First-trimester combined screening for Down syndrome: prediction of low birth weight, small for gestational age and pre-term delivery in a cohort of non-selected women. *Prenat Diagn.* 2008;28(3):247-253. doi:10.1002/pd.1946
281. Sananes N, Meyer N, Gaudineau A, Aissi G, Boudier E, Fritz G, Viville B, Nisand I, Langer B, Favre R. Prediction of spontaneous preterm delivery in the first trimester of pregnancy. *Eur J Obstet Gyn R B.* 2013;171(1):18-22. doi:10.1016/j.ejogrb.2013.07.042
282. Chaemsaitong P, Leung TY, Sahota D, Cheng YKY, Leung WC, Lo TK, Poon LCY. Body mass index at 11–13 weeks' gestation and pregnancy complications in a Southern Chinese population: a retrospective cohort study. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine.* 2019;32(12):2056-2068. doi:10.1080/14767058.2018.1424824
283. Khalil A, Elkhoul M, Garcia-Mandujano R, Chiriac R, Nicolaides KH. Maternal hemodynamics at 11–13 weeks of gestation and preterm birth. *Ultrasound Obst Gyn.* 2012;40(1):35-39. doi:10.1002/uog.11154
284. Donders G, Calsteren KV, Bellen G, Reybrouck R, Bosch TV den, Riphagen I, Lierde SV. Predictive value for preterm birth of abnormal vaginal flora, bacterial vaginosis and aerobic vaginitis during the first trimester of pregnancy. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol.* 2009;116(10):1315-1324. doi:10.1111/j.1471-0528.2009.02237.x

285. Haas DM, Hathaway TJ, Ramsey PS. Progestogen for preventing miscarriage in women with recurrent miscarriage of unclear etiology. *Cochrane Db Syst Rev*. 2019;2019(11). doi:10.1002/14651858.cd003511.pub5
286. Wahabi HA, Fayed AA, Esmaeil SA, Bahkali KH. Progestogen for treating threatened miscarriage. *Cochrane Db Syst Rev*. 2018;2018(8):CD005943. doi:10.1002/14651858.cd005943.pub5
287. Devall AJ, Papadopoulou A, Podesek M, Haas DM, Price MJ, Coomarasamy A, Gallos ID. Progestogens for preventing miscarriage: a network meta-analysis. *Cochrane Db Syst Rev*. 2021;2021(4):CD013792. doi:10.1002/14651858.cd013792.pub2
288. Saccone G, Schoen C, Franasiak JM, Scott RT, Berghella V. Supplementation with progestogens in the first trimester of pregnancy to prevent miscarriage in women with unexplained recurrent miscarriage: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Fertil Steril*. 2017;107(2):430-438.e3. doi:10.1016/j.fertnstert.2016.10.031
289. Alimohamadi S, Javadian P, Gharedaghi MH, Javadian N, Alinia H, Khazardoust S, Borna S, Hantoushzadeh S. Progesterone and threatened abortion: a randomized clinical trial on endocervical cytokine concentrations. *J Reprod Immunol*. 2013;98(1-2):52-60. doi:10.1016/j.jri.2013.01.004
290. Blomqvist L, Hellgren M, Strandell A. Acetylsalicylic acid does not prevent first-trimester unexplained recurrent pregnancy loss: A randomized controlled trial. *Acta Obstet Gyn Scan*. 2018;97(11):1365-1372. doi:10.1111/aogs.13420
291. Chan DMK, Cheung KW, Ko JKY, Yung SSF, Lai SF, Lam MT, Ng DYT, Lee VCY, Li RHW, Ng EHY. Use of oral progestogen in women with threatened miscarriage in the first trimester: a randomized double-blind controlled trial. *Hum Reprod*. 2020;36(3):587-595. doi:10.1093/humrep/deaa327
292. Arri C, Helen W, Ewa T, T. SP, Rachel S, Siobhan Q, Pratima G, Feroza D, E.M. KY, Ruth BA, W.M. BK, Rebecca B, L. BA, Rebecca C, C. CY, J. CJ, Abey E, Ayman E, Annemieke H, M. KE, A.M. KC, Tin-Chiu L, Marjory M, W. MB, Judith M, A. RJ, Lisa S, Jane S, Nirmala V, G. FR, D. KM, Yacoub K, Mariette G, Lesley R, Rajendra R. A Randomized Trial of Progesterone in Women with Recurrent Miscarriages. *New Engl J Med*. 2015;373(22):2141-2148. doi:10.1056/nejmoa1504927
293. Coomarasamy A, Devall AJ, Cheed V, Harb H, Middleton LJ, Gallos ID, Williams H, Eapen AK, Roberts T, Ogwulu CC, Goranitis I, Daniels JP, Ahmed A, Bender-Atik R, Bhatia K, Bottomley C, Brewin J, Choudhary M, Crosfill F, Deb S, Duncan WC, Ewer A, Hinshaw K, Holland T, Izzat F, Johns J, Kriedt K, Lumsden MA, Manda P, Norman JE, Nunes N, Overton CE, Quenby S, Rao S, Ross J, Shahid A, Underwood M, Vaithilingam N, Watkins L, Wykes C, Horne A, Jurkovic D. A Randomized Trial of Progesterone in Women with Bleeding in Early Pregnancy. *New Engl J Med*. 2019;380(19):1815-1824. doi:10.1056/nejmoa1813730
294. El-Zibdeh MY, Yousef LT. Dydrogesterone support in threatened miscarriage. *Maturitas*. 2009;65:S43-S46. doi:10.1016/j.maturitas.2009.11.013
295. Kumar A, Begum N, Prasad S, Aggarwal S, Sharma S. Oral dydrogesterone treatment during early pregnancy to prevent recurrent pregnancy loss and its role in modulation of cytokine production: a double-blind, randomized, parallel, placebo-controlled trial. *Fertil Steril*. 2014;102(5):1357-1363.e3. doi:10.1016/j.fertnstert.2014.07.1251
296. PALAGIANO A, BULLETTI C, PACE MC, ZIEGLER DD, CICINELLI E, IZZO A. Effects of Vaginal Progesterone on Pain and Uterine Contractility in Patients with Threatened Abortion before Twelve Weeks of Pregnancy. *Ann Ny Acad Sci*. 2004;1034(1):200-210. doi:10.1196/annals.1335.022

297. Siew JYS, Allen JC, Hui CYY, Ku CW, Malhotra R, Østbye T, Tan TC. The randomised controlled trial of micronised progesterone and dydrogesterone (TRoMaD) for threatened miscarriage. *Eur J Obstet Gyn R B*. 2018;228:319-324. doi:10.1016/j.ejogrb.2018.07.028
298. Yassaee F, Shekarriz-Foumani R, Afsari S, Fallahian M. The effect of progesterone suppositories on threatened abortion: a randomized clinical trial. *J Reproduction Infertil*. 2014;15(3):147-151.
299. Berghella V, Talucci M, Desai A. Does transvaginal sonographic measurement of cervical length before 14 weeks predict preterm delivery in high-risk pregnancies? *Ultrasound Obstetrics Gynecol*. 2003;21(2):140-144. doi:10.1002/uog.28
300. Chen C, Chen C, Sun F. Assessment of the cervix in pregnant women with a history of cervical insufficiency during the first trimester using elastography. *Acta Obstet Gyn Scan*. 2020;99(11):1497-1503. doi:10.1111/aogs.13942
301. Feng Q, Chaemsaitong P, Duan H, Ju X, Appiah K, Shen L, Wang X, Tai Y, Leung TY, Poon LC. Screening for spontaneous preterm birth by cervical length and shear-wave elastography in the first trimester of pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 227(3):500.e1-500.e14. doi:10.1016/j.ajog.2022.04.014
302. Jelliffe-Pawlowski LL, Shaw GM, Currier RJ, Stevenson DK, Baer RJ, O'Broovich HM, Gould JB. Association of early-preterm birth with abnormal levels of routinely collected first- and second-trimester biomarkers. *Am J Obstet Gynecol*. 2013;208(6):492.e1-492.e11. doi:10.1016/j.ajog.2013.02.012
303. Groom KM, Bennett PR, Golar M, Thalon A, Shennan AH. Elective cervical cerclage versus serial ultrasound surveillance of cervical length in a population at high risk for preterm delivery. *Eur J Obstet Gyn R B*. 2004;112(2):158-161. doi:10.1016/s0301-2115(03)00289-6
304. Whitworth M, Bricker L, Neilson JP, Dowswell T. Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. *Cochrane Db Syst Rev*. 2010;(4):CD007058. doi:10.1002/14651858.cd007058.pub2
305. D'Antonio F, Timor-Tritsch IE, Palacios-Jaraquemada J, Monteagudo A, Buca D, Forlani F, Minneci G, Foti F, Manzoli L, Liberati M, Acharya G, Cali G. First-trimester detection of abnormally invasive placenta in high-risk women: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obst Gyn*. 2018;51(2):176-183. doi:10.1002/uog.18840
306. Bhatia A, Palacio M, Wright AM, Yeo GSH. Lower uterine segment scar assessment at 11–14 weeks' gestation to screen for placenta accreta spectrum in women with prior Cesarean delivery. *Ultrasound Obst Gyn*. 2022;59(1):40-48. doi:10.1002/uog.23734
307. Panaiotova J, Tokunaka M, Krajewska K, Zosmer N, Nicolaides KH. Screening for morbidly adherent placenta in early pregnancy. *Ultrasound Obst Gyn*. 2019;53(1):101-106. doi:10.1002/uog.20104
308. Ruiter L, Kok N, Limpens J, Derks JB, Graaf IM de, Mol BWJ, Pajkrt E. Systematic review of accuracy of ultrasound in the diagnosis of vasa previa. *Ultrasound Obst Gyn*. 2015;45(5):516-522. doi:10.1002/uog.14752
309. Ruiter L, Kok N, Limpens J, Derks J, Graaf I, Mol B, Pajkrt E. Incidence of and risk indicators for vasa praevia: a systematic review. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2016;123(8):1278-1287. doi:10.1111/1471-0528.13829
310. Derisbourg S, Boulay A, Lamy C, Barlow P, Rysselberge MV, Thomas D, Rozenberg S, Daelemans C. First trimester ultrasound prediction of velamentous cord insertions: a prospective study. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine*. 2021;34(16):2642-2648. doi:10.1080/14767058.2019.1670797

311. Hasegawa J, Matsuoka R, Ichizuka K, Sekizawa A, Okai T. Velamentous Cord Insertion: Significance of Prenatal Detection to Predict Perinatal Complications. *Taiwan J Obstetrics Gynecol.* 2006;45(1):21-25. doi:10.1016/s1028-4559(09)60185-6
312. Hasegawa J, Nakamura M, Sekizawa A, Matsuoka R, Ichizuka K, Okai T. Prediction of risk for vasa previa at 9–13 weeks' gestation. *J Obstet Gynaecol Re.* 2011;37(10):1346-1351. doi:10.1111/j.1447-0756.2011.01525.x
313. Hivert MF, Backman H, Benhalima K, Catalano P, Desoye G, Immanuel J, McKinlay CJD, Meek CL, Nolan CJ, Ram U, Sweeting A, Simmons D, Jawerbaum A. Pathophysiology from preconception, during pregnancy, and beyond. *Lancet.* 2024;404(10448):158-174. doi:10.1016/s0140-6736(24)00827-4
314. Durnwald C, Beck RW, Li Z, Norton E, Bergenstal RM, Johnson M, Dunnigan S, Banfield M, Krumwiede K, Sibayan J, Calhoun P, Carlson AL. Continuous Glucose Monitoring Profiles in Pregnancies With and Without Gestational Diabetes Mellitus. *Diabetes Care.* 2024;47(8):1333-1341. doi:10.2337/dc23-2149
315. Hivert MF, Backman H, Benhalima K, Catalano P, Desoye G, Immanuel J, McKinlay CJD, Meek CL, Nolan CJ, Ram U, Sweeting A, Simmons* D, Jawerbaum* A. Pathophysiology from preconception, during pregnancy, and beyond. *The Lancet.* Published online 2024.
316. LAIN KY, CATALANO PM. Metabolic Changes in Pregnancy. *Clin Obstet Gynecol.* 2007;50(4):938-948. doi:10.1097/grf.0b013e31815a5494
317. Poston L, Caleyachetty R, Cnattingius S, Corvalán C, Uauy R, Herring S, Gillman MW. Preconceptional and maternal obesity: epidemiology and health consequences. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2016;4(12):1025-1036. doi:10.1016/s2213-8587(16)30217-0
318. Wu C, Khan SA, Lange AJ. Regulation of glycolysis—role of insulin. *Exp Gerontol.* 2005;40(11):894-899. doi:10.1016/j.exger.2005.08.002
319. Stryer L. *Biochemie.* Friedr. Vieweg & Sohn; 1987.
320. White SL, Pasupathy D, Sattar N, Nelson SM, Lawlor DA, Briley AL, Seed PT, Welsh P, Poston L, Consortium U. Metabolic profiling of gestational diabetes in obese women during pregnancy. *Diabetologia.* 2017;60(10):1903-1912. doi:10.1007/s00125-017-4380-6
321. Harreiter J, Desoye G, Poppel MNM van, Kautzky-Willer A, Dunne F, Corcoy R, Devlieger R, Simmons D, Consortium D, Adelantado JM, Damm P, Mathiesen ER, Jensen DM, Anderson LLT, Lapolla A, Dalfrà MG, Bertolotto A, Wender-Ozegowska E, Zawiejska A, Hill DJ, Snoek FJ. The Effects of Lifestyle and/or Vitamin D Supplementation Interventions on Pregnancy Outcomes: What Have We Learned from the DALI Studies? *Curr Diabetes Rep.* 2019;19(12):162. doi:10.1007/s11892-019-1282-7
322. Corcoy R, Mendoza LC, Simmons D, Desoye G, Adelantado JM, Chico A, Devlieger R, Assche A van, Galjaard S, Timmerman D, Lapolla A, Dalfrà MG, Bertolotto A, Harreiter J, Wender-Ozegowska E, Zawiejska A, Kautzky-Willer A, Dunne FP, Damm P, Mathiesen ER, Jensen DM, Andersen LLT, Tanvig M, Hill DJ, Jelsma JG, Snoek FJ, Köfeler H, Trötzmüller M, Lips P, Poppel MNM van. The DALI vitamin D randomized controlled trial for gestational diabetes mellitus prevention: No major benefit shown besides vitamin D sufficiency. *Clin Nutr.* 2020;39(3):976-984. doi:10.1016/j.clnu.2019.04.006
323. Edwards MO, Kotecha SJ, Kotecha S. Respiratory Distress of the Term Newborn Infant. *Paediatr Respir Rev.* 2013;14(1):29-37. doi:10.1016/j.prrv.2012.02.002

324. Landon MB, Spong CY, Thom E, Carpenter MW, Ramin SM, Casey B, Wapner RJ, Varner MW, Rouse DJ, Thorp JM, Sciscione A, Catalano P, Harper M, Saade G, Lain KY, Sorokin Y, Peaceman AM, Tolosa JE, Anderson GB, Network EKSNI of CH and HDMFMU. A Multicenter, Randomized Trial of Treatment for Mild Gestational Diabetes. *N Engl J Med*. 2009;361(14):1339-1348. doi:10.1056/nejmoa0902430
325. Crowther CA, Hiller JE, Moss JR, McPhee AJ, Jeffries WS, Robinson JS, Group ACIS in PW (ACHOIS) T. Effect of Treatment of Gestational Diabetes Mellitus on Pregnancy Outcomes. *N Engl J Med*. 2005;352(24):2477-2486. doi:10.1056/nejmoa042973
326. Crowther CA, Samuel D, McCowan LME, Edlin R, Tran T, McKinlay CJ, Group GT. Lower versus Higher Glycemic Criteria for Diagnosis of Gestational Diabetes. *N Engl J Med*. 2022;387(7):587-598. doi:10.1056/nejmoa2204091
327. Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Enticott J, Cheung NW, Group TR. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. *N Engl J Med*. 2023;388(23):2132-2144. doi:10.1056/nejmoa2214956
328. Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Coat S, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong VW, Hibbert EJ, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Cheung NW, Group the TR. Effect of treatment for early gestational diabetes mellitus on neonatal respiratory distress: A secondary analysis of the TOBOGM study. *BJOG: Int J Obstet Gynaecol*. Published online 2024. doi:10.1111/1471-0528.17938
329. Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Mondal S, Bhat S, Raj JM, Boro H, Kamrul-Hasan ABM, Kalra S. First-trimester fasting plasma glucose as a predictor of subsequent gestational diabetes mellitus and adverse fetomaternal outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr: Clin Res Rev*. 2024;18(6):103051. doi:10.1016/j.dsx.2024.103051
330. Osmundson S, Norton M, El-Sayed Y, Carter S, Faig J, Kitzmiller J. Early Screening and Treatment of Women with Prediabetes: A Randomized Controlled Trial. *Am J Perinatol*. 2015;33(02):172-179. doi:10.1055/s-0035-1563715
331. Simmons D, Hague WM, Teede HJ, Cheung NW, Hibbert EJ, Nolan CJ, Peek MJ, Girosi F, Cowell CT, Wong VW, Flack JR, McLean M, Dalal R, Robertson A, Rajagopal R. Hyperglycaemia in early pregnancy: the Treatment of Booking Gestational diabetes Mellitus (TOBOGM) study. A randomised controlled trial. *Méd J Aust*. 2018;209(9):405-406. doi:10.5694/mja17.01129
332. Hughes RCE, Rowan J, Williman J. Prediabetes in pregnancy, can early intervention improve outcomes? A feasibility study for a parallel randomised clinical trial. *BMJ Open*. 2018;8(3):e018493. doi:10.1136/bmjopen-2017-018493
333. Vinter CA, Tanvig MH, Christensen MH, Ovesen PG, Jørgensen JS, Andersen MS, McIntyre HD, Jensen DM. Lifestyle Intervention in Danish Obese Pregnant Women With Early Gestational Diabetes Mellitus According to WHO 2013 Criteria Does Not Change Pregnancy Outcomes: Results From the LiP (Lifestyle in Pregnancy) Study. *Diabetes Care*. 2018;41(10):2079-2085. doi:10.2337/dc18-0808
334. Roeder HA, Moore TR, Wolfson MsT, Gamst AC, Ramos GA. Treating hyperglycemia in early pregnancy: a randomized controlled trial. *Am J Obstet Gynecol MFM*. 2019;1(1):33-41. doi:10.1016/j.ajogmf.2019.03.003
335. Tehrani FR, Farzadfar F, Hosseiniapanah F, Rahmati M, Firouzi F, Abedini M, Hadaegh F, Valizadeh M, Torkestani F, Khalili D, Solaymani-Dodaran M, Bidhendi-Yarandi R, Bakhshandeh M, Ostovar A,

- Dovom MR, Amiri M, Azizi F, Behboudi-Gandevani S. Does fasting plasma glucose values 5.1-5.6 mmol/l in the first trimester of gestation a matter? *Front Endocrinol.* 2023;14:1155007. doi:10.3389/fendo.2023.1155007
336. Hillier TA, Pedula KL, Ogasawara KK, Vesco KK, Oshiro C, Marter JLV. Impact of earlier gestational diabetes screening for pregnant people with obesity on maternal and perinatal outcomes. *J Périnat Med.* 2022;50(8):1036-1044. doi:10.1515/jpm-2021-0581
337. Landon MB, Spong CY, Thom E, Carpenter MW, Ramin SM, Casey B, Wapner RJ, Varner MW, Rouse DJ, Thorp JM, Sciscione A, Catalano P, Harper M, Saade G, Lain KY, Sorokin Y, Peaceman AM, Tolosa JE, Anderson GB. A Multicenter, Randomized Trial of Treatment for Mild Gestational Diabetes. *Obstet Anesthesia Dig.* 2010;30(4):232. doi:10.1097/01.aoa.0000389610.71133.ee
338. Crowther CA, Hiller JE, Moss JR, McPhee AJ, Jeffries WS, Robinson JS, Group ACIS in PW (ACHOIS) T. Effect of Treatment of Gestational Diabetes Mellitus on Pregnancy Outcomes. *N Engl J Med.* 2005;352(24):2477-2486. doi:10.1056/nejmoa042973
339. Simmons D, Gupta Y, Hernandez TL, Levitt N, Poppel M van, Yang X, Zarowsky C, Backman H, Feghali M, Nielsen KK. Call to action for a life course approach. *Lancet.* 2024;404(10448):193-214. doi:10.1016/s0140-6736(24)00826-2
340. Haque MM, Tannous WK, Herman WH, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Enticott J, Cheung NW, Hibbert E, Nolan CJ, Peek MJ, Wong VW, Flack JR, Mclean M, Sweeting A, Gianatti E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Mohan V, Backman H, Simmons D, Consortium T. Cost-effectiveness of diagnosis and treatment of early gestational diabetes mellitus: economic evaluation of the TOBOGM study, an international multicenter randomized controlled trial. *eClinicalMedicine.* 2024;71:102610. doi:10.1016/j.eclinm.2024.102610
341. Immanuel J, Cheung NW, Mohajeri M, Simmons DJ, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert EJ, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Simmons D, Group TR, Hague W, Cheung W, Nolan C, Peek M, Flack J, Hibbert E, Harreiter J, Backman H, Mohan V, Shwarz E, Ross G, Ram U, Rajagopal R, Dalal R, Padmanabhan S, Rudland V, Anjana RM, Coat S, Kiss H, Soldatos G. Association Between Glycemia, Glycemic Variability, and Pregnancy Complications in Early GDM. *Diabetes Care.* 2024;48(2):285-291. doi:10.2337/dc24-1199
342. Schäfer-Graf U, Laubner K, Hummel S, Gembruch U, Groten T, Kainer F, Grieshop M, Bancher-Todesca D, Cervar-Zivakovic M, Hösli I, Kaltheuner M, Gellner R, Kautzky-Willer A, Bühner C. AWMF 057-008 S3 LL Gestationsdiabetes mellitus (GDM), Diagnostik, Therapie und Nachsorge – Kurzfassung). *Diabetol Stoffwechs.* 2022;17(S 02):S215-S225. doi:10.1055/a-1916-2116
343. Yeral MI, Ozgu-Erdinc AS, Uygur D, Seckin KD, Karsli MF, Danisman AN. Prediction of gestational diabetes mellitus in the first trimester, comparison of fasting plasma glucose, two-step and one-step methods: a prospective randomized controlled trial. *Endocrine.* 2014;46(3):512-518. doi:10.1007/s12020-013-0111-z
344. Sweeting A, Hannah W, Backman H, Catalano P, Feghali M, Herman WH, Hivert MF, Immanuel J, Meek C, Oppermann ML, Nolan CJ, Ram U, Schmidt MI, Simmons D, Chivese T, Benhalima K. Epidemiology and management of gestational diabetes. *Lancet.* 2024;404(Diabetes Res Clin Pract 162 2020):175-192. doi:10.1016/s0140-6736(24)00825-0
345. Simmons D, Gupta Y, Hernandez TL, Levitt N, Poppel M van, Yang X, Zarowsky C, Backman H, Feghali M, Nielsen KK. Call to action for a life course approach. *Lancet.* 2024;404(10448):193-214. doi:10.1016/s0140-6736(24)00826-2

346. Li HY, Wei JN, Chuang LM, Wu ET, Lee CN. Screening and diagnosis of diabetes in children and pregnant women. *Diabetes Res Clin Pr.* 2014;106:S288-S290. doi:10.1016/s0168-8227(14)70731-4
347. Li H, Sheu WH. Updates for hyperglycemia in pregnancy: The ongoing journey for maternal–neonatal health. *J Diabetes Investig.* 2022;13(10):1652-1654. doi:10.1111/jdi.13881
348. Harper LM, Jauk V, Longo S, Biggio JR, Szychowski JM, Tita AT. Early gestational diabetes screening in obese women: a randomized controlled trial. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;222(5):495.e1-495.e8. doi:10.1016/j.ajog.2019.12.021
349. Wilkie GL, Leftwich HK, Delpapa E, Simas TAM, Nunes AP. Trends in Screening for Diabetes in Early Pregnancy in the United States. *J Women's Heal.* 2023;32(4):416-422. doi:10.1089/jwh.2022.0305
350. Saravanan P, Deepa M, Ahmed Z, Ram U, Surapaneni T, Kallur SD, Desari P, Suresh S, Anjana RM, Hannah W, Shivashri C, Hemavathy S, Sukumar N, Kosgei WK, Christoffersen-Deb A, Kibet V, Hector JN, Anusu G, Stallard N, Ghebremichael-Weldeselassie Y, Waugh N, Pastakia SD, Mohan V. Early pregnancy HbA1c as the first screening test for gestational diabetes: results from three prospective cohorts. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2024;12(8):535-544. doi:10.1016/s2213-8587(24)00151-7
351. Kattini R, Hummelen R, Kelly L. Early Gestational Diabetes Mellitus Screening With Glycated Hemoglobin: A Systematic Review. *J Obstet Gynaecol Can.* 2020;42(11):1379-1384. doi:10.1016/j.jogc.2019.12.015
352. Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Rijsselberghe MV, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. *Acta Clin Belg.* 2024;79(3):217-224. doi:10.1080/17843286.2024.2384258
353. Association AD. Standards of Medical Care in Diabetes—2013. *Diabetes Care.* 2013;36(Suppl 1):S11-S66. doi:10.2337/dc13-s011
354. Metzger BE, Gabbe SG, Persson B, Buchanan TA, Catalano PA, Damm P, Dyer AR, Leiva A de, Hod M, Kitzmiller JL, Lowe LP, McIntyre HD, Oats JJN, Omori Y, Schmidt MI. International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Recommendations on the Diagnosis and Classification of Hyperglycemia in Pregnancy. *Diabetes Care.* 2010;33(3):676-682. doi:10.2337/dc09-1848
355. Simmons D, Hague WM, Teede HJ, Cheung NW, Hibbert EJ, Nolan CJ, Peek MJ, Girosi F, Cowell CT, Wong VW, Flack JR, McLean M, Dalal R, Robertson A, Rajagopal R. Hyperglycaemia in early pregnancy: the Treatment of Booking Gestational diabetes Mellitus (TOBOGM) study. A randomised controlled trial. *Méd J Aust.* 2018;209(9):405-406. doi:10.5694/mja17.01129
356. Colagiuri S, Falavigna M, Agarwal MM, Boulvain M, Coetzee E, Hod M, Meltzer SJ, Metzger B, Omori Y, Rasa I, Schmidt MI, Seshiah V, Simmons D, Sobngwi E, Torloni MR, Yang H xia. Strategies for implementing the WHO diagnostic criteria and classification of hyperglycaemia first detected in pregnancy. *Diabetes Res Clin Pr.* 2014;103(3):364-372. doi:10.1016/j.diabres.2014.02.012
357. Benhalima K, Geerts I, Calewaert P, Rijsselberghe MV, Lee D, Bochanen N, Verstraete S, Buyse L, Lewi L, Caron R, Tency I, Staquet M, Vermeersch P, Wens J. The 2024 Flemish consensus on screening for gestational diabetes mellitus early and later in pregnancy. *Acta Clin Belg.* 2024;79(3):217-224. doi:10.1080/17843286.2024.2384258
358. Simmons D, Nema J, Parton C, Vizza L, Robertson A, Rajagopal R, Ussher J, Perz J. The treatment of booking gestational diabetes mellitus (TOBOGM) pilot randomised controlled trial. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2018;18(1):151. doi:10.1186/s12884-018-1809-y

359. Bao W, Baecker A, Song Y, Kiely M, Liu S, Zhang C. Adipokine levels during the first or early second trimester of pregnancy and subsequent risk of gestational diabetes mellitus: A systematic review. *Metabolis*. 2015;64(6):756-764. doi:10.1016/j.metabol.2015.01.013
360. Cai Z, Yang Y, Zhang J. Hepatokine levels during the first or early second trimester of pregnancy and the subsequent risk of gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Biomarkers*. 2021;26(6):517-531. doi:10.1080/1354750x.2021.1928754
361. Donovan BM, Nidey NL, Jasper EA, Robinson JG, Bao W, Saftlas AF, Ryckman KK. First trimester prenatal screening biomarkers and gestational diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Plos One*. 2018;13(7):e0201319. doi:10.1371/journal.pone.0201319
362. Immanuel J, Simmons D. Screening and Treatment for Early-Onset Gestational Diabetes Mellitus: a Systematic Review and Meta-analysis. *Curr Diabetes Rep*. 2017;17(11):115. doi:10.1007/s11892-017-0943-7
363. Song T, Su G, Chi Y, Wu T, Xu Y, Chen C. Triglyceride–glucose index predicts the risk of gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Gynecol Endocrinol*. 2022;38(1):10-15. doi:10.1080/09513590.2021.1940932
364. Talasaz ZH, Sadeghi R, Askari F, Dadgar S, Vatanchi A. First trimesters Pregnancy-Associated Plasma Protein-A levels value to Predict Gestational diabetes Mellitus: A systematic review and meta-analysis of the literature. *Taiwan J Obstetrics Gynecol*. 2018;57(2):181-189. doi:10.1016/j.tjog.2018.02.003
365. Gabbay-Benziv R, Doyle LE, Blitzer M, Baschat AA. First trimester prediction of maternal glycemic status. *J Perinat Med*. 2015;43(3):283-289. doi:10.1515/jpm-2014-0149
366. Syngelaki A, Bredaki FE, Vaikousi E, Maiz N, Nicolaides KH. Body Mass Index at 11–13 Weeks' Gestation and Pregnancy Complications. *Fetal Diagn Ther*. 2011;30(4):250-265. doi:10.1159/000328083
367. Meek CL, Murphy HR, Simmons D. Random plasma glucose in early pregnancy is a better predictor of gestational diabetes diagnosis than maternal obesity. *Diabetologia*. 2016;59(3):445-452. doi:10.1007/s00125-015-3811-5
368. Berggren EK, Boggess KA, Mathew L, Culhane J. First Trimester Maternal Glycated Hemoglobin and Sex Hormone–Binding Globulin Do Not Predict Third Trimester Glucose Intolerance of Pregnancy. *Reprod Sci*. 2017;24(4):613-618. doi:10.1177/1933719116667230
369. Tu WJ, Guo M, Shi XD, Cai Y, Liu Q, Fu CW. First-Trimester Serum Fatty Acid-Binding Protein 4 and Subsequent Gestational Diabetes Mellitus. *Obstetrics Gynecol*. 2017;130(5):1011-1016. doi:10.1097/aog.0000000000002310
370. Feng P, Wang G, Yu Q, Zhu W, Zhong C. First-trimester blood urea nitrogen and risk of gestational diabetes mellitus. *J Cell Mol Med*. 2020;24(4):2416-2422. doi:10.1111/jcmm.14924
371. Guillemette L, Lacroix M, Battista MC, Doyon M, Moreau J, Ménard J, Ardilouze JL, Perron P, Hivert MF. TNF α Dynamics During the Oral Glucose Tolerance Test Vary According to the Level of Insulin Resistance in Pregnant Women. *J Clin Endocrinol Metabolism*. 2014;99(5):1862-1869. doi:10.1210/jc.2013-4016
372. Ruiter ML de, Kwee A, Naaktgeboren CA, Groot I de, Evers IM, Groenendaal F, Hering YR, Huisjes AJM, Kirpestein C, Moninx WM, Siljee JE, Zelfde AV 't, Oirschot CM van, Vankan-Buitelaar SA, Vonk MAAW, Wiegers TA, Zwart JJ, Franx A, Moons KGM, Koster MPH. External validation of prognostic

models to predict risk of gestational diabetes mellitus in one Dutch cohort: prospective multicentre cohort study. *Bmj*. 2016;354:i4338. doi:10.1136/bmj.i4338

373. Nanda S, Savvidou M, Syngelaki A, Akolekar R, Nicolaides KH. Prediction of gestational diabetes mellitus by maternal factors and biomarkers at 11 to 13 weeks. *Prenatal Diag*. 2011;31(2):135-141. doi:10.1002/pd.2636

374. Hou G, Gao Y, Poon LC, Ren Y, Zeng C, Wen B, Syngelaki A, Lin L, Zi J, Su F, Xie W, Chen F, Nicolaides KH. Maternal plasma diacylglycerols and triacylglycerols in the prediction of gestational diabetes mellitus. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2023;130(3):247-256. doi:10.1111/1471-0528.17297

375. Panagiotopoulou O, Syngelaki A, Georgiopoulos G, Simpson J, Akolekar R, Shehata H, Nicolaides K, Charakida M. Metformin use in obese mothers is associated with improved cardiovascular profile in the offspring. *Am J Obstet Gynecol*. 2020;223(2):246.e1-246.e10. doi:10.1016/j.ajog.2020.01.054

376. Association AD. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2019. *Diabetes Care*. 2018;42(Supplement_1):S13-S28. doi:10.2337/dc19-s002

377. Diabetes in der Schwangerschaft, Praxisorientiertes Wissen zu Gestationsdiabetes, Diabetes mellitus Typ 1 und 2, MODY. Published online 2020. doi:10.1515/9783110569186

378. Poon LCY, Karagiannis G, Stratieva V, Syngelaki A, Nicolaides KH. First-Trimester Prediction of Macrosomia. *Fetal Diagn Ther*. 2011;29(2):139-147. doi:10.1159/000318565

379. Migda M, Migda MS, Migda B, Wender-Ozegowska E. Maternal first trimester parameters in the prediction of excessive fetal growth in pregnant women with metabolic syndrome. *J Physiology Pharmacol Official J Pol Physiological Soc*. 2017;68(6):833-839.

380. Hur J, Yoo J, Shin D, Baek KH, Park S, Lee KJ. Predictability of Macrosomic Birth based on Maternal Factors and Fetal Aneuploidy Screening Biochemical Markers in Hyperglycemic Mothers. *Int J Med Sci*. 2021;18(12):2653-2660. doi:10.7150/ijms.49857

381. Nahavandi S, Seah J mine, Shub A, Houlihan C, Ekinici EI. Biomarkers for Macrosomia Prediction in Pregnancies Affected by Diabetes. *Front Endocrinol*. 2018;9:407. doi:10.3389/fendo.2018.00407

382. Walsh JM, McAuliffe FM. Prediction and prevention of the macrosomic fetus. *Eur J Obstet Gyn R B*. 2012;162(2):125-130. doi:10.1016/j.ejogrb.2012.03.005

383. Poon LCY, Karagiannis G, Stratieva V, Syngelaki A, Nicolaides KH. First-Trimester Prediction of Macrosomia. *Fetal Diagn Ther*. 2011;29(2):139-147. doi:10.1159/000318565

384. Meertens L, Smits L, Kuijk S, Aardenburg R, Dooren I, Langenveld J, Zwaan I, Spaanderman M, Scheepers H. External validation and clinical usefulness of first-trimester prediction models for small- and large-for-gestational-age infants: a prospective cohort study. *Bjog Int J Obstetrics Gynaecol*. 2019;126(4):472-484. doi:10.1111/1471-0528.15516

385. Monari F, Menichini D, Bascio LS, Grandi G, Banchelli F, Neri I, D'Amico R, Facchinetti F. A first trimester prediction model for large for gestational age infants: a preliminary study. *Bmc Pregnancy Childb*. 2021;21(1):654. doi:10.1186/s12884-021-04127-3

386. Plasencia W, Dávila EG, Tetilla V, Pérez EP, Hernández JAG, González NLG. First-trimester screening for large-for-gestational-age infants. *Ultrasound Obst Gyn*. 2012;39(4):389-395. doi:10.1002/uog.9060

387. Wells G, Bleicher K, Han X, McShane M, Chan YF, Bartlett A, White C, Lau SM. Maternal Diabetes, Large-for-Gestational-Age Births, and First Trimester Pregnancy-Associated Plasma Protein-A. *J Clin Endocrinol Metabolism*. 2015;100(6):2372-2379. doi:10.1210/jc.2014-4103
388. Frick AP, Syngelaki A, Zheng M, Poon LC, Nicolaides KH. Prediction of large-for-gestational-age neonates: screening by maternal factors and biomarkers in the three trimesters of pregnancy. *Ultrasound Obst Gyn*. 2016;47(3):332-339. doi:10.1002/uog.15780
389. Goetzinger KR, Singla A, Gerkowicz S, Dicke JM, Gray DL, Odibo AO. The efficiency of first-trimester serum analytes and maternal characteristics in predicting fetal growth disorders. *Am J Obstet Gynecol*. 2009;201(4):412.e1-412.e6. doi:10.1016/j.ajog.2009.07.016
390. PAPAŞTEFANOU I, SOUKA AP, PILALIS A, ELEFTHERIADES M, MICHALITSI V, KASSANOS D. First trimester prediction of small- and large-for-gestation neonates by an integrated model incorporating ultrasound parameters, biochemical indices and maternal characteristics. *Acta Obstet Gyn Scan*. 2012;91(1):104-111. doi:10.1111/j.1600-0412.2011.01271.x
391. Parlakgumus HA, Aytac PC, Kalaycı H, Tarim E. First trimester maternal lipid levels and serum markers of small- and large-for-gestational age infants. *J Maternal-fetal Neonatal Medicine*. 2014;27(1):48-51. doi:10.3109/14767058.2013.799658
392. Rossi A, Vogrig E, GANZITTI L, Forzano L, Simoncini G, Romanello I, Ambrosini G, Marchesoni D. Prediction of large-for-gestation neonates with first-trimester maternal serum PAPP. *Minerva ginecologica*. Published online 2014.
393. Timmerman E, Pakrīt E, Snijders RJM, Bilardo CM. High macrosomia rate in healthy fetuses after enlarged nuchal translucency. *Prenat Diagn*. 2014;34(2):103-108. doi:10.1002/pd.4262
394. Tul N, Pušenjak S, Osredkar J, Spencer K, Novak-Antolič Ž. Predicting complications of pregnancy with first-trimester maternal serum free-βhCG, PAPP-A and inhibin-A. *Prenat Diagn*. 2003;23(12):990-996. doi:10.1002/pd.735
395. Nanda S, Akolekar R, Sarquis R, Mosconi AP, Nicolaides KH. Maternal serum adiponectin at 11 to 13 weeks of gestation in the prediction of macrosomia. *Prenat Diagn*. 2011;31(5):479-483. doi:10.1002/pd.2723
396. Vambergue A, Jacqueminet S, Lamotte MF, Lamiche-Lorenzini F, Brunet C, Deruelle P, Vayssière C, Cosson E. Three alternative ways to screen for hyperglycaemia in pregnancy during the COVID-19 pandemic. *Diabetes Metab*. 2020;46(6):507-510. doi:10.1016/j.diabet.2020.04.003
397. Colagiuri S, Falavigna M, Agarwal MM, Boulvain M, Coetzee E, Hod M, Meltzer SJ, Metzger B, Omori Y, Rasa I, Schmidt MI, Seshiah V, Simmons D, Sobngwi E, Torloni MR, Yang H xia. Strategies for implementing the WHO diagnostic criteria and classification of hyperglycaemia first detected in pregnancy. *Diabetes Res Clin Pr*. 2014;103(3):364-372. doi:10.1016/j.diabres.2014.02.012
398. Simmons D, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, Peek MJ, Flack JR, McLean M, Wong V, Hibbert E, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Backman H, Gianatti E, Sweeting A, Mohan V, Enticott J, Cheung NW, Group TR. Treatment of Gestational Diabetes Mellitus Diagnosed Early in Pregnancy. *N Engl J Med*. 2023;388(23):2132-2144. doi:10.1056/nejmoa2214956
399. Seifu CN, Immanuel J, Hague WM, Teede H, Cheung NW, Hibbert EJ, Nolan CJ, Peek MJ, Wong VW, Flack JR, McLean M, Sweeting A, Kautzky-Willer A, Harreiter J, Gianatti E, Mohan V, Backman H, Simmons D, Group TR, Simmons D, Cheung NW, Hague WM, Teede H, Nolan CJ, McLean M, Wong V, Hibbert E, Coat S, Dalal R, Soldatos G, Padmanabhan S, Rajagopal R, Rudland V, Harreiter J, Kautzky-

Willer A, Kiss H, Backman H, Schwarcz E, Ross G, Mohan V, Anjana RM, Ram U. Association Between Immediate Treatment of Early Gestational Diabetes Mellitus and Breastfeeding Outcomes: Findings From the TOBOGM Study. *Diabetes Care*. 2024;47(12):e99-e101. doi:10.2337/dc23-1635

400. Bhattacharya S, Nagendra L, Dutta D, Kamrul-Hasan ABM. Treatment Versus Observation in Early Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Endocrinol Metab*. Published online 2024:dgae878. doi:10.1210/clinem/dgae878

401. Colagiuri S, Falavigna M, Agarwal MM, Boulvain M, Coetzee E, Hod M, Meltzer SJ, Metzger B, Omori Y, Rasa I, Schmidt MI, Seshiah V, Simmons D, Sobngwi E, Torloni MR, Yang H xia. Strategies for implementing the WHO diagnostic criteria and classification of hyperglycaemia first detected in pregnancy. *Diabetes Res Clin Pr*. 2014;103(3):364-372. doi:10.1016/j.diabres.2014.02.012

402. Geburtshilfe B der SG und, DEGUM. 10 goldene Regeln für die Durchführung eines NIPT-Tests. https://www.degum.de/fileadmin/dokumente/sektionen/Gynaekologie_und_Geburtshilfe/Informationen_zu_m_Fach/NIPT-10-goldene-Regeln_AK_v2020-02-17.pdf

403. DEGUM. Wegweiser auffälliger NIPT? 26.2.2023. https://www.degum.de/fileadmin/user_upload/NIPT-Wegweiser-auffaelliger-NIPT_v2023-02-28.pdf

Versionsnummer: 1.2
Erstveröffentlichung: 1.1.2024
Nächste Überprüfung geplant: 31.12.2028

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen.
Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online

