

# Lachgas-Analgesie unter dem Aspekt: Nachhaltigkeit im Kreißaal

Franziska Dresen, Susanne Bechert, Daniel Bolkenius, Stephanie Snyder-Ramos, Susanne Koch

Die Klimakrise zwingt dazu, in vielen Bereichen umzudenken und neue Lösungen zu finden. In der Geburtshilfe hat Lachgas als Schmerzmittel ein besonders klimaschädigendes Potenzial. Die Autor\*innen beleuchten die Nutzung von Lachgas im Kreißaal unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und kommen zum Schluss, die bisherige Nutzung als Analgetikum während der Geburt sollte im Sinne der Klimagerechtigkeit gegenüber kommenden Generationen überdacht werden.

## Gesundheitsversorgung im Kontext des Klimawandels

Wir leben in Zeiten des Klimawandels, verursacht durch den massiven anthropogenen Ausstoß von Treibhausgasen (THG). Betrachtet man den Gesundheitssektor als Land, ist er weltweit der fünftgrößte Emittent von THG. Auf globaler Ebene sind ihm 4,6% aller freigesetzten THG zuzuordnen. Die THG-Emissionen des Gesundheitssystems in Deutschland liegen sogar darüber bei 5,2% [22]. Mit Zusage Deutschlands zur Umsetzung der UN-Agenda 2030 muss sich die Gesundheitsversorgung neben Qualitätsindikatoren wie evidenzbasierter Versorgung und Patientenorientierung auch an ihrer Nachhaltigkeit messen lassen.

Die Klima- und Umweltkrise hat schwerwiegende Folgen für die Gesundheit von Frauen, Kindern und Familien. Es ist wichtig, dass Akteur\*innen im Bereich der reproduktiven Gesundheit die Bedeutung dieser Bedrohung anerkennen und unverzüglich Wege finden, um mit den Herausforderungen umzugehen [13]. Konkret bedeutet dies die Verfolgung zweier Maßnahmensäulen – Adaptation und Mitigation: **Adaptation** umfasst, die Gesundheitsversorgung rund um die Geburt so zu gestalten, dass Frauen, Kinder und Familien sich den Folgen der Klima- und Umweltkrise bestmöglich anpassen können. Hierzu zählt u. a. die Implementierung von auf diese Bevölkerungsgruppen zugeschnittenen Maßnahmen zum Hitze- und Katastrophenschutz. **Mitigation** beinhaltet die Reduzierung von THG. Im Gesundheitssektor trägt die Geburtshilfe u. a. durch

Nutzung zahlreicher Einmal-Materialien und Verwendung von Lachgas ( $N_2O$ ) zur Klimakrise bei [28].

## Lachgas: ein Treibhausgas

Im Rahmen der UN-Klimarahmenkonvention beschloss die internationale Staatengemeinschaft, verpflichtend Maßnahmen zu ergreifen, um die Emissionen von THG, zu denen Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Methan ( $CH_4$ ) und Lachgas ( $N_2O$ ) sowie fluoridierte THG (F-Gase) zählen, zu verringern [44, 46]. In Deutschland entfielen 2020 87,1% der freigesetzten THG auf Kohlendioxid, 6,5% auf Methan, 4,7% auf Lachgas und rund 1,7% auf F-Gase [43].

Die erderwärmende Potenz (GWP = Global Warming Potential) eines THG wird üblicherweise über einen Zeitraum von 100 Jahren angegeben (GWP100), wobei  $CO_2$  als Referenzgas den GWP100 von „1“ hat. Der GWP100 von  $N_2O$  liegt mit 298 deutlich darüber [1]. Lachgas ist demzufolge ein hochpotentes THG, das rund 300-mal klimaschädlicher ist als  $CO_2$ . Daher macht es einen (auf die Menge bezogen) überproportional hohen Anteil des anthropogenen Treibhauseffektes aus. Weiterhin gehört  $N_2O$  neben  $CO_2$  zu den THG mit sehr langer atmosphärischer Lebensdauer von ~121 Jahren. Dieser Wert liegt im Gegensatz dazu für Methan bei ~12 Jahren [39]. Nicht zuletzt zerstört  $N_2O$  die schützende Ozonschicht weit mehr als Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), seit diese im Rahmen des Montreal Protokolls streng reglementiert worden sind [31].

N<sub>2</sub>O-Emissionen entstehen zum Großteil (77 %) in der Landwirtschaft (durch Einsatz von Stickstoffdüngern), in der chemischen Industrie (u. a. Kunststoffindustrie) und durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe. Eine der weiteren Quellen der N<sub>2</sub>O-Emissionen stellt die medizinische Nutzung von Lachgas dar.

*Global ist N<sub>2</sub>O aktuell für ca. 6 % der Klimaerwärmung verantwortlich; 1 % dieses Anteils ist dem Einsatz in der Medizin, als Analgetikum in der Zahnmedizin, der Kinderheilkunde und der Geburtshilfe zuzuschreiben[6].*

In England, wo N<sub>2</sub>O – wie auch in den skandinavischen und anglo-pazifischen Ländern – häufig während der Geburt angewendet wird, geht der National Health Service (NHS) davon aus, dass bis zu 30 % des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks auf die Applikation von N<sub>2</sub>O während der Geburt zurückzuführen sind [28]. Auf das gesamte nationale Gesundheitssystem bezogen, verursacht N<sub>2</sub>O ca. 2 % des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks [29]. Englands Gesundheitssystem gilt im internationalen Vergleich als Vorreiter hinsichtlich seiner Anstrengungen, Maßnahmen für den Klimaschutz umzusetzen. 2020 verpflichtete sich der NHS als erster Gesundheitsdienst der Welt, klimaneutral zu werden. In seiner Kampagne Greener NHS verpflichtet sich das britische Gesundheitssystem, bis 2040 CO<sub>2</sub>-neutral zu arbeiten. Hierbei geht der NHS nicht nur bei der Verpflichtung der Medizinprodukt-Hersteller zur CO<sub>2</sub>-Neutralität, sondern auch bei der klinischen Testung neuer technischer Lösungen vorbildhaft voran [27, 40].

Auch in Deutschland ist das Bewusstsein geweckt, dass es eines nachhaltigen Gesundheitswesens bedarf. So hat der Deutsche Ärztetag 2021 beschlossen, dass der emissionsreiche Gesundheitssektor Deutschlands spätestens bis 2030 klimaneutral werden soll [5].

### Einsatz von Lachgas in der Geburtshilfe in Deutschland

Im deutschsprachigen Raum spielte die Lachgas-Analgesie während der Geburt historisch bedingt keine so große Rolle wie in den anglo-pazifischen und skandinavischen Ländern. Sie kommt aber in der hiesigen Geburtsmedizin wieder zunehmend zur klinischen Anwendung [8, 18]. Ei-

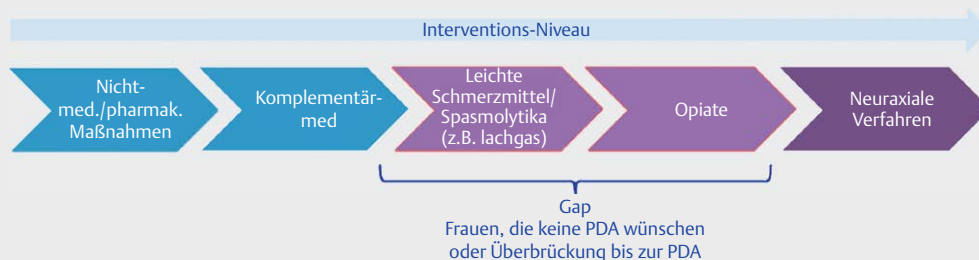
nige Geburtskliniken bieten Lachgas-Applikationen als gebrauchsfertige Gasmischung von 50 % O<sub>2</sub> und 50 % N<sub>2</sub>O (z. B. Livonpan®) an. Kreißsäle werben mit der Möglichkeit einer einfachen und sicheren Schmerztherapie, die eine Alternative zur Periduralanästhesie (PDA) darstelle und keinen negativen Einfluss auf das Kind oder den Geburtsverlauf habe. Bemerkenswert erscheint diese Entwicklung vor dem Hintergrund der verpflichtenden Maßnahmen zur Eindämmung von N<sub>2</sub>O-Emissionen im Rahmen der UN-Klimarahmenkonvention: Zum Zeitpunkt des „Lachgas-Revivals“ in Kreißsälen hierzulande war die klima- und ozonschädigende Wirkung schon lange bekannt.

Das ethische Dilemma, das sich für Hebammen und Geburtshelfer\*innen ergibt, ist die Abwägung zwischen einem kurzzeitigen Nutzen der Maßnahmen für die Gebärende und dem schädigenden Einfluss auf das Klima und somit auf das zukünftige Wohlergehen von Mutter und Kind [21]. Eine qualitativ hochwertige Versorgung sollte auch bzgl. ihrer Klimaschädlichkeit und zukünftiger Gesundheitsrisiken reflektieren und diesen Aspekten ebenfalls gerecht werden.

*Neugeborene sind die vulnerabelste Gruppe und am langfristigen auf eine intakte Lebensgrundlage angewiesen. Die Aufgabe ist es, den Einsatz der N<sub>2</sub>O-Analgesie deutlich zu begrenzen und wieder vermehrt die in den Leitlinien empfohlenen Schmerzbehandlungen zur Anwendung kommen zu lassen.*

### Lachgas – ein Analgetikum während der Geburt

Laut S3-Leitlinie Vaginale Geburt am Termin erstrecken sich die anzuwendenden Strategien zur Schmerzbewältigung während der Geburt über ein breites Interventionspektrum [9]. Diese reichen mit steigendem Interventionsniveau von nicht-pharmakologischen über komplementärmedizinische Maßnahmen zu leichten Schmerzmitteln und Spasmolytika wie auch Lachgas, weiter über Opiode und Remifentanyl-PCA (Patient-controlled analgesia) bis hin zur Periduralanästhesie (PDA), dem neuroaxialen Verfahren der Wahl zur vaginalen Geburt. Lachgas, das sowohl subpartal



► **Abb. 1** Strategien zur Schmerzbewältigung während der Geburt (Interventionspektrum).

zur Bewältigung von Wehenschmerzen als auch postpartal für schmerzhafte Prozeduren wie die Versorgung von Geburtsverletzungen oder die manuelle Plazentalösung zum Einsatz kommt, ordnet sich neben Paracetamol und Spasmolytica (Buscopan) in die Kategorie der leichten Schmerzmittel ein [9]. Allerdings ist zu bedenken, dass N<sub>2</sub>O nur in hohen Konzentrationen (> 70 %) analgetisch wirkt; in niedrigeren Konzentrationen wirkt es sedierend/anxiolytisch [36]. In der S3-Leitlinie ist der Einsatz von N<sub>2</sub>O zur Schmerzerleichterung während der Geburt aufgrund der schlechten Qualität und großen Heterogenität der vorhandenen Studien zum Thema nicht als Empfehlung gelistet und wurde lediglich als Expert\*innenkonsens eingefügt [9]. N<sub>2</sub>O-Analgesie werde „[...] von den Gebärenden insgesamt gut angenommen, da trotz schwacher analgetischer Effekte die überwiegend anxiolytische-sedierenden Mechanismen zur Zufriedenheit beitragen [...], auch wenn sich nur ein kleiner Teil der Frauen für eine erneute Anwendung entscheiden würde (23 %) [...]“ [9].

### Vorteile und Nachteile der Lachgas-Analgesie

Als Vorteile der N<sub>2</sub>O-Therapie werden die anxiolytisch-sedierende Wirkung, die schnelle An- und Abflutung (< 1 min), die in der Regel geringe Atmen- und Kreislaufdepression und die flexible Nutzungsmöglichkeit in jeder Geburtsphase genannt [8]. Sie kann während der Geburt sowohl als alleinige Schmerzmedikation als auch zur Überbrückung, bis eine PDA gelegt werden kann, eingesetzt werden. Auch kann sie bei schmerzhaften Behandlungen postpartal, z. B. zur Versorgung von Geburtsverletzungen, zum Einsatz kommen. Darüber hinaus schwächt N<sub>2</sub>O den Uterustonius nicht und die Mundstück- oder Masken-Darreichungsform unterstützt Gebärende darin, unabhängig vom Wirkstoff, in eine für die Wehenbewältigung günstige regelmäßige, tiefe Atmung zu kommen. Ein besonders bedeutsamer Effekt der Lachgas-Analgesie ist die gewonnene Unabhängigkeit der Gebärenden durch die einfache Selbsttitrierung [3, 45]. „Die Gebärende erlangt durch Applikation von N<sub>2</sub>O eine Art ‚Selbstkontrolle‘ über den Geburtsvorgang und die damit verbundenen Schmerzen, die psychologisch hilfreich sein kann. Potentiell führt dies zu einer gesteigerten Zufriedenheit der Gebärenden, die diese Selbstapplikation von Lachgas unter der Geburt nutzen.“ [8]

Die fetalen Auswirkungen sind bisher noch nicht eindeutig geklärt. Es werden potenzielle hämatologische, immunologische und neurotoxische Nebenwirkungen auf das Neugeborene diskutiert [33, 36, 45].

Als Nachteil der N<sub>2</sub>O-Therapie wird in erster Linie die schwache analgetische Potenz genannt. Drei Meta-Analysen konnten keinen signifikanten Effekt der N<sub>2</sub>O-Sedierung zur peripartalen Reduzierung der Intensität von Wehenschmerzen im Vergleich zu Placebo demonstrieren [8]. Weiterhin haben randomisiert kontrollierte Studien keinen Unterschied in der analgetischen Wirksamkeit zwi-

schen N<sub>2</sub>O und TENS (Transkutane elektrische Stimulation des Nervensystems) festgestellt [30]. Ist eine starke Schmerzlinderung oder -auslöschung gewünscht, kann N<sub>2</sub>O nicht als Alternative zur PDA oder anderen neuroaxialen Verfahren dienen [4]. Neuroaxiale Verfahren gelten aufgrund der effizienteren Analgesie in der Geburtshilfe als Goldstandard zur Schmerztherapie [26].

Alternativ kann bei stärkeren Schmerzen auch eine Remifentanil-PCA in Erwägung gezogen werden. Unter der Applikation einer Remifentanil-Analgesie müssen Atmung und Kreislauffunktion der Gebärenden sowie die fetalen Herztöne kontinuierlich überwacht werden. Die Zufuhr muss mindestens 5 min vor der Abnabelung des Kindes beendet werden, um eine Atemdepression zu verhindern [18]. In Deutschland ist die Nutzung einer Remifentanil-PCA während der Geburt bisher noch nicht weit verbreitet, obwohl die Verwendung in der aktuellen S3-Leitlinie als Alternativverfahren zu neuroaxialen Verfahren empfohlen wird [9]. Da N<sub>2</sub>O letztlich eine geringere analgetische Potenz hat, benötigen 40–60 % der Schwangeren trotz Gabe von N<sub>2</sub>O mit weiterem Fortschreiten der Geburt zusätzlich eine PDA zur Schmerzbehandlung [4].

Weitere Nachteile der N<sub>2</sub>O-Analgesie sind die häufig auftretenden Nebenwirkungen Übelkeit, Erbrechen (8,4 %), Schwindel (bis zu 2,4 %), Müdigkeit und Halluzinationen (bis zu 1 %) sowie die selten auftretenden Nebenwirkun-

gen Hyperventilation, Tetanie und bei prolongierter Nutzung mögliche maternale und fetale Hypoxie und Azidose. Auch kann  $N_2O$  atemdepressive Effekte anderer Medikamente (z. B. von Opioiden) verstärken. Ferner empfinden manche Frauen die Maske als störend und beklemmend [34]. Des Weiteren kann die Mobilität der Gebärenden durch die an einem Schlauch befestigte Maske eingeschränkt sein. Diskutiert wird weiterhin das Risiko einer irreversiblen Oxidierung von Cobalamin und damit zur Inhibition Vitamin- $B_{12}$ -abhängiger Enzyme durch eine  $N_2O$ -Exposition. Vitaminmangelerkrankungen sowie Myelopathien und resultierend eine klinische Manifestation neurologischer Komplikationen könnten die Folge sein. Es wird angenommen, dass diese Nebenwirkung von der Dosis und Expositionsdauer abhängt. Ab welcher  $N_2O$ -Exposition mit entsprechenden schädigenden Effekten zu rechnen ist, ist nicht eindeutig geklärt. Im Fazit muss bei Vitamin- $B_{12}$ -Mangel der Gebärenden (erhöhtes Risiko u. a. bei vegetarischer bzw. veganer Ernährung) auf die Anwendung von  $N_2O$  verzichtet werden [8, 41].

### Risiken für das Personal

Die chronische  $N_2O$ -Exposition des Personals muss beim Abwägen der Vor- und Nachteile mitbedacht werden. Dies betrifft in erster Linie Hebammen, die meist viel Zeit nah an der Gebärenden verbringen. In der EU-Verordnung zum *Globally Harmonized System* ist  $N_2O$  als chemisch-physikalischer Gefahrstoff gekennzeichnet. Der Verdacht gesundheitsschädigender Auswirkungen beim Personal in Form von Störungen des Vitamin- $B_{12}$ -Stoffwechsels, neurologischen Störungen, Fertilitätsverlust, Frühgeburtlichkeit und höheren Abortraten durch feto- und genotoxische Effekte stehen im Raum [8]. Aus diesem Grund sehen die aktuellen Arbeitsschutzregeln sowie die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402, TRGS 900) Grenzwerte für die  $N_2O$ -Konzentration in der Raumluft am Arbeitsplatz vor, die rechtsverbindlich einzuhalten sind. Der Grenzwert für den resorptiv wirksamen Gefahrstoff der Kategorie II beträgt  $180 \text{ mg/m}^3$  (entspricht 100 ppm), bezogen auf acht Stunden Exposition. Hierbei sind bis zu vier kurzzeitige Überschreitungen (jeweils max. 15 min) pro Schicht mit Werten bis  $360 \text{ mg/m}^3$  zugelassen [17].

Ohne entsprechende Absauganlagen, die Vermeidung von Leckagen im System und die Vermeidung der Ausatmung von  $N_2O$  in die Raumluft durch konsequente Rückatmung in eine geeignete Maske werden die Grenzwerte für die  $N_2O$ -Raumluftkontamination schnell überschritten [2, 8]. Die Studienlage zeigt, dass diese Grenzwerte in Kreißsälen regelhaft überschritten werden [8, 14]. Nicht zuletzt birgt die chronische Exposition von  $N_2O$  ein – wenn auch geringes – Abhängigkeits- und Missbrauchspotenzial [8].

Problematisch für die sachgemäße und sichere Anwendung von  $N_2O$  stellt sich in vielen Kliniken die Personalsituation dar. Die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und die Deutsche Gesellschaft

für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG) empfehlen: „Für die Dauer der Behandlung darf die Patientin nicht alleine gelassen werden. Eine peripartale Überwachung von Mutter und Kind muss gewährleistet sein“ [8]. Insbesondere bei hohem Arbeitsaufkommen kann dieser Empfehlung u.U. nicht nachgekommen werden: Laut dem Deutschen Hebammenverband ist eine 1:1-Betreuung in den wenigsten Geburtskliniken gegeben; häufig werden von einer Hebamme zwei bis drei Gebärende gleichzeitig betreut [37]. Ist keine 1:1-Betreuung gewährleistet, kann es zu Überwachungslücken kommen, durch die Mutter und Kind ggf. gefährdet werden. Die haftungsrechtlichen Implikationen in diesem Kontext müssen bedacht werden.

Als wesentlicher Nachteil der Lachgasapplikation sei nochmals die erhebliche klima- und ozonschädigende Potenz von  $N_2O$  betont: Unter Lachgasanwendung werden pro Minute  $N_2O$ -Applikationen von  $3 \text{ kg CO}_2\text{e}$  ( $\text{CO}_2$ -Äquivalenzwert) freigesetzt [28]. Bezogen auf einen handelsüblichen 10-l-Zylinder mit jeweils 50 % Lachgas-Sauerstoffgemisch entspricht dies  $771 \text{ kg CO}_2\text{e}$ , die in die Atmosphäre gelangen.

### Aufgrund der oben genannten schmerzlindernden Effekte wird $N_2O$ bei Frauen angewendet,

- die nur ein leichtes Schmerzmittel benötigen
- die eine überbrückende Sedierung (bis eine PDA gelegt werden kann) wünschen
- die starke Analgesieformen (wie die PDA) ablehnen
- bei denen bestimmte Schmerzmittel kontraindiziert sind

Um diesen Bedarf zu bedienen und dabei den treibhaus- und gesundheitsschädigenden Nachteilen der Lachgasnutzung entgegenzuwirken, ist das **Cracking-Verfahren zur Destruktion von  $N_2O$**  etabliert worden. Mittels thermischer Katalyse wird das abgeatmete  $N_2O$  in einer mobilen Cracking-Einheit in Sauerstoff ( $O_2$ ) und Stickstoff ( $N_2$ ) gespalten und somit unschädlich gemacht. Dieses Verfahren wird seit Anfang 2000 eingesetzt, zunächst in Skandinavien und den USA, später auch in Australien, Neuseeland und Kanada [12, 23]. Eine Anwendungsstudie publizierten Pinder et al. 2022 in *Anaesthesia* [29].

### EXKURS

#### Destruktion von Lachgas

Kann die Destruktion von Lachgas eine Lösung für eine bedenkenlose Lachgasanalogie sein? Beim neuen Destruktions- bzw. Cracking-Verfahren wird über ein bestimmtes Rückatmungssystem ausgeatmetes  $N_2O$  aufgefangen und in einer sog. Mobile Destruction Unit (MDU) katalytisch in  $O_2$  und  $N_2$  aufgespalten. Dadurch soll im Idealfall kein  $N_2O$  mehr in die Umgebungsluft geraten. Ziel ist eine umwelt- und benutzerfreundliche Lösung für die Schmerzlinderung mit  $N_2O$ . Hergestellt wird die MDU vom schwedischen Unternehmen Medclair,

nach dessen eigenen Angaben das N<sub>2</sub>O, das über die Maske in die MDU gelangt, zu über 99 % inaktiviert wird [25].

In der Studie von Pinder et al. (2022) wurde die MDU mit unterschiedlichen Rückatem-Modulen während der Geburt von 36 Frauen an drei britischen Geburtskliniken getestet [29]. Unabhängig vom genutzten Rückatemmodul (Mundstück oder verschiedene Maskentypen) konnte die N<sub>2</sub>O-Konzentration im Raum von 45 ppm (parts per million) (1,4–172 ppm) ohne MDU auf mittlere Werte von 13,1 ppm, 7,5 ppm bzw. 8,7 ppm mit MDU reduziert werden. Es zeigte sich insgesamt eine hohe Effizienz von ca. 75 % (71–78 %), was die Reduktion des Lachgases in der Umgebungsluft angeht, und eine akzeptable Praxistauglichkeit bei den Mitarbeitenden und Gebärenden [29].

Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass die Spannweite der Messungen groß war und auch bei Nutzung der MDU zum Teil Werte von bis zu 234,2 ppm im Raum gemessen wurden. Weiterhin wurden die Messbedingungen (z. B. Raumlüftung) nicht ausreichend kontrolliert und die N<sub>2</sub>O-Konzentrationen nur während der letzten 30 min der Anwendung gemessen. Zudem wurde nicht erhoben, wie lange die einzelne Nutzung von N<sub>2</sub>O vorher jeweils war. Da aber die N<sub>2</sub>O-Konzentrationen im Raum bezogen auf die Anwendungsdauer und -phase sowie den Verbrauch an N<sub>2</sub>O die einzige Möglichkeit ist, die Quote von neutralisiertem N<sub>2</sub>O korrekt zu ermitteln, ist der angegebene Wirkungsgrad von 75 % mit großer Unsicherheit behaftet [20]. Es wurde ebenfalls die Akzeptanz von Mitarbeitenden und Gebärenden Frauen untersucht – das Feedback war überwiegend positiv. Einige Frauen tolerierten die größeren Masken für die Rückatmung nicht und wechselten auf die Mundstücke. Einige Mitarbeitende kritisierten die Größe der MDU-Einheit, da diese bei vielen Arbeitsabläufen hinderlich war. Bei dem nicht-verblindeten Ansatz der Studie, der geringen Teilnehmerinnenzahl und den nicht standardisierten Messungen der N<sub>2</sub>O-Konzentrationen im Raum ist die Aussage der Studie jedoch eher kritisch zu bewerten. Die Arbeit kann höchstens einen ersten Anhalt über die Praxistauglichkeit der MDU geben, aufgrund der Limitationen ist keine Empfehlung für den klinischen Alltag abzuleiten.

Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass zwar das N<sub>2</sub>O in der MDU destruiert wird, aber dennoch z. T. erhebliche Mengen N<sub>2</sub>O in die Umgebungsluft gelangen können, wenn die Gebärenden nicht konsequent in die Maske zurückatmen oder die Maske bzw. das Mundstück nicht dicht abschließt (z. B. bei Brillenträger\*innen). Als weiterer

Kritikpunkt ist anzumerken, dass diese Anwendungsstudie nicht die CO<sub>2</sub>e-Emissionen für die Herstellung und Wartung der MDU mit einberechnete. Darüber hinaus ist zu beachten, dass sowohl die Bereitstellung von N<sub>2</sub>O inklusive der apparativen und logistischen Infrastruktur als auch die Wartung kostenintensiv sind. Die MDU wird i. d. R. per Leasing bereitgestellt, was mit erheblichen monatlichen Betriebskosten verbunden ist.

## Ökobilanz der Analgesieverfahren

Neben den genannten geburtshilflichen Implikationen ist angesichts der potenziellen klinischen Neueinführung oder Weiternutzung von N<sub>2</sub>O mit oder ohne Cracking-Verfahren die Frage zielführend, wie klimaschädlich seine Nutzung als Schmerzmittel während der Geburt im Vergleich zu den Alternativen tatsächlich ist. Um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unterschiedlicher analgetischer Verfahren zu vergleichen, sind Life-Cycle-Analysen notwendig. Hierbei wird der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Herstellung, Verpackung, Transport, Applikation und Entsorgung für jede Substanz berechnet [32].

In einer Life-Cycle-Analyse, die vier Stunden Analgesie während der Geburt über N<sub>2</sub>O-Inhalation, Remifentanil-PCA und PDA mit Bupivacain verglich, war Lachgas weitest klimaschädlicher als die anderen Verfahren. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalenzwerte (CO<sub>2</sub>e) lagen für Lachgas bei 237,3kg CO<sub>2</sub>e, für die PDA mit Bupivacain bei 1,2kg CO<sub>2</sub>e und für die Remifentanil-PCA bei 0,8kg CO<sub>2</sub>e. Bei der N<sub>2</sub>O-Therapie waren lediglich 0,3kg CO<sub>2</sub>e der Herstellung, Energiebedarf und Entsorgung zuzuordnen, die restlichen 237kg resultierten allein aus der Freisetzung von N<sub>2</sub>O in die Atmosphäre [28].

Geht man davon aus, dass von diesen 273kg im fraglichen, aber optimalen Fall 75–80 % durch die MDU zerstört würden, lägen die zu veranschlagenden Emissionen immer noch bei ~55kg CO<sub>2</sub>e und um Größenordnungen höher als der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer PDA oder einer Remifentanil-PCA. Auch hier wäre der Life-Cycle-Fußabdruck sowohl der Herstellung der MDU als auch ihr laufender Energiebedarf nicht mit einberechnet. Darüber hinaus ist schon die Herstellung von N<sub>2</sub>O ein sehr energieaufwendiger Prozess, was u. a. die Live-Cycle-Assessments von Jody Sherman et al. eindrucksvoll aufzeigen [38]. Selbst wenn zukünftig alle Herstellungsprozesse mittels grüner Energie CO<sub>2</sub>-neutral erfolgen, bleibt die Freisetzung von N<sub>2</sub>O in die Atmosphäre ökologisch höchst problematisch. Neue Techniken mit nicht perfektem Wirkungsgrad wie das N<sub>2</sub>O-Cracking können über Green-Washing in der Werbung und daraus resultierende Mehrnutzung zu Rebound-Effekten führen, die Bemühungen in Richtung einer Netto-Null-Emission im Gesundheitssystem torpedieren.

Lachgas zur Analgesie während der Geburt ist hinsichtlich Klima- und Umweltschutz die ungünstigste Variante, was sich auch nicht durch Anwendung des N<sub>2</sub>O-Cracking-Verfahrens ändern lässt, weil die massive Freisetzung von N<sub>2</sub>O und die Zerstörung der Ozonschicht klima- und gesundheitsschädigend sind. Die Klimakrise ist die größte Bedrohung für die Gesundheit der Menschen im 21. Jahrhundert [48].

*N<sub>2</sub>O zur Analgesie während der Geburt ist hinsichtlich der vielfältigen negativen Effekte für Gebärende und Geburtsbegleitende und aufgrund der schwachen analgetischen Wirksamkeit keine sinnvolle Methode, um Gebärende in ihrem Bedarf nach Schmerzerleichterung bestmöglich zu versorgen.*

## Nachhaltige Versorgung von Müttern und Kindern

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass weder aus Sicht der Gebärenden, noch ihrer Kinder und Enkelkinder die Nutzung von N<sub>2</sub>O während der Geburt empfehlenswert ist. Geburtshilffliche Analgesie mit N<sub>2</sub>O ist – selbst mit Destruktionsverfahren – die klimaschädlichste Lösung und hat in klinischen Studien seine analgetische Wirksamkeit bisher nicht hinreichend bewiesen. Demnach nimmt das Anbieten einer Lachgasanalgesie Müttern und ihre Neugeborenen in ihren Bedürfnissen nach einer guten und wirksamen Versorgung sowie ihrem Wunsch nach einer glücklichen und gesunden Zukunft nicht ernst. Gebärende Frauen sind in ihrer Individualität in Bezug auf ihre Geburtsschmerzen wahrzunehmen, zu respektieren und zu unterstützen.

*Es bedarf einer zugewandten, menschenwürdigen, sicheren, evidenzbasierten, wirksamen und nachhaltigen Betreuung und Versorgung durch die begleitenden Gesundheitsakteur\*innen. Die Empfehlung lautet daher, auf N<sub>2</sub>O komplett zu verzichten [24].*

Die Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique (FIGO), die International Confederation of Midwives (ICM), die World Federation of Societies of Anesthesiologists (WFSA) sowie zahlreiche weitere einflussreiche Institutionen wie die Bundesärztekammer und die Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUG) rufen dazu auf, die Auswirkungen der Klimakrise auf die Gesundheit anzuerkennen und Gesundheitssysteme unverzüglich nachhaltig zu gestalten [5, 11, 16, 19, 47]. Insofern ist es geboten, dass Akteur\*innen der Geburtshilfe und der Anästhesie klimaschädigende Versorgungs- und Behandlungsmethoden erkennen und diese zukünftig nicht mehr anwenden. Bezogen auf die peripartale N<sub>2</sub>O-Anwendung sollten fortan – neben dem klaren Hinweis auf die fehlende Leitlinienempfehlung – die möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Gebärenden und des Personals ebenso wie die Klimaschädlichkeit dieses Verfahrens eindeutig benannt werden.

## Mehr Nachhaltigkeit durch hebammengeleitete geburtshilffliche Versorgung und 1:1-Betreuung

Die nachhaltigste Lösung zur Bewältigung von geburtsbedingten Schmerzen ist eine hebammengeleitete geburtshilffliche Grundversorgung und eine 1:1-Betreuung durch qualifizierte Hebammen. Sie können Frauen frühzeitig in der Schwangerschaft stärken und auf den Umgang mit Geburtsschmerzen vorbereiten. Während der Geburt können Hebammen Gebärende interventionsarm durch nicht-pharmakologische Methoden zur Schmerzbewältigung unterstützen. Hierzu zählen bspw. Zuwendung, Massagen, Atemanleitung, Wärmeanwendungen, Anleitung zur Bewegung etc.

Eine hebammengeleitete Grundversorgung und eine 1:1-Betreuung kann Unter- und Überversorgung deutlich mindern und vor „[...] zu frühen und zu vielen Interventionen [...]“ [10] schützen. Es sinkt der Bedarf an medikamentöser Analgesie der Gebärenden nachweislich [35]. Weniger Interventionen implizieren weniger Verbrauch von Ressourcen, geringere Komplikationsraten und weniger Abfallaufkommen. Nicht zuletzt ist die Hebammenbetreuung bedeutsam für die nachhaltige Zufriedenheit der Mutter: „[...] Die Einflüsse von Schmerz, Schmerzlinderung oder intrapartale Interventionen auf die anschließende Zufriedenheit mit dem Geburtserleben [sind] weder so klar noch so bedeutsam [...] wie der Einfluss der Einstellungen und des Verhaltens der betreuenden Person.“ [15]

Bedarf es darüber hinaus pharmakologischer Maßnahmen, können bei leichten bis moderaten Schmerzen laut S3-Leitlinie Vaginale Geburt am Termin Paracetamol und Spasmolytika (Buscopan 10–20mg) gegeben werden. Besteht der Bedarf nach einer stärkeren Schmerztherapie während der Geburt, ist die Applikation einer PDA der Goldstandard. Bei Kontraindikationen ist eine Remifentanyl-PCA das Mittel der Wahl. Zur Versorgung von Geburtsverletzungen postpartal steht die Lokalanästhesie, in der Austrittsphase ggf. eine Pudendusblockade als effektives Mittel der Analgesie zur Verfügung [9, 18].

*Eine hebammengeleitete Grundversorgung und eine 1:1-Betreuung während der Geburt können unter guten Umsetzungsbedingungen als grundlegende Schmerztherapie verstanden werden: Sie ist human, evidenzbasiert, sicher, sowohl patient\*innen- als auch personalorientiert und besonders nachhaltig.*

Auch beim Einsatz höhergradiger, schmerztherapeutischer Anwendungen sollte eine 1:1-Betreuung während der Geburt immer gegeben sein. Demgegenüber ist die Anwendung höhergradiger Analgesiemethoden mit der Begründung eines Personalmangels (fehlende 1:1-Betreuung) nicht leitlinienkonform und nicht am Wohlergehen der Gebärenden und des Personals orientiert. Zumal bei Anwen-

dung von N<sub>2</sub>O wie auch einer Remifentanil-PCA eine ständige peripartale Überwachung von Mutter und Kind gewährleistet sein muss [8, 9]. Der Einsatz einer N<sub>2</sub>O-Therapie aufgrund von Personalmangelsituationen ist zusätzlich weder evidenzbasiert noch nachhaltig. Sie ist somit im Hinblick auf das Wohlergehen und die Gesundheit der Gebärenden und der Neugeborenen nicht zu rechtfertigen. Die beste Lösung für die Gesundheit des Menschen geht meist mit der besten Lösung für die Umwelt und das Klima einher [42]. Ebenso gehen die Stärkung von Frauen und nachhaltige Entwicklungen Hand in Hand [7].

## Handlungsempfehlungen der Autor\*innen

1. Die Aufklärungsbögen und SOPs (Standard Operating Procedures) zur N<sub>2</sub>O-Analgesie sind in den Geburtskliniken entsprechend dem aktuellen Leitlinienstand und dem Wissensstand bzgl. Nachhaltigkeit im Gesundheitssystem anzupassen. Dies sollte interdisziplinär durch Hebammen, Gynäkolog\*innen und Anästhesist\*innen erfolgen.
2. Entschidet sich eine Klinik trotz der Forderung, auf N<sub>2</sub>O komplett zu verzichten, für den Einsatz von Lachgas, sollte die Indikationsstellung äußerst restriktiv und durch einen Facharzt/eine Fachärztin erfolgen (z. B. bei Kontraindikation für eine PDA wegen Gerinnungsstörungen oder Ablehnung der Remifentanil-PCA durch die Frau). Des Weiteren ist die Dauer der N<sub>2</sub>O-Anwendung auf ein Minimum zu begrenzen und eine MDU einzusetzen. Im Vorfeld muss, wie folgend weiter ausgeführt, eine vollständige und klimasensible Unterweisung des Personals und Aufklärung der Schwangeren erfolgt sein.
3. Das Wissen über die Wirksamkeit, die Nebenwirkungen und den klima- und ozonschädigenden Effekt von N<sub>2</sub>O ist zeitnah unter Gesundheitsakteuren, insbesondere Klinikleitungen, Kreißsalleitungen, Hebammen, Gynäkolog\*innen, Anästhesist\*innen wie auch Studierenden dieser Berufsgruppen zu verbreiten. Bedeutsam ist es zudem, in diesem Zusammenhang sowohl die direkten Gesundheitsrisiken für das geburtsbegleitende Personal als auch die indirekten Risiken durch die gesundheitsbedrohende Klimakrise zu vermitteln.
4. Das Wissen über die mangelnde Wirksamkeit, die möglichen Nebenwirkungen ebenso wie die klima- und ozonschädigenden Effekte von N<sub>2</sub>O sind werden den Müttern zur Verfügung zu stellen. Hierzu bieten sich v. a. Vorsorgekontakte in der Schwangerschaft und Geburtsvorbereitungskurse an. Um Frauen in ihrer Entscheidungsfindung hinsichtlich der Schmerzbewältigung während der Geburt bestmöglich zu stärken, sollten sie ausführlich und klimasensibel über die verschiedenen, evidenzbasierten Methoden der Schmerztherapie informiert werden.

## Autorinnen/Autoren



### Franziska Dresen

Hebamme, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Hochschule für Gesundheit Bochum – Studienbereich Hebammenwissenschaft; Dipl. Regionalwiss. Japan/Soziologie, Gründungsmitglied der „Midwives4Future“ und der „AG Rund um die Geburt“ der Deutschen Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUG).



### Susanne Bechert

Gynäkologin in Kiel, Mitglied der AG „Gynäkologie“ und AG „Rund um die Geburt“ der Deutschen Allianz Klimawandel und Gesundheit (KLUG).



### Dr. med. Daniel Bolkenius

Facharzt für Anästhesiologie, Zusatzbezeichnung Notfallmedizin, Klimamanager (KliKGreen), Universitätsklinikum Augsburg.



### Dr. med. Stephanie Snyder-Ramos

Fachärztin für Anästhesiologie und Intensivmedizin; Zusatzqualifikation Notfallmedizin; Klimamanagerin Krankenhaus Salem der Evangelischen Stadtmission Heidelberg; Mitglied bei Health for Future, KLUG (AG Anästhesie), KliMeG und Global Green and Healthy Hospitals (GGHH).



### PD Dr. med. Susanne Koch

Anästhesistin, University of Southern Denmark, Ykøbing F. Hospital und Charité-Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum und Campus Mitte, Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin.

## Korrespondenzadresse

### Franziska Dresen

Hochschule für Gesundheit Bochum  
Department für Angewandte Gesundheitswissenschaften  
Studienbereich Hebammenwissenschaft  
Gesundheitscampus 6–8  
44801 Bochum  
Deutschland  
E-Mail: franziska.dresen@hs-gesundheit.de

## Literatur

- [1] Andersen MPS, Nielsen OJ, Wallington TJ et al. Assessing the Impact on Global Climate from General Anesthetic Gases. *Anesth Analg* 2012; 114: 1081. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31824d6150
- [2] BAuA. Technischer Arbeitsschutz (inkl. Technische Regeln) – TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte; Zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2023 S. 755-756 [Nr. 35] (v. 12. Juni 2023). *BArBI Heft*, 2006; 41–55
- [3] Becke K. Pro & Kontra – Lachgas als Schmerztherapie während der Geburt. *Hebamme* 2016; 29: 76–78. DOI: 10.1055/s-0042-104526
- [4] Broughton K, Clark AG, Ray AP. Nitrous Oxide for Labor Analgesia: What We Know to Date. *Ochsner Journal* 2020; 20: 419–421. DOI: 10.31486/toj.19.0102
- [5] Bundesärztekammer. Ärztetag für Klimaneutralität des Gesundheitswesens bis 2030. Bundesärztekammer, 2021, November 2. Im Internet: <https://www.bundesaerztekammer.de/presse/aktuelles/detail/aerztetag-fuer-klimaneutralitaet-des-gesundheitswesens-bis-2030>
- [6] Charlesworth M, Swinton F. Anaesthetic gases, climate change, and sustainable practice. *Lancet Planet Health* 2017; 1: e216–e217. DOI: 10.1016/S2542-5196(17)30040-2
- [7] Club of Rome (Hrsg.). *Earth for All. Ein Survivalguide für unseren Planeten*. 1. Aufl. München: Oekom; 2022
- [8] DGAI & DGGG. Einsatz von Lachgas zur Schmerztherapie unter der Geburt. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI), der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG). *Anästh Intensivmed* 2014; 55: 679–682
- [9] DGGG, DGHWi Die vaginale Geburt am Termin. S3-Leitlinie. AWMF-Register Nr. 015/083 (2020). Im Internet: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/015-083\\_S3\\_Vaginale-Geburt-am-Termin\\_2021-03.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/015-083_S3_Vaginale-Geburt-am-Termin_2021-03.pdf)
- [10] DHV. Positionspapier Hebammengeleitete Geburtshilfe (2023). Im Internet: [https://www.hebammenverband.de/fileadmin/download/PDF/2023\\_04\\_13\\_DHV-Positionspapier\\_Hebammengeleitete-Geburtshilfe.pdf](https://www.hebammenverband.de/fileadmin/download/PDF/2023_04_13_DHV-Positionspapier_Hebammengeleitete-Geburtshilfe.pdf) abgerufen am 01.08.2023
- [11] FIGO. FIGO calls on OBGYNs to help “mitigate the climate crisis affecting our patients and their families” (2021). Im Internet: <https://www.figo.org/figo-calls-obgyns-help-mitigate-climate-crisis-affecting-our-patients-and-their-families> abgerufen am 01.09.2023
- [12] Gaines M, Pinder A, MacCarrick T et al. Bench experiments to investigate the effect of nitrous oxide cracking technology in ideal circumstances. *Anaesthesia* 2022; 77: 225–226. DOI: 10.1111/anae.15632
- [13] Giudice LC, Llamas-Clark EF, DeNicola N et al. Climate change, women’s health, and the role of obstetricians and gynecologists in leadership. *Int J Gynaecol Obstet* 2021; 155: 345–356. DOI: 10.1002/ijgo.13958
- [14] Henderson KA, Matthews IP, Adishes A et al. Occupational exposure of midwives to nitrous oxide on delivery suites. *Occup Environ Med* 2003; 60: 958–961. DOI: 10.1136/oem.60.12.958
- [15] Hodnett ED, Lowe NK, Hannah ME et al. Effectiveness of Nurses as Providers of Birth Labor Support in North American Hospitals: A Randomized Controlled Trial. *JAMA* 2002; 288: 1373–1381. DOI: 10.1001/jama.288.11.1373
- [16] ICM. COP26—Midwives and the Impact of Climate Change, ICM; International Confederation of Midwives (2021). Im Internet: <https://www.internationalmidwives.org/icm-news/cop26-midwives-and-the-impact-of-climate-change.html> abgerufen am 01.09.2023
- [17] IFA. GESTIS-Stoffdatenbank. Distickstoffmonoxid. Im Internet: <https://gestis.dguv.de/data?name=004230> o. j., abgerufen 01.09.2023
- [18] Jochberger S, Ortner C, Klein KU. Schmerztherapie während der Geburt. *Wien Med Wochenschr* 2017; 167: 368–373. DOI: 10.1007/s10354-017-0571-5
- [19] KLUG. KLUG veröffentlicht Rahmenwerk für klimagerechte Gesundheitseinrichtungen (2021). Im Internet: <https://www.klimawandel-gesundheit.de/klug-veroeffentlicht-rahmenwerk-fuer-klimaneutrale-gesundheitseinrichtungen/> abgerufen am 01.09.2023
- [20] Koch S, Dresen F, Snyder-Ramos S et al. Lachgas im Kreißaal: Sofortige Spaltung schont Personal und Umwelt – Kommentar. *J Club AINS* 2023; 12: 61. DOI: 10.1055/a-2025-6016
- [21] Koch S, Klitzman R. Reliance on fossil fuels: Ethical implications for intensivists. *Intensive Care Med* 2023; 49: 330–333. DOI: 10.1007/s00134-023-06994-0
- [22] Lancet Countdown, Bundesärztekammer (BÄK), Helmholtz Zentrum München, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). *The Lancet Countdown on Health and Climate Change. Policy Brief für Deutschland 2021* (2021). Im Internet: [https://www.klimawandel-gesundheit.de/wp-content/uploads/2021/10/20211020\\_Lancet-Countdown-Policy-Germany-2021\\_Document\\_v2.pdf](https://www.klimawandel-gesundheit.de/wp-content/uploads/2021/10/20211020_Lancet-Countdown-Policy-Germany-2021_Document_v2.pdf) abgerufen am 01.09.2023
- [23] Lucas DN, Wong R, Kearsley R. ‘Cracking’ the environmental problem of nitrous oxide in obstetrics. *Anaesthesia* 2023; 78: 288–293. DOI: 10.1111/anae.15907
- [24] McGain F, Muret J, Lawson C et al. Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Br J Anaesth* 2020; 125: 680–692. DOI: 10.1016/j.bja.2020.06.055
- [25] Medclair. MDU – Mobile Destruction Unit Medclair. Im Internet: <https://www.medclair.com/en/mdu> abgerufen 01.09.2023
- [26] Nanji JA, Carvalho B. Pain management during labor and vaginal birth. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2020; 67: 100–112. DOI: 10.1016/j.bpobgyn.2020.03.002
- [27] NHS England. Greener NHS. Im Internet: <https://www.england.nhs.uk/greenernhs/> abgerufen 01.09.2023
- [28] Pearson F, Sheridan N, Pierce JMT. Estimate of the total carbon footprint and component carbon sources of different modes of labour analgesia. *Anaesthesia* 2022; 77: 486–488. DOI: 10.1111/anae.15678
- [29] Pinder A, Fang L, Fieldhouse A et al. Implementing nitrous oxide cracking technology in the labour ward to reduce occupational exposure and environmental emissions: A quality improvement study \*. *Anaesthesia* 2022; 77: 1228–1236. DOI: 10.1111/anae.15838
- [30] Rastchi V, Maryami N, Molaei B. Comparison of entonox and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in labor pain: A randomized clinical trial study. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2022; 35: 3124–3128. DOI: 10.1080/14767058.2020.1813706
- [31] Ravishankara AR, Daniel JS, Portmann RW. Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science* 2009; 326: 123–125. DOI: 10.1126/science.1176985



- [32] Reitinger C. Ökobilanz als Methode zur Nachhaltigkeitsbewertung. In: Steger F, Hillerbrand R. Praxisfelder angewandter Ethik: Medizin, Technik und Umwelt. Paderborn: Brill mentis; 2013: 223–244. DOI: 10.30965/9783897859388\_014
- [33] Reynolds F. The effects of maternal labour analgesia on the fetus. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2010; 24: 289–302. DOI: 10.1016/j.bpobgyn.2009.11.003
- [34] Richardson MG, Lopez BM, Baysinger CL. Should Nitrous Oxide Be Used for Laboring Patients? *Anesthesiol Clin* 2017; 35: 125–143. DOI: 10.1016/j.anclin.2016.09.011
- [35] Sandall J, Soltani H, Gates S et al. Midwife-led continuity models versus other models of care for childbearing women. *Cochrane Database Syst Rev* 2016; 4: CD004667. DOI: 10.1002/14651858.CD004667.pub5
- [36] Sanders RD, Weimann J, Maze M et al. Biologic Effects of Nitrous Oxide: A Mechanistic and Toxicologic Review. *Anesthesiology* 2008; 109: 707–722. DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181870a17
- [37] Schirme C, Steppat S. Die Arbeitssituation von angestellten Hebammen in Kliniken. Hebammenbefragung 2015. Deutscher Hebammenverband und Picker Institut Deutschland gGmbH 2016 Im Internet: [https://www.hebammen-nrw.de/cms/fileadmin/redaktion/Aktuelles/pdf/2016/DHV\\_Hebammenbefragung\\_Nov\\_2015\\_final.pdf](https://www.hebammen-nrw.de/cms/fileadmin/redaktion/Aktuelles/pdf/2016/DHV_Hebammenbefragung_Nov_2015_final.pdf) abgerufen am 01.09.2023
- [38] Sherman J, Le C, Lamers V et al. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs. *Anesth Analg* 2012; 114: 1086. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31824f6940
- [39] Sulbaek Andersen MP, Sander SP, Nielsen OJ et al. Inhalation anaesthetics and climate change. *Br J Anaesth* 2010; 105: 760–766. DOI: 10.1093/bja/aeq259
- [40] Tennison I, Roschnik S, Ashby B, Boyd R et al. Health care's response to climate change: A carbon footprint assessment of the NHS in England. *Lancet Planet Health* 2021; 5: e84–e92. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30271-0
- [41] Thiem M. Lachgas unter der Geburt. Vitamin B12 substituieren? *Deutsche Hebammen Zeitschrift* 2021; 7: Im Internet: [https://www.dhz-online.de/no\\_cache/archiv/archiv-inhalt-heft/archiv-detail-abo/artikel/vitamin-b12-substituieren/](https://www.dhz-online.de/no_cache/archiv/archiv-inhalt-heft/archiv-detail-abo/artikel/vitamin-b12-substituieren/) abgerufen am 01.09.2023
- [42] Traidl-Hoffmann C, Schulz C, Herrmann M, Simon B. Planetary Health—Klima, Umwelt Gesundheit im Anthropozän. Berlin: MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2021
- [43] Umweltbundesamt. Die Treibhausgase (2022). Im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> abgerufen am 01.09.2023
- [44] United Nations. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on climate change 1998 Im Internet: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> abgerufen am 01.09.2023
- [45] Vallejo MC, Zakowski MI. Pro-Con Debate: Nitrous Oxide for Labor Analgesia. *Biomed Res Int* 2019; 4618798. DOI: 10.1155/2019/4618798
- [46] Vereinte Nationen. Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (1992). Im Internet: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf> abgerufen am 01.09.2023
- [47] White SM, Shelton CL, Gelb AW et al. Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: A global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. *Anaesthesia* 2022; 77: 201–212. DOI: 10.1111/anae.15598
- [48] WHO. Climate change and health (2021). Im Internet: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> abgerufen am 01.09.2023

## Bibliografie

Hebamme 2023; 36: 53–61  
 DOI 10.1055/a-2160-4933  
 ISSN 0932-8122  
 © 2023. Thieme. All rights reserved.  
 Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,  
 70469 Stuttgart, Germany