

Interdisziplinäre Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe, der Deutschen Gesellschaft für Urologie, der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie, der Deutschen Gesellschaft für Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie, der Schweizerischen Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation, der Österreichischen Gesellschaft für Anästhesie, Reanimation und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste und der Stiftung Patientensicherheit Schweiz

## **S3 Leitlinie „Vermeidung von perioperativer Hypothermie“ - Aktualisierung 2019 -**

**Finale Version vom 15.05.2019**

Prof. Dr. A. Torossian (Marburg), Dr. K. Becke (Nürnberg), Prof. Dr. B. Bein (Hamburg), Prof. Dr. A. Bräuer (Göttingen), Dr. D. Gantert (Düsseldorf), Prof. Dr. R. Greif (Bern), Prof. Dr. J. Höcker (Neumünster), Prof. Dr. E.P. Horn (Pinneberg), Prof. Dr. O. Kimberger (Wien), Prof. Dr. E. Klar (Rostock), PD Dr. med. P. Nuhn (Mannheim), Prof. Dr. S. Ruchholtz (Marburg), Prof. Dr. D. Schwappach (Zürich), Frau I. Welk (Kiel), Prof. Dr. H. Wulf (Marburg)

Das Werk untersteht dem Urheberrecht. Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung der Autoren unzulässig. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeber reproduziert werden. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung, weitere Nutzung und Verwertung in elektronischen Systemen, Intranets und dem Internet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>PRÄAMBEL</b>	<b>6</b>
<b>METHODIK</b>	<b>7</b>
<b>A GRUNDLAGEN UND ALLGEMEINE EMPFEHLUNGEN</b>	<b>9</b>
A.1 Thermoregulation des Menschen	9
A.1.1 Physiologie und Definition der „normalen Körpertemperatur“	9
A.1.2 Prinzipien der Thermoregulation	10
A.1.3 Definition von Hypothermie	11
A.2 Allgemeine Empfehlungen zur perioperativen Körpertemperaturmessung	11Fehler!
Textmarke nicht definiert.	
A.2.1 Präzision und Genauigkeit der Messinstrumente	12
A.2.2 Meßmethode und Ort der Temperaturmessung	12
A.3 Risikofaktoren der unerwünschten perioperativen Hypothermie	18
A.4 Folgen unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie	24
1. Mortalität u. Kardiale Komplikationen	24
2. Gerinnungsstörungen mit vermehrter Blutung	26
3. Wundheilungsstörungen	26
4. Postoperatives Shivering	27
<b>B PRÄOPERATIVE PHASE</b>	<b>29</b>
B.1 Wärmung von Patienten in der präoperativen Phase - Vorwärmung (Prewarming)	29
<b>C OPERATIVE PHASE</b>	<b>34</b>
C.1 OP-Raumtemperatur	34
C.2 Aktive Wärmung	35
C.2.1 Konvektive Verfahren	35
C.2.2 Konduktive Verfahren	38
C.3 Wärmung von Infusionen und Blutprodukten	41
C.4 Wärmung von Spüllösungen	43
C.5 Sonstige Verfahren	44
C.6 Spezielle Patientengruppen: Kinder	46
<b>D POSTOPERATIVE PHASE (AWR, IMC, INTENSIVSTATION)</b>	<b>47</b>
D.1 Postoperatives Kältezittern (Shivering)	47
D.2 Verhalten auf der nachsorgenden Organisationseinheit	50

<b>E</b>	<b>KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE PERIOPERATIVER VERFAHREN ZUR VERMEIDUNG UNBEABSICHTIGTER PERIOPERATIVER HYPOTHERMIE</b>	<b>52</b>
E.1	Grundlagen der Berechnung	52
E.2	Kalkulation unterschiedlicher klinischer Modelle	60
E.3	Zusammenfassung	64
<b>F</b>	<b>IMPLEMENTIERUNG DER LEITLINIE</b>	<b>70</b>
F.1	Maßnahmen zur Implementierung	70
F.1.1	Patienteninformation	70
F.1.2	Personalschulung	70
F.1.3.	OP-Checkliste	71
F.2	Maßnahmen zur Qualitäts- und Erfolgskontrolle	71
<b>ANHANG</b>		<b>76</b>
A.	Vermeidung Perioperativer Hypothermie - Flowchart/ Algorithmus für die „Kitteltasche“	
B.	Evidenztabelle	
C.	Studien-Erhebungsbögen	
D.	Checkliste für das Pflegepersonal	727
E.	Standard Operating Procedure (SOP) für Pflegekräfte	729
F.	Patienteninformation „Perioperative Hypothermie“	81
G.	Gesamtliteraturverzeichnis	84

## Abkürzungsverzeichnis

ASA	American Society of Anesthesiologists
ASPAN	Association of PeriAnesthesia Nurses
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.
ÄZQ	Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin
BQS	Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH
DELBI	Deutsches Leitlinien-Bewertungs-Instrument
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.
DGCH	Deutsche Gesellschaft für Chirurgie e.V.
DGF	Deutsche Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste e.V.
DGGG	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe
DGKIC	Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie e.V.
DGMKG	Deutsche Gesellschaft für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Urologie
ENA	Emergency Nurses Association
GIN	Guidelines International Network
ISCI	Institute for Systems Improvement
NGP	Nominaler Gruppenprozess
NICE	National Institute of Clinical Excellence
NVL	Nationale Versorgungs Leitlinie
ÖGARI	Österreichische Gesellschaft für Anästhesie,

SGAR

Reanimation und Intensivmedizin

Schweizerische Gesellschaft für Anästhesiologie und  
Reanimation

## Präambel

Alle chirurgischen Patienten haben sowohl in Allgemein- als auch in Regionalanästhesie das Risiko eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie zu erleiden. Die Inzidenz postoperativer Hypothermie wird in aktuellen Erhebungen mit bis zu 70 Prozent angegeben. Eine perioperative Hypothermie kann gravierende Komplikationen zur Folge haben: Letalität, kardiale Morbidität und perioperativer Transfusionsbedarf nehmen zu, ebenso wie die Inzidenz von Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen. Konsekutiv ist auch der Krankenhausaufenthalt betroffener Patienten verlängert.

Nichtsdestotrotz sind die negative Folgen, wie auch pathophysiologische Mechanismen, einer unerwünschten perioperativen Hypothermie noch ungenügend im Bewusstsein von Anästhesisten, Chirurgen, Pflegekräften und Funktionsdiensten verankert. Aus einer Umfrage zum Thermomanagement von chirurgischen Patienten in 13 europäischen Ländern geht hervor, dass nur bei 25% der Patienten während Allgemeinanästhesie regelhaft eine Körpertemperaturmessung durchgeführt wird (bei Patienten während Regionalanästhesie nur in 16% der Fälle). Intraoperativ aktiv gewärmt wurden hingegen 39% der Patienten während Allgemein-, jedoch nur 19% der Patienten während Regionalanästhesie [1].

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass Verständnis und Bewusstsein für die Problematik einer perioperativen Hypothermie bei allen Beteiligten verbessert werden müssen.

Dabei grenzt sich die vorliegende Leitlinie ausdrücklich von der aus therapeutischen Erwägungen bewusst herbeigeführten Hypothermie für spezielle Krankheitsgruppen ab.

Ziel der vorliegenden Leitlinie ist es, den in der chirurgischen Patientenversorgung Tätigen zu helfen, eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie zu vermeiden. Grundlage hierfür bieten evidenzbasierte Empfehlungen, wie auch konkrete Maßnahmen der Implementierung und Umsetzung.

Im Ergebnis streben wir durch die konsequente Implementierung der Leitlinie und des spezifischen Qualitätsziels postoperative Normothermie eine Verbesserung des Outcomes (reduzierte Inzidenz von Wundinfektionen, verminderte kardiale Morbidität und verkürzter Krankenhausaufenthalt) bei unseren operativen Patienten an.

## Methodik

Die Entwicklung dieser Leitlinie wurde von Prof. Dr. Torossian und Prof. Dr. Wulf initiiert und methodisch durch Frau Prof. Dr. I. Kopp, Institut für Medizinisches Wissensmanagement der AWMF (IMWI, Marburg) begleitet. Die aktuelle Leitlinien-Gruppe setzt sich aus Vertretern der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (Dr. K. Becke, Prof. Dr. B. Bein, Prof. Dr. A. Bräuer, Prof. Dr. J. Höcker, Prof. Dr. E.-P. Horn, Prof. Dr. A. Torossian, Prof. Dr. HFW Wulf), der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie (Prof. E. Klar, Rostock), der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (Prof. Dr. S. Ruchholtz, Marburg), der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (Dr. med. D. Gantert, Düsseldorf), der Deutschen Gesellschaft für Urologie (PD Dr. P. Nuhn, Mannheim), der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie (i.A. Dr. K. Becke, Nürnberg), der Deutschen Gesellschaft für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie (Dr. C. Moll, Marburg), der Schweizerischen Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation (Prof. Dr. R. Greif, Bern), der Österreichischen Gesellschaft für Anästhesie, Reanimation und Intensivmedizin (Prof. Dr. O. Kimberger, Wien), der Deutschen Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste (Fr. I. Welk, Kiel) und der Stiftung Patientensicherheit Schweiz (Prof. Dr. D. Schwappach, Zürich) zusammen. Zur Entwicklung der Leitlinie wurde zunächst eine Leitlinien-Synopse zur perioperativen Hypothermieprävention erstellt (Datenbanken: GIN, Cochrane Database, PubMed sowie die AHRQ (National Guideline Clearinghouse) mit dem Suchbegriff „hypothermia“). Insgesamt kondensierte sich die Suche auf 6 Quell-Leitlinien: 1. NICE-Guideline 2008 (Großbritannien) [2], 2. Joanna Briggs Institute Guideline 2010 (Australien) [3], 3. Leitlinie der Kanadischen bzw. US Amerikanischen Gesellschaft für Chirurgie 2009 [4], 4. ASPAN Guideline 2010 2. edition (USA) [5], des ISCI [6], und der ENA [7], Darüber hinaus wurde eine systematische Literatursuche von Jan. 2006 bis Nov. 2012 durchgeführt.

Dabei wurden spezifisch **5 Schlüsselfragen** beantwortet:

1. Wie ist die Normaltemperatur des chirurgischen Patienten und wie kann diese perioperativ verlässlich gemessen werden?
2. Welches sind Risikofaktoren für die Entstehung perioperativer Hypothermie?
3. Was sind die Folgen perioperativer Hypothermie?

4. Welche Maßnahmen zur Reduktion perioperativer Hypothermie sind effektiv und sinnvoll?
5. Wie kann die Leitlinie implementiert werden?

Das vorliegende update der Leitlinie berücksichtigt neu publizierte internationale Leitlinien zum Thema, d.h. im Zeitraum von Nov. 2012 bis April 2018, und eine aktualisierte Literatursuche zu den Kapitel-Themen: 1. perioperative Temperaturmessung, 2. prewarming, 3. perioperative Patientenwärmung und 4. Prophylaxe und Therapie von shivering.

In der Leitliniensuche wurde das Addendum der NICE guideline CG 65 von 12/2016 identifiziert [2], welche somit wieder als Referenz-Leitlinie herangezogen werden konnte.

Die Methodik der vorliegenden Leitlinie und Aktualisierung wird ausführlich im Leitlinienmethodenreport dargestellt (s. online unter AWMF 001-018).



# A Grundlagen und allgemeine Empfehlungen

Autor: Torossian

**Die normale Körperkerntemperatur des erwachsenen Menschen liegt in Ruhe zwischen 36,0°C und 37,5°C. LoE IIa [6] (geprüft 2018)**

## A.1 Thermoregulation des Menschen

### A.1.1 Physiologie und Definition der „normalen Körpertemperatur“

Der wache Mensch hält unter verschiedensten Umgebungsbedingungen seine Körperkerntemperatur annähernd konstant. Die evolutionäre Rationale hierfür wird im Ablauf biochemischer Reaktionen und speziell in der Funktionsfähigkeit von Enzymen gesehen, die um 37°C optimal ist.

Die Körperkerntemperatur ist ein Vitalparameter, der jedoch perioperativ nur selten gemessen wird, nämlich nur bei 19% der Patienten in Allgemeinanästhesie und nur in 6% der Fälle in Regionalanästhesie, wie eine 2007 durchgeführte europaweite Erhebung ergab [1].

Das Paradigma, dass die mittlere Normaltemperatur eines gesunden Erwachsenen 37°C beträgt, geht zurück auf den Leipziger Arzt Carl Wunderlich, der im 19. Jahrhundert bei rund 25.000 Patienten über 1 Million axilläre Temperaturen gemessen und die Verlaufsergebnisse erstmals als „Fieberkurve“ anschaulich gemacht hat [8]. Obwohl neuere Untersuchungen mit modernen Thermometern und darauf basierende systematische Übersichtsarbeiten eine niedrigere axilläre Normaltemperatur gefunden haben, korrelieren unter Ruhebedingungen rektal gemessene Temperaturen gut mit dem beschriebenen mittleren Normalwert [8, 10]. Daher hat das von Wunderlich aufgestellte Paradigma auch heute noch Gültigkeit. Erst in den letzten Jahrzehnten wurden auch chronobiologische und geschlechtsspezifische Einflüsse auf die Körpertemperatur systematisch untersucht; so beträgt z.B. bei normalem Schlaf-Wach-Rhythmus die zirkadiane Temperaturschwankung etwa  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  mit niedrigsten Werten frühmorgens und höchsten am frühen Abend. Frauen haben gegenüber Männern eine leicht höhere Temperatur, die in der 2. Zyklushälfte nochmals um etwa  $0,5^\circ\text{C}$  steigt. Außerdem kann auch körperliche Aktivität zu einem Anstieg der Körpertemperatur um  $3^\circ\text{C}$  führen [11]. Diese Erkenntnisse legen bereits die Definition eines Normalwert-„bereichs“ nahe; zudem gibt es nicht eine einzelne messbare Körpertemperatur, die

den Gesamtwärmezustand des Menschen widerspiegelt. Jeder Körperteil hat eine eigene Temperatur, welche von der Durchblutung und der Stoffwechselaktivität abhängt [12]. So weist z.B. die metabolisch sehr aktive Leber physiologisch eine Temperatur von etwa 41°C auf. Zusätzlich ist die Wärmeabgabe über der Körperoberfläche ein variabler Faktor, der zumindest zwischen einer Körperkern- und Körperschalentemperatur unterscheiden lässt. Dabei kann für den Körperkern ein Temperaturbereich von 36,5 - 37,5°C als normal angesehen werden [6], den es zu erhalten gilt.

### **A.1.2 Prinzipien der Thermoregulation**

Autoren: Welk/Torossian

Die Körpertemperatur des wachen Menschen ist eine Regelgröße, deren Sollwert im Sinne einer Rückkopplung über Thermorezeptoren im Hypothalamus als Steuerzentrale bei durchschnittlich 37°C konstant gehalten wird [13].

Während einer Allgemeinnarkose kommt es zu einer pharmakologisch induzierten Veränderung der thermoregulatorischen Schwellen. Zusätzlich haben die meisten Anästhetika eine dosisabhängige, vasodilatierende Wirkung.

Die Auskühlung während der Allgemeinnarkose resultiert hauptsächlich aus der Wärmeumverteilung nach Narkoseeinleitung, der Wärmeabstrahlung des Körpers und dem konvektiven Wärmeverlust. Dabei zeigt der Temperaturverlauf typischerweise drei Phasen:

Während der ersten 1-1,5 Stunden kommt es zunächst zu einem raschen Temperaturabfall durch Vasodilatation und Wärmeumverteilung. In den nächsten 2-2,5 Stunden setzt sich der Temperaturverlust relativ linear fort, da der Wärmeverlust größer ist als die körpereigene Wärmeproduktion. Dauert der Wärmeverlust weiter an, bleibt die Körperkerntemperatur durch die nun wieder einsetzende Thermoregulation, auf einem niedrigeren Niveau von etwa 33 - 34 °C, konstant [14, 15].

Während einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie ist der Verlauf ähnlich, jedoch ist das Kältezittern (shivering) als Kompensationsmechanismus durch die sympathische und motorische Blockade (durch die Applikation der Anästhetika) im Bereich der Blockade ausgeschaltet und die periphere Vasodilatation verstärkt.

Zudem ist durch die Beeinträchtigung der sensorischen Wahrnehmung im blockierten Areal die Temperaturwahrnehmung zwischen tatsächlichem und empfundenem Temperaturabfall verfälscht.

### **A.1.3 Definition von Hypothermie**

Aus der obigen Feststellung eines Normaltemperaturbereichs ergibt sich eine allgemein akzeptierte und klinisch relevante Definition der Hypothermieschwelle von 36°C [2, 4].

## **A.2 Allgemeine Empfehlungen zur perioperativen Körpertemperaturmessung**

### **Empfehlungen (geprüft 2018):**

**1. Die Körperkerntemperatur sollte 1-2 Stunden vor Beginn der Anästhesie durch die vorbereitende Organisationseinheit gemessen werden.**

***Expertenkonsensus***

**2. Intraoperativ soll die Messung der Körperkerntemperatur kontinuierlich, oder mindestens alle 15 Minuten, erfolgen.**

***Expertenkonsensus***

**3. Eine Temperaturmessmöglichkeit soll zur Grundausstattung jedes Anästhesiearbeitsplatzes gehören.**

***Expertenkonsensus***

Um einer Hypothermie durch prophylaktische Maßnahmen vorzubeugen bzw. sie frühzeitig zu erkennen, soll die Körpertemperatur auch bei ambulanten Patienten bereits vor Anästhesieeinleitung durch die vorbereitende Organisationseinheit (z.B. Station, Ambulanz oder holding area) gemessen werden. Intraoperativ ist eine kontinuierliche Temperaturüberwachung wünschenswert, intermittierend aber zumindest alle 15 Minuten erforderlich.

Die Körperkerntemperatur ist ein Vitalparameter. Bereits 400 v.Chr. soll der griechische Arzt und Gelehrte Hippokrates die Temperatur von Patienten per Hand eingeschätzt haben. Obwohl die Messung der Körpertemperatur heute trivial erscheinen mag, birgt die Durchführung in der klinischen Praxis etliche Fallstricke.

So gehört auch in der aktuellen Empfehlung der DGAI zur Ausrüstung des Anästhesiearbeitsplatzes die Temperaturmessmöglichkeit nicht zur Grundausstattung. Nur bei Kindern wird die Temperaturmessung seitens der DGAI bislang als obligat angesehen [16].

### **A.2.1 Präzision und Genauigkeit der Messinstrumente**

Voraussetzung einer genauen und validen Temperaturmessung ist die Verwendung einer geeigneten Methodik. Hierfür müssen anatomische und physiologische Besonderheiten sowie praktische und technische Probleme der eingesetzten Methode bekannt sein. Dabei bezeichnet die *Genauigkeit* oder *Richtigkeit* („accuracy“ nach DIN EN 60051) der Methode die Abweichung vom „wahren“ Kerntemperaturwert und die *Präzision* („precision“, Wiederholgenauigkeit nach DIN 55350-13) die Streuung der Messwerte bei Messwiederholungen (sowohl intra- als auch inter-Anwender abhängig). Aus klinischer Sicht sollte die Kombination aus Abweichung und Streuung nicht größer als 0,5°C sein [14]. Die Messtechnik unterschiedlicher Thermometer beeinflusst auch deren Äquilibrationszeit und damit die Messdauer.

### **A.2.2 Temperaturmessung: Thermometrie und Meßorte**

Hierzu wurde die Literatursuche aktualisiert. Nach Qualitätsbewertung der gefundenen Studien wurden solche, die eine Referenz- und Vergleichsmethode evaluieren (Bland-Altman) eingeschlossen (s. Appendix u. Methodenreport).

Der für die Messung der Kerntemperatur definierte Referenzmeßort ist die A. pulmonalis, wo das rückströmende Blut am besten durchmischt ist. Die so invasiv gemessene Temperatur gilt als Referenztemperatur (sog. Goldstandard). Perioperativ ist aber aus Risiko- Nutzen- und auch aus Kostenerwägungen sinnvollerweise eine nicht- invasive bzw. weniger invasive Temperaturmessung einzusetzen. Dabei muss die gemessene Temperatur mit akzeptabler Genauigkeit der aktuellen Kerntemperatur entsprechen und gleichzeitig verlässlich, d.h. möglichst artefaktfrei sein.

### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**Perioperativ sollte die Körperkerntemperatur möglichst am gleichen Ort und mit der gleichen Methode gemessen werden. *Expertenkonsensus***

## **Empfehlungen (geändert 2018):**

- 1. Perioperativ soll die sublinguale Temperatur gemessen werden. *LoE Ib [7, 17], Empfehlungsgrad A***
- 2. Alternativ kann die Temperatur perioperativ mittels Stirn-Wärmeflußsensor-Thermometer (zero heat flux, Doppelsensor) gemessen werden *LoE IIb [18-21], Empfehlungsgrad B***
- 3. Intraoperativ soll die Temperatur in Abhängigkeit vom OP-Gebiet mit einem der folgenden Verfahren gemessen werden, *LoE Ia [2]***
  - **sublingual**
  - **oro/nasopharyngeal, [22]**
  - **ösophageal**
  - **in der Harnblase**
  - **Tympanon-Kontaktsensor**
  - **auf der Stirn mittels Zero-Heat-Flux oder Doppelsensor Thermometer**
- 4. Die rektale Temperaturmessung ist bei Erwachsenen perioperativ nicht geeignet. *LoE IIb [23], Empfehlungsgrad B***
- 5. Intraoperativ soll bei Kindern die oro-/nasopharyngeale Temperatur (alternativ rektal) gemessen werden. *LoE IIb [24], Empfehlungsgrad A***
- 6. Prä- und postoperativ soll bei Kindern bis 2 Jahre die Temperatur rektal gemessen werden. *LoE Ib [25], Empfehlungsgrad A.***
- 7. Die Infrarot-Ohr- und axilläre Temperaturmessung sollen perioperativ nicht eingesetzt werden. *LoE Ib, [7, 17, 26] Empfehlungsgrad A***
- 8. Die Infrarot- temporalarterielle- Temperaturmessung soll perioperativ nicht eingesetzt werden. *LoE Ia [27] Empfehlungsgrad A***

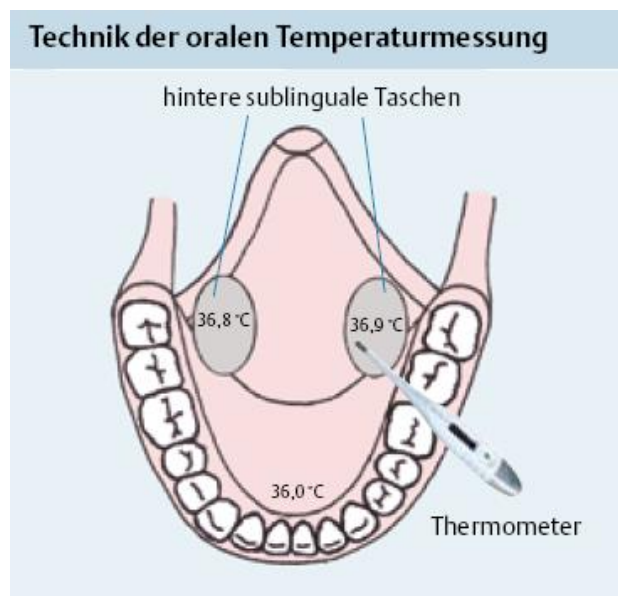
Jede Körperregion hat ihre eigene Temperatur, die von der Körperkerntemperatur auch abhängig von der Meßmethode mehr oder weniger abweicht. Um systematische Fehler zu minimieren, empfiehlt die Leitliniengruppe den Meßort und die Meßmethode perioperativ nicht zu wechseln, auch um den Temperaturverlauf und die mögliche Entwicklung einer Hypothermie schneller erfassen zu können.

### **Orale (sublinguale) Messung**

Die orale Temperaturmessung ist die derzeit klinisch am besten dokumentierte und verlässlichste nicht-invasive Meßmethode, aufgrund der Einfachheit der Messtechnik,

der Reproduzierbarkeit der Resultate, dem prompten Ansprechen und der guten Annäherung an die Kerntemperatur [7, 17].

In der Durchführung sind jedoch verschiedene Punkte zu beachten: beim wachen Patienten ist eine Kooperation erforderlich; der Patient muss mit geschlossenem Mund atmen können, soll etwa 20 Min. vor der Messung nicht intensiv gekaut und keine heißen oder kalten Getränke zu sich genommen haben. Ferner muss das Thermometer in der hinteren Sublingualtasche platziert werden, da der Unterschied zu der Temperatur hinter den Unterkieferfrontzähnen bis zu 1°C betragen kann [28]. Diese Methode eignet sich somit vornehmlich in der prä- und postoperativen Phase. Sie kann aber auch intermittierend intraoperativ beim intubierten Patienten angewendet werden [17, 23, 29].



### **Abbildung 1**

*Durchführung der sublingualen Temperaturmessung. Insertion der Messsonde in die hintere Sublingualtasche (aus: [30])*

### **Oro- / Nasopharyngeale Messung**

Für die kontinuierliche intraoperative Messung stellt die oro-/nasopharyngeale Messung eine akzeptable Alternative zur sublingualen Messung dar. Ab Naseneingang sollte die Meßsonde in 10-20 cm Tiefe platziert werden [2, 23].

## **Ösophageale Messung**

Intraoperativ ist die Temperaturmessung im distalen Ösophagus auch ohne Ösophagusstethoskop eine hinreichend akkurate und präzise Methode zur Erfassung der Körperkerntemperatur [2, 26]. Etwaige Einschränkungen, z.B. unmittelbar angrenzendes OP-Gebiet, sollten Beachtung finden.

## **Vesikale Messung**

Die Messung der Harnblasentemperatur bei liegendem Urinkatheter mit integrierter Temperatursonde ist intraoperativ eine akzeptable Alternative der semi-invasiven Temperaturmessung, die in Vergleichsstudien gut mit der pulmonalarteriellen Temperatur korreliert [26]. Allerdings wird die Genauigkeit der Messung intraoperativ durch Spüllösungen und Harnproduktion beeinflusst und ist abhängig von der Nähe zum OP-Gebiet, z.B. in der Unterbauchchirurgie [31].

## **Auf der Stirn mittels Zero-Heat-Flux oder Doppelsensor Thermometer**

Die Temperaturmessung auf der Stirn mittels Zero-Heat-Flux Thermometer [18-21] ist ein nicht-invasives Verfahren und korreliert akzeptabel mit etablierten Referenzmessungen (sublingual, ösophageal). Alle bislang publizierten RCTs mit mittleren Fallzahlen befürworten diese Meßtechnik, allerdings nicht für hypotherme Patienten unter 32°C. Nachteilig sind die hohen Kosten für die Klebthermometer und das bislang nicht in bestehende Monitore integrierte Meßsystem. Das Verfahren zeigt nur geringe Nebenwirkungen wie beispielsweise vorübergehende Hautreizungen, Rötungen oder selten punktuelle Hauterosionen. – Vergleichbares gilt auch für die sog. „Doppelsensor“- Technik. Insgesamt kann die Meßmethode perioperativ unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen empfohlen werden.

## **Rektale Messung**

Die Rektalmessung galt lange auch bei Erwachsenen als Standardverfahren, doch sprechen verschiedene Argumente gegen diese Methode. So ist die Rektaltemperatur (z.B. durch Faeces bedingt) höher als die Körperkerntemperatur [17]. Die rektale Messung ist unzuverlässig aufgrund der hohen Meßlatenz, wenn das Thermometer bei Erwachsenen weniger als 5 cm eingeführt wird und wenn sich die Körpertemperatur, z.B. bedingt durch hohe Volumenumsätze, schnell ändert.

Dadurch kann eine Hypothermie maskiert bzw. verzögert detektiert werden. Schließlich sind auch Rektumverletzungen und nosokomiale Infektionen als Komplikationen möglich, sodass diese Methode perioperativ nur eingeschränkt zu empfehlen ist. Bei Kindern stellt die Rektalmessung prä- und postoperativ bis zum 2. Lebensjahr weiterhin die Standardmethode dar.

### **Aurikuläre Messung**

Seit einigen Jahren kann die Körpertemperatur mit einem über den äußeren Gehörgang eingeführten Sensor mittels Infrarotmessung im äußeren Gehörgang erfasst werden. Dabei wird die Abstrahlungsenergie des Trommelfells und des Gehörgangs - je nach Winkelfehler des Messkopfs in unterschiedlichen Anteilen gemessen [24]. Diese Energie wird unter Berücksichtigung verschiedener (unveröffentlichter) Berechnungen („black box“) in eine Surrogat-Kerntemperatur umgerechnet. Die Messung ist nach Anwenderschulung schnell durchführbar und einfach zu handhaben. Allerdings konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass die so im Gehörgang gemessenen Temperaturen schlecht mit pulmonalarteriellen, oralen oder rektalen Temperaturen übereinstimmen [7, 17].

Somit sind Fehlmessungen mit dem Infrarot Ohr-Thermometer häufig, die auch zu potentiell gefährlichen Fehlentscheidungen führen können [32]. Daher ist der perioperative Einsatz dieser Methode nicht zu empfehlen.

Von dieser Methode abzugrenzen ist die direkte Messung am Trommelfell (Tympanonkontaktmessung), die gut mit der pulmonalarteriellen Temperatur korreliert, aber im klinischen Alltag u.a. wegen der Verletzungsgefahr des Trommelfells und mäßigen Verträglichkeit beim wachen Patienten wenig praktikabel ist.

### **Axilläre Messung**

Die von Wunderlich in die Klinik eingeführte axilläre Temperaturmessung war jahrzehntelang die Methode der Wahl. Neuere Studien haben jedoch gezeigt, dass sie schlecht mit der rektal und oral gemessenen Körpertemperatur übereinstimmt. Abweichungen von bis zu 2°C sind möglich [33]. Ein Hauptproblem der axillären Temperaturmessung ist die erforderliche lange Äquilibrationszeit. So konnte nur in 18% der Messungen die Maximaltemperatur innerhalb von fünf Minuten erreicht werden [33]. Daher ist die axilläre Temperaturmessung perioperativ nicht zu



empfehlen.

### **Infrarot- Temporalarterielle Messung (TAT)**

Zur Messung der Temperatur über der Temporalarterie mittels eines Scanners erschien 2016 ein systematisches Review und Metaanalyse mit 37 Studien und 5026 Patienten, das allerdings auch nicht-operative Patienten einschließt. Neben der großen Heterogenität der Studien wird auch eine geringe Studienqualität nach GRADE festgestellt. Zusammenfassend messen Temporalarterien-Thermometer nicht genau genug, um Referenztemperaturmessungen zu ersetzen. Der Einsatz wird daher nicht empfohlen [27].

### **Andere Verfahren**

Alternative Verfahren, wie die inguinale oder konventionelle Hauttemperaturmessung oder auch die in eine Larynxmaske integrierte Temperaturmessung [34] sind ungenau in Bezug auf die Kerntemperatur. Weitere Verfahren, z.B. telemetrisch mittels einer ingestierten Kapsel aufgezeichnete Temperaturen sind in klinischer Erprobung, ohne dass derzeit eine abschließende Bewertung vorgenommen werden kann.

Die Leitlinien-Gruppe empfiehlt daher weiterhin die Neu- und Weiterentwicklung von Temperaturmessverfahren und Thermometern. Neue Messverfahren sollten in großen prospektiv-randomisierten klinischen Studien im Vergleich zu etablierten Referenzmethoden evaluiert werden.

### **Zusammenfassung**

Die (nicht-invasive) Körpertemperaturmessung bleibt auch mit modernen Thermometern im klinischen Alltag eine Herausforderung in Bezug auf Genauigkeit und Präzision der eingesetzten Methode [35]. Perioperativ soll beim allgemeinanästhesierten Patienten an erster Stelle die (kalibrierte) sublinguale Messung eingesetzt werden und intraoperativ alternativ mit abnehmender Genauigkeit die oro-/nasopharyngeale, ösophageale, oder vesikale Messung. Die Temperaturmessung auf der Stirn mittels Zero-Heat-Flux oder Doppelsensor Thermometer kann (mit erhöhtem Kostenaufwand) alternativ perioperativ empfohlen werden, allerdings nicht bei tiefer Hypothermie ( $\leq 32^{\circ}\text{C}$ ). Die Infrarot-Ohr-

Temperaturmessung und Infrarot-Temporalarterielle-Temperatur-messung sind unzuverlässig und sollen nicht eingesetzt werden.

(s. Evidenztabelle 2 „Körpertemperaturmessung“ u. balance sheet im Anhang).

### **A.3 Risikofaktoren der unerwünschten perioperativen Hypothermie (geprüft 2018)**

Autor: Höcker

Das Risiko für eine Hypothermie betrifft alle chirurgischen Patienten. Bestimmte Risikofaktoren wurden identifiziert, für die jedoch teils widersprüchliche, teils schwache Evidenz vorliegt [2, 36]. Die LL Gruppe kommt daher zu dem Schluss, dass sich die Konzentration auf Risikokollektive aufgrund der vorhandenen Evidenz nicht rechtfertigen lässt.

#### **Risikofaktoren für eine unerwünschte perioperative Hypothermie beinhalten:**

- 1. patientenbezogene,**
- 2. anästhesiebezogene,**
- 3. operationsbezogene,**
- 4. umgebungsbezogene,**
- 5. pharmakologische Risikofaktoren.**

***Expertenkonsensus***

#### **A.3.1 Patientenbezogene Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie**

**Als patientenbezogene Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie werden angesehen [2]:**

- 1. Alter über 60 Jahre**
- 2. ASA Risikoklasse größer ASA I**
- 3. erniedrigtes Körpergewicht**
- 4. Diabetes mellitus mit diabetischer Neuropathie**
- 5. präoperative Körperkerntemperatur kleiner 36 °C**

### **1. Patientenalter und – geschlecht**

Das Patientenalter stellt keinen wesentlichen unabhängigen Risikofaktor für die unerwünschte perioperative Hypothermie dar. Allerdings benötigen hypotherme ältere Patienten postoperativ länger, um wieder normotherm zu werden.

Nach 3-stündiger Allgemeinanästhesie weisen Patienten über 60 Jahre signifikant niedrigere Körperkerntemperaturen auf als jüngere Patienten.

Das Patientengeschlecht stellt keinen unabhängigen Risikofaktor dar [2].

### **2. ASA Risikoklasse**

Patienten mit ASA Risikoeinstufung größer 1 haben ein erhöhtes Risiko für eine unerwünschte perioperative Hypothermie. Das Risiko nimmt mit steigender ASA-Klasse weiter zu [2].

### **3. Körpergewicht**

Ein erniedrigtes Körpergewicht stellt bei Intensivpatienten einen schwachen Risikofaktor für eine perioperative Hypothermie dar. Intraoperativ liegen zum Einfluss von Körpergewicht und Körperfettanteil auf die Körperkerntemperatur widersprüchliche Ergebnisse vor [2].

### **4. Diabetes mellitus mit diabetischer Neuropathie**

Patienten mit diabetischer Neuropathie zeigen nach dreistündigen Operationen niedrigere Körpertemperaturen als Patienten ohne Neuropathie [2].

### **5. Präoperative Körperkerntemperatur**

Eine erniedrigte präoperative Körperkerntemperatur stellt einen unabhängigen Risikofaktor für die unerwünschte perioperative Hypothermie dar [2].

### A.3.2 Anästhesiebezogene Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie

Als anästhesiebezogene Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie gelten [2]:

- 1. kombinierte Allgemein- und Regionalanästhesie**
- 2. lange Anästhesiedauer (OP-Dauer über 2 Stunden)**
- 3. hohe spinale Blockade bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie**
- 4. hohe Infusionsvolumina**

#### **1. Art der Anästhesie**

Es liegen nur unzureichende Beweise dafür vor, dass eine unerwünschte perioperative Hypothermie unter Allgemeinanästhesie häufiger auftritt, als unter Regionalanästhesie. Die Ergebnisse scheinen abhängig von der verwendeten Hypothermiedefinition bzw. -schwelle zu sein [2].

Patienten unter Allgemeinanästhesie zeigen im Vergleich zur Regionalanästhesie 30 Minuten nach Anästhesiebeginn signifikant niedrigere Körperkerntemperaturen. Patienten unter kombinierter Allgemein- und Regionalanästhesie zeigen im Vergleich zu Patienten mit alleiniger Allgemein- oder Regionalanästhesie ein signifikant erhöhtes Risiko für eine unerwünschte perioperative Hypothermie [2].

#### **2. Anästhesiedauer**

In den Studien, die eine breite Spanne unterschiedlicher Anästhesie- und Operationszeiten untersucht haben, finden sich Hinweise auf einen signifikanten Effekt der Operationsdauer (kleiner versus größer als 2 Stunden) auf die Inzidenz perioperativer Hypothermie. Die Ergebnisse scheinen abhängig von der verwendeten Hypothermiedefinition zu sein [2].

#### **3. Höhe der spinalen Blockade bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie**

Es gibt schwache Hinweise auf einen Einfluss der Höhe der spinalen Blockade bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie, wobei eine hohe Blockade mit einer niedrigeren Kerntemperatur einhergeht [2].

#### **4. Infusionsvolumen**

Ein höheres Volumen intraoperativ infundierter Flüssigkeit stellt einen geringen Risikofaktor für die unerwünschte perioperative Hypothermie dar, wobei die Aussage durch fehlende Daten über die Temperatur der applizierten Infusionen limitiert ist [2].

#### **A.3.3 Operationsbezogene Risikofaktoren für eine unerwünschte perioperative Hypothermie**

**Als operationsbezogene Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie werden angesehen [2]:**

- 1. Größe des chirurgischen Eingriffs**
- 2. Operationsdauer über 2 Stunden**
- 3. hohe Volumina an Spülflüssigkeit**
- 4. Transfusion ungewärmter Blutkonserven**

##### **1. Größe des chirurgischen Eingriffs**

Die Größe des chirurgischen Eingriffs hat einen signifikanten Einfluss auf die Inzidenz des Auftretens unerwünschter perioperativer Hypothermie. Sowohl große, wie auch mittelgroße Eingriffe erhöhen das Risiko [2], wobei die Definition des Begriffs der Einteilung in große ('major'), mittelgroße ('intermediate') und kleinere ('minor') chirurgische Eingriffe als Summation verschiedener OP-Charakteristika, wie Lokalisation und Umfang des OP-Gebietes, Art der Operation etc. folgt.

##### **2. Dauer der Operation**

In verschiedenen Studien finden sich Hinweise auf einen signifikanten Effekt der Operationsdauer (kleiner versus größer als 2 Stunden) auf die Inzidenz perioperativer Hypothermie (s.o.). Die Ergebnisse scheinen abhängig von der verwendeten Hypothermiedefinition zu sein [2].

##### **3. Volumen der Spülflüssigkeit**

Hohe Volumina an intraoperativ verwendeter Spülflüssigkeit (größer 20 l) gehen mit deutlich erhöhter Inzidenz perioperativer Hypothermie einher [2].

#### **4. Transfusion ungewärmter Blutkonserven**

Die Transfusion ungewärmter, 4°C kalter Blutkonserven ist ein unabhängiger Risikofaktor der unerwünschten perioperativen Hypothermie [2].

#### **A.3.4 Umgebungsbezogene Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie**

**Eine niedrige OP Raumtemperatur gilt als umgebungsbezogener Risikofaktor für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie [2].**

##### **1. OP-Raumtemperatur**

Eine Erhöhung der OP Raumtemperatur senkt das Risiko des Auftretens einer unerwünschten Hypothermie sowohl intraoperativ, wie auch postoperativ.

Die Körperkerntemperatur von Patienten, die sich Operationen in einem wärmeren OP (21–24°C) unterziehen müssen ist signifikant höher als in einem kälteren OP (18–21°C).

Der Effekt der OP Raumtemperatur ist bei Allgemeinanästhesie stärker ausgeprägt als bei Regionalanästhesie [2].

#### **A.3.5 Pharmakologische Risikofaktoren für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie**

**Klinisch relevante Unterschiede zwischen verschiedenen Anästhetika, Sedativa und Opioiden im Hinblick auf Temperaturregulation und Risiko der Entstehung einer perioperativen Hypothermie sind aus Sicht der Leitliniengruppe nicht eindeutig belegt. Somit sollte die Auswahl der Medikamente für Sedierung und Narkoseführung nach patientenbezogenen Kriterien erfolgen.**

##### ***Expertenkonsensus***

In Vergleichsstudien konnten für verschiedene Narkotika (Isofluran versus Propofol, Xenon/Isofluran versus N<sub>2</sub>O/Isofluran versus Isofluran) und die Opiode Pethidin (versus Placebo) und Tramadol (versus Placebo) keine differenten Effekte im Hinblick auf die Beeinflussung der Körpertemperatur nachgewiesen werden [2].

Für Ketamin (im Vergleich zu Placebo), Atropin (im Vergleich zu Placebo) und Flumazenil konnten geringgradige Effekte auf die Körperkerntemperatur nachgewiesen werden [2].

## **A.4 Folgen unbeabsichtigter *perioperativer* Hypothermie**

Autor: Horn/Torossian (geändert 2018)

- 1. erhöhte Letalität, LoE Ia [37]**
- 2. Kardiale Komplikationen, LoE Ib, [4, 38]**
- 3. Gerinnungsstörungen mit vermehrter Blutung, LoE Ia, [39, 40]**
- 4. Wundheilungsstörungen, LoE Ia, [42]**
- 5. Postoperatives shivering, LoE Ia**

Schwerwiegende Komplikationen einer perioperativen Hypothermie sind eine erhöhte Mortalität [37], kardiale Komplikationen wie Herzrhythmusstörungen und -infarkte [41], Gerinnungsstörungen und erhöhter Transfusionsbedarf [39, 40], Wundinfektionen [42] und Druckulzera [38]. Auch die Verlängerung der Wirkdauer von Anästhetika [43], die Änderung der Serumkonzentration von Kalium [44] und die periphere Vasokonstriktion mit Abnahme des subkutanen Sauerstoffpartialdrucks [45] sind klinisch wichtige Nebenwirkungen der perioperativen Hypothermie. Subjektiv fühlen sich Patienten, die eine perioperative Hypothermie aufweisen, unterkühlt und unwohl [46]

Damit beeinflusst eine perioperative Hypothermie entscheidend die Qualität der Operation und des postoperativen Verlaufs.

### **1. erhöhte Letalität**

Bei kritisch kranken Patienten auf der Intensivstation zeigt ein neues systematisches review mit Metaanalyse (18 Studien, ca. 160000 großteils chirurgische Pat.), dass eine Hypothermie einen unabhängigen Risikofaktor für eine erhöhte Mortalität darstellt (KKT < 36°C: OR 2,093, 95% CI 1,704-2,570 und KKT < 35°C: OR 2,945, 95% CI 2,166-4,004) [37].

### **2. Kardiale Komplikationen**

Kardiale Komplikationen treten, insbesondere bei kardial vorerkrankten Patienten bei Vorliegen einer perioperativen Hypothermie vermehrt auf. Die Auswirkungen auf die Lebensqualität der Patienten und die zusätzlichen Kosten bei kardialen Komplikationen wie Reanimation oder Maßnahmen im Herzkatheterlabor legen eine konsequente Vermeidung der perioperativen Hypothermie bei allen Patienten nahe



[41]. Forbes [4] untersuchte 93 Literaturstellen hinsichtlich dieser Fragestellung und fand drei doppelt blind randomisierte Studien mit ausreichender Fallzahl.

Frank untersuchte 300 Patienten die sich Gefäß-, Bauch- oder Brustoperationen unterziehen mussten. Die Studie wies keine erkennbaren methodischen Mängel auf. Eingeschlossen wurden Patienten > 60 Jahre mit koronarer Herzerkrankung oder einem anderen hohem Risiko für kardiale Komplikationen. Eine Studiengruppe erhielt lediglich gewärmte Infusionen, in der anderen Gruppe wurde zusätzlich konvektive Wärme bis 2 Stunden postoperativ eingesetzt. Die Körperkerntemperatur wurde mit Kontaktsonden am Trommelfell erfasst. Kardiale Ereignisse wurden in den ersten 24 postoperativen Stunden im Hinblick auf Herzstillstand, Herzinfarkt, instabile Angina pectoris und Herzrhythmusstörungen untersucht. Bei Aufnahme auf die Intensivstation betrug die Körperkerntemperatur der Patienten 35,4°C vs. 36,7°C ( $p < 0,001$ ). Postoperativ traten pathologische EKG Veränderungen bei 16% vs. 7% der Patienten auf (RR 0,44, 95% CI 0,21-0,92), kardiale Ereignisse bei 6% vs. 1% (RR 0,22, 95% CI 0,99-0,05). Bei der Interpretation der Ergebnisse bleibt zu berücksichtigen, dass es sich bei den Patienten um solche mit hohem Risiko für kardiale Komplikationen handelte [41].

Elmore untersuchte 100 Patienten mit Operationen an der infrarenalen Aorta hinsichtlich des Auftretens kardialer Ereignisse. Zur Wärmung erhielten die Patienten entweder eine zirkulierende Wasserdecke oder konvektive Wärmung. Die Körperkerntemperatur wurde mittels Pulmonalarterienkatheter erfasst und betrug 35,6°C vs. 36,4°C am Ende der Operation ( $p < 0,001$ ). In den ersten 24 postoperativen Stunden wurden die Patienten im Hinblick auf das Auftreten kardialer Ereignisse wie Herzstillstand, Herzinfarkt, Herzinsuffizienz, instabile ventrikuläre Tachykardie, instabile Angina pectoris und Herzrhythmusstörungen untersucht. In der Subgruppenanalyse von 83 Patienten mit postoperativer Normo- vs. Hypothermie (< 36°C Körpertemperatur) zeigte sich ein vermindertes Herzzeitvolumen sowie vermehrt Sinus- und ventrikuläre Tachykardien und ST-Segment Veränderungen im EKG bei hypothermen Patienten [47].

In der Studie von Wong wurde ebenfalls die kardiale Morbidität untersucht. Eine Patientengruppe wurde intraoperativ nur konvektiv gewärmt, die andere Gruppe zusätzlich mittels einer Heizmatratze, die 2 Stunden vor bis 2 Stunden nach der Operation eingesetzt wurde. Allerdings wurden sekundäre kardiale Endpunkte und Methodik nur unzureichend definiert und die Studie wies im Hinblick auf diese

Fragestellungen eine zu geringe Patientenfallzahl auf. Die Körperkerntemperatur differierte lediglich zu Beginn der Operation mit 36,0°C vs. 36,4°C,  $p < 0,001$ . Im weiteren Verlauf waren keine signifikanten Temperaturunterschiede zwischen Behandlungs- und Kontrollgruppe mehr detektierbar. Im Hinblick auf das Auftreten kardialer Ereignissen fanden sich demnach auch keine Unterschiede zwischen den Gruppen (2 von 56 vs. 0 von 47 Patienten) [48].

### **3. Gerinnungsstörungen mit vermehrter Blutung**

Höherer Blutverlust und eine gesteigerte Transfusionsrate treten bei einer perioperativen Hypothermie auf. In vielen Bereichen beeinflusst die Körperkerntemperatur die Gerinnungskaskade einschließlich der Thrombozytenfunktion. Diese Beeinträchtigung der Gerinnung führt bei Hüftoperationen zu höheren Blutverlusten und Transfusionsraten [49]. Da die immunsupprimierende Wirkung transfundierter Erythrozytenkonzentrate zunehmend in den Vordergrund rückt, könnte die perioperative Hypothermie damit auch in dieser Hinsicht ein zusätzliches erhebliches Risiko für Patienten darstellen.

### **4. Wundheilungsstörungen**

Wundheilungsstörungen treten vermehrt bei perioperativer Hypothermie auf. Hypothermie führt zur peripherer Vasokonstriktion und Reduktion der Gewebs-Sauerstoffverfügbarkeit, so dass mit einer gesteigerten Rate von Wundheilungsstörungen zu rechnen ist. Forbes [4] identifizierte 43 Studien zum Thema Wundinfektionen bei Hypothermie, von denen drei randomisierte kontrollierte Arbeiten mit ausreichender Patientenzahl waren.

Kurz untersuchte 200 Patienten mit elektiven Dickdarmresektionen bei Karzinom oder Divertikulitis. Die Patienten wurden in eine Gruppe mit aktiver Körperwärmung einschließlich Infusionswärmung und eine Gruppe ohne Maßnahmen aktiver Körperwärmung eingeteilt. Alle Wundinfektionen, die innerhalb von 15 Tagen auftraten, wurden einbezogen. Die Stichprobenschätzung betrug 400 Patienten. Die Studie wies keine methodischen Mängel auf. Nach der Untersuchung von 200 Patienten wurde die Studie beendet, weil bereits signifikante Unterschiede in der Inzidenz von Wundinfektionen gefunden wurden. Die mittleren Körperkerntemperaturen betrugen am Ende der Operation  $36,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$  vs.  $34,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$  ( $p < 0,001$ ) in den untersuchten Gruppen. Wundinfektionen traten bei 6 von 104

vs. 18 von 96 Patienten auf (RR 0,31, 95%, CI 0,13-0,74). Auch der ASEPSIS Score war mit  $7 \pm 10$  vs.  $13 \pm 16$  signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen ( $p=0,002$ ). Die Studie könnte die Inzidenz von Wundinfektionen unterschätzt haben, weil eine Infektion nur bei positiver Kultur aus dem Wundabstrich innerhalb von 15 Tagen nach der Operation angenommen wurde [50].

Melling untersuchte die Wirkungen systemischer und lokaler Wärmung von Patienten auf Wundinfektionsraten bei Operationen in der Mamma-, Leistenhernien- und Varizenchirurgie. Die Körperkerntemperatur der Patienten wurde aber nicht gemessen. Eine Wundinfektion wurde bei eitrigem Sekret oder Erythem bzw. der Gabe von Antibiotika innerhalb der ersten 5 postoperativen Tage angenommen. Wundinfektionen traten bei 19 von 139 nicht gewärmten Patienten vs. 5 von 138 der lokal gewärmten, RR 0,27, 95%, CI 0,10-0,69 vs. 8 von 139 der systemisch gewärmten Patienten, RR 0,42, 95% CI 0,19-0,93. Auch der ASEPSIS Score war in der nicht gewärmten Gruppe signifikant höher. Die Ergebnisse sprechen eindeutig für positive Effekte der Wärmung auf die Wundheilung innerhalb der untersuchten Patientenpopulation [42].

Wong untersuchte Patienten, die sich elektiven Bauchoperationen mit Darmresektion unterziehen mussten. Eine Patientengruppe wurde intraoperativ nur konvektiv gewärmt, die andere Gruppe zusätzlich mittels einer Heizmatratze, die 2 Stunden vor bis 2 Stunden nach der Operation eingesetzt wurde. Die Kerntemperatur wurde mit Kontaktsonden am Trommelfell erfasst. Wundinfektionen wurden bis 6 Wochen postoperativ nachuntersucht. Die Körperkerntemperatur differierte signifikant zu Beginn der Operation mit  $36,0^{\circ}\text{C}$  vs.  $36,4^{\circ}\text{C}$ ,  $p<0,001$ , nicht jedoch im weiteren Verlauf. Wundinfektionen traten bei 15 von 56 vs. 6 von 47 Patienten auf (RR 0,48 95%, CI 0,20-1,13). Die Unterschiede waren damit nicht signifikant, wahrscheinlich, weil die eingeschlossene Anzahl von Patienten nicht ausreichte. Kritisch ist anzumerken, dass die Definition von Wundinfektionen nicht eindeutig vorgenommen wurde [48].

## **5. Postoperatives Shivering**

Postoperatives Kältezittern (Shivering) tritt in Abhängigkeit von einer perioperativen Hypothermie postoperativ bei zunehmendem Wirkungsverlust der Anästhetika auf. Shivering ist als physiologischer Mechanismus zur Wärmeproduktion anzusehen,

wird aber von den Patienten häufig als sehr unangenehm empfunden und erhöht den Sauerstoffverbrauch um ca. 40% [51].

Zusammenfassend kann jede unbeabsichtigte perioperative Hypothermie zu schwerwiegenden Folgen bei chirurgischen Patienten führen.

## **B Präoperative Phase**

### **B.1 Wärmung von Patienten in der präoperativen Phase -**

#### **Vorwärmung (Prewarming)**

Autor: Horn

#### **Empfehlungen (geprüft 2018):**

- 1. Patienten sollen vor Einleitung einer Allgemeinanästhesie zur Vermeidung einer perioperativen Hypothermie aktiv gewärmt werden. *LoE Ia, [52, 53], Empfehlungsgrad A***
- 2. Konvektive Wärmung (ca. 40-44°C warme Luft) soll möglichst 30 Min., minimal 10 Min.) eingesetzt werden. *LoE Ib [52] , Empfehlungsgrad A***
- 3. Alternativ kann auch konduktiv vorgewärmt werden. *LoE Ib, Empfehlungsgrad A***
- 3. Patienten sollten vor Anlage einer Epidural- oder Spinalanästhesie aktiv gewärmt werden. *LoE Ib, Empfehlungsgrad B***

Während einer Allgemeinanästhesie tritt bei den Patienten durch Wärmeumverteilung und -abgabe an die Umgebung ein Abfall der Körperkerntemperatur ein. Normothermie ist bei Patienten mit bereits eingesetzter Hypothermie während einer Operation trotz massiver Wärmezufuhr nur sehr schwierig und häufig gar nicht zu erreichen. Deshalb kommt den präoperativen Maßnahmen zur Bewahrung der Körperwärme und der prophylaktischen Wärmezufuhr zur Vermeidung der perioperativen Hypothermie große Bedeutung zu. Die Inzidenz der perioperativen Hypothermie liegt auch in neueren Untersuchungen bei Patienten unter Allgemeinanästhesie immer noch zwischen 33% und 74% [54-58].

Die präoperative Phase umfasst die operative Vorbereitung auf der Station, den Transport in den OP und den Aufenthalt im OP bis zur Einleitung der Anästhesie. Die präoperative Vorbereitung am OP-Tag umfasst unterschiedliche Maßnahmen, wie z.B. Röntgen, CT, Sonographie, sowie das Anzeichnen (z.B. Varizen) oder das Clippen der Haare im OP-Feld. Patienten sollten zur Vermeidung einer unbeabsichtigten präoperativen Auskühlung bei diesen Interventionen durch physikalische Maßnahmen wie Abdeckung und Kleidung vor Wärmeverlusten

geschützt werden. Auch sollte Zugluft bzw. der Aufenthalt in kalten Räumen wie Transportgängen und Warteräumen vermieden bzw. kurz gehalten werden.

Die Effektivität einer präoperativen aktiven Wärmezufuhr vor Einleitung einer Allgemeinanästhesie unter Verwendung von konvektiven Wärmedecken wurde bereits vor über 20 Jahren experimentell an gesunden Freiwilligen gezeigt [59]. Durch Vorwärmung („Prewarming“) wird Wärmeenergie über die Haut des Patienten aufgenommen, sodass nach Einleitung einer Anästhesie nicht so viel Wärme in die Körperperipherie abfließen kann. Dies trägt erheblich zur Konstanz der Körperkerntemperatur bei.

Die klinische Wirksamkeit und Bedeutung von Prewarming zur Vermeidung der perioperativen Hypothermie wurde in zwei systematischen Reviews zusammengefasst. [52, 53] Operative Patienten sollten danach grundsätzlich vorgewärmt werden, wie es auch in der überarbeiteten englischen Quelleitlinie zur Vermeidung einer perioperativen Hypothermie empfohlen wird. [2] Die Empfehlung ist, präoperativ 30 min lang mit 40 bis 44°C warmer Luft möglichst die gesamte Körperoberfläche der Patienten zu wärmen. Längere Wärmeperioden senken das Risiko einer perioperativen Hypothermie nicht weiter, haben aber auch keine negativen Auswirkungen für den Patienten [52].

Auch kürzere präoperative Wärmeperioden zwischen 10 und 30 min sind zur Reduktion der Inzidenz der perioperativen Hypothermie geeignet.[60-62].

Wenn die Vorwärmung konsequent ohne Unterbrechung 30 min durchgeführt wird, kann während einer 60 minütigen Anästhesie auf die aktive Wärmezufuhr verzichtet werden, ohne dass das Risiko der perioperativen Hypothermie steigt [61].

Entscheidender Vorteil der präoperativen Wärmung mit warmer Luft ist die signifikante Reduktion von Patienten mit Hypothermie am Ende eines operativen Eingriffes [63-66]. Dies konnte z.B. auch bei Patienten mit Operationen am Dickdarm gezeigt werden [67]. Bei Colonoperationen waren 30 min Vorwärmung in Kombination mit intraoperativer aktiver Wärmung für die Patienten optimal [68, 69]. Bei plastisch-chirurgischen Operationen hingegen fanden sich in einer retrospektiven Studie keine Vorteile durch Vorwärmung der Patienten [70].

Bei Verwendung eines Warmluftgebläses („Forced-Air-Warming“) darf die gewärmte Luft nicht ohne Verwendung der zugehörigen Wärmedecke direkt auf die Haut des

Patienten geleitet werden, um die Kosten für eine Wärmedecke zu sparen (sog. „hosing“). Ein derartiges Vorgehen widerspricht den Hersteller Anweisungen und kann zu lokalen Überhitzungen der Haut oder gar Verbrennungen führen [71].

Vorwärmung wurde gezielt auch zur Vermeidung von Wundinfektionen eingesetzt. Sowohl die lokale als auch die systemische präoperative Wärmezufuhr mit konvektiven Wärmedecken reduzierte die Wundinfektionsraten von 14 auf 5% [42]. Eine aktuelle Studie zeigt auch die Reduktion des Transfusionsbedarfs bei Kindern mit Operationen an der Wirbelsäule nach präoperativer Vorwärmung mit einer Unterkörper Wärmedecke [72]. Ein Effekt der Vorwärmung auf die Reduktion des Blutdruckabfalls nach Einleitung einer Allgemeinanästhesie konnte hingegen nicht gezeigt werden [73].

Auch bei einer Anästhesiezeit unter 30 min tritt regelhaft ein Abfall der Körperkerntemperatur bei den Patienten auf. Da Hypothermie auch bei kürzeren Operationen negative Folgen für den Patienten hat, gibt es im Hinblick auf die erwartete Anästhesie- oder OP-Zeit keine Einschränkung in der Empfehlung, alle Patienten präoperativ zu wärmen. Damit weicht diese Leitlinie von den Empfehlungen der Arbeitsgruppen ASPAN [5] und NICE [2] ab, die für kürzere Operationen nur für Patienten mit einem erhöhten Risiko für eine perioperative Hypothermie eine aktive Wärmung empfehlen. Bei ambulant durchgeführten kürzeren Operationen führte die Vorwärmung von Patienten zu einem höheren Grad der subjektiven Zufriedenheit der Patienten mit ihrem Wärmestatus [74].

Das Konzept der präoperativen Wärmezufuhr zur Vermeidung der perioperativen Hypothermie gilt auch für Patienten mit rückenmarksnahen Leitungsanästhesien wie der Spinal- und Periduralanästhesie [75, 76]. Dies trifft insbesondere auch für ältere Patienten unter Spinalanästhesie zu.[77]. Es ist bekannt, dass die Kombination aus Allgemein- und Periduralanästhesie die perioperative Hypothermie verstärkt [58]. Auf der anderen Seite konnte eine 15-minütige präoperative Vorwärmung unter Periduralanästhesie perioperative Hypothermie reduzieren [69].

Die aktive Zufuhr erwärmter Luft kann auch während der gesamten präoperativen Zeit auf der Station oder in der sog. holding area mittels eines Mantels erfolgen [78]. Alternativ können zum Prewarming auch Ganzkörperdecken aus Karbonfasern [79] oder selbst erwärmende Decken eingesetzt werden [55,56]. Bei thoraxchirurgischen Patienten war ein konduktives Wärmesystem der Luftwärmung hinsichtlich der

Effektivität unterlegen [57]. Zusammenfassend wird derzeit aus Gründen der Kosten, Effizienz und Handhabbarkeit die aktive Luftwärmung zur Vorwärmung bevorzugt empfohlen [80,81].

Seit Empfehlung des aktiven Vorwärmens durch diese Leitlinie haben sich viele Krankenhäuser im deutschsprachigen Raum mit der klinischen Umsetzung befasst. Ort und Zeitpunkt bzw. Beginn der präoperativen aktiven Wärmung werden in den Krankenhäusern unterschiedlich umgesetzt. Größere Kliniken tendieren dabei zu einem konsequenteren Wärmemanagement einschließlich der perioperativen Temperaturmessung [82, 83]. In einer Stichtag Analyse aller Krankenhäuser in Schleswig-Holstein zeigten sich trotz eines relativ geringen Grades an Prewarming (20%) in der Summe aller Maßnahmen eine sehr niedrige Inzidenz von intraoperativer Hypothermie (13%) und keine postoperative Hypothermie [84]. In einigen Krankenhäusern hat sich die aktive Wärmung der Patienten in entsprechenden OP-Bereichen wie z.B. der Holding Area bewährt. Hierbei kann parallel die präoperative Vorbereitung wie Anlage eines Venenzuganges und die Applikation der präoperativen Antibiotikaphylaxe erfolgen. Auf diese Weise kann die Wärmung der Patienten unmittelbar bis zur Einleitung der Anästhesie gewährleistet werden [60, 61].

Es ist unerheblich, ob präoperativ auf der Station, im OP-Wartebereich oder im OP gewärmt wird. Wichtig ist, dass die Wärmung der Patienten vor Beginn der Allgemein- oder Regionalanästhesie erfolgt und nicht früher als ca. 120 min präoperativ begonnen wird. Bei längeren Intervallen zwischen präoperativer Wärmung und Beginn der Anästhesie wird die zugeführte Wärme wieder an die Umgebung abgegeben. Krankenhäuser mit einem hohen Umsetzungsgrad der Leitlinie im Hinblick auf die Vorwärmung von Patienten haben in ihrer operativen Einheit in der Regel einen schriftlichen Standard zur Wärmetherapie erstellt, nach dem konsequent verfahren wird. Damit waren postoperative Hypothermieinzidenzen von 33% auch bei großen Patientenzahlen erreichbar [54].

Die Nebenwirkungen der präoperativen Patientenwärmung sind als sehr gering anzusehen und entsprechen im Wesentlichen den Gefahren der eingesetzten Wärmegeräte. Ein Überhitzen ist bei wachen Patienten nicht zu erwarten. Präoperative Wärmung wird subjektiv von den Patienten als angenehm empfunden und kann zur seelischen Beruhigung und präoperativen Reduktion von Stress



beitragen. Nur wenige Patienten lehnen trotz gezielter Aufklärung über die Gefahren der Hypothermie die aktive präoperative Wärmung ab. In seltenen Fällen empfinden Patienten die präoperative aktive Wärmung schon nach sehr kurzer Zeit als zu warm; dann sollte eine Reduktion der Wärmestufe des Wärmegerätes erfolgen, oder die Wärmezufuhr beendet werden.

## **C Operative Phase**

### **C.1 OP-Raumtemperatur**

Autor: Bräuer

#### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**Eine OP Saaltemperatur von mindestens 21 °C wird für Erwachsene und Kinder empfohlen.**

#### ***Expertenkonsensus***

Eine niedrige Raumtemperatur (< 21°C) ist ein Risikofaktor für die Entstehung von perioperativer Hypothermie [2]. Erhöhte OP-Saaltemperaturen (bis 24°C) sind in der Kinderchirurgie üblich und auch effektiv. Um in der Erwachsenen Chirurgie eine ausgeglichene Wärmebilanz allein durch eine Erhöhung der OP-Saaltemperatur zu erzielen, müssten Temperaturen von mehr als 26°C erreicht werden [85, 86]. Eine solche OP-Saaltemperatur liegt jedoch weit über den Temperaturen, die von Operateuren als angenehm empfunden werden [2, 87]. Ein sinnvoller Kompromiss liegt bei einer OP Saaltemperatur von 21°C [2]. Dies liegt im unteren Bereich (19-26°C) dessen was in der DIN 1946-4 als Zuluft-temperatur für Operationssäle festgelegt wurde [88]. In einer aktuellen prospektiv randomisierten Studie [89] war der Effekt der Raumtemperatur auf die intraoperative Körperkerntemperatur der Patienten vernachlässigbar, wenn diese aktiv mittels konvektiver Luftwärmung gewärmt wurden.

## C.2 Aktive Wärmung

Autor: Bräuer

### **Empfehlungen (geprüft 2018):**

- 1. Während der operativen Phase (von Beginn der Narkoseeinleitung bis zum Ende der Narkose) sollen alle Patienten mit einer Anästhesiedauer länger als 30 Min. aktiv gewärmt werden. *LoE Ib [2, 4], Empfehlungsgrad A***
- 2. Bei Patienten, die vorgewärmt wurden, kann bei einer Anästhesiedauer von weniger als 60 Min. auf eine aktive intraoperative Wärmung verzichtet werden. *Expertenkonsensus***

### **C.2.1 Konvektive Verfahren**

#### **Wirkmechanismus**

Bei konvektiver Luftwärmung wird Luft durch ein Gebläse erwärmt und über einen Schlauch in eine spezielle Decke geleitet. In dieser Decke verteilt sich die Luft mehr oder weniger gleichmäßig und verlässt dann die Decke an der Unterseite. Konvektive Luftwärmung ist insbesondere dann effektiv, wenn eine große Oberfläche gewärmt wird, die Wärmeverteilung in der Decke relativ homogen ist, der mittlere Temperaturgradient zwischen Deckenunterseite und Haut groß ist und ein hoher Wärmeaustauschkoefizient vorliegt. Im Gegensatz zu konduktiver Wärmung ist kein intensiver Kontakt zwischen Decke und Haut erforderlich [90, 91].

#### **Wirksamkeit**

Konvektive Luftwärmung hat sich in vielen Studien als effektiv erwiesen und ist durch eine Vielzahl an unterschiedlichen Deckenmodellen flexibel einsetzbar [57]. Die NICE Bewertung „der intraoperativen Wärmetherapie mittels konvektiver Luftwärmung“ ergab eine akzeptable Evidenz dafür, dass konvektive Luftwärmung im Vergleich zum konventionellen Vorgehen zu signifikant höheren Körperkerntemperaturen führt. Dies wird auch durch die Kanadische Leitlinie zur Prävention von perioperativer Hypothermie [4] und Metaanalysen [53, 92-94] bestätigt. Mehrere neue RCTs kommen zum selben Ergebnis [95, 96].

## **Unerwünschte Wirkungen / Sicherheit (geändert 2018)**

Bei der Anwendung konvektiver Luftwärmung werden zwei relevante Risiken diskutiert. Das Risiko der Verbrennung und das Risiko von erhöhten Keimzahlen im OP bzw. OP-Gebiet. Das Risiko für Verbrennungen existiert prinzipiell für jedes aktive Wärmesystem. Aufgrund der strengen Normen (ASTM F 2196-02, CEI/IEC 601-2-35 Ed2.0. 601-2-35 Ed2.0, 1. 2009), ist das Risiko jedoch insgesamt gering. Dennoch finden sich Beschreibungen von Verbrennungen durch konvektive Luftwärmer [71, 97]. In diesen Fallberichten werden folgende Faktoren als Ursache genannt:

- 1) Wärmung von schlecht oder nicht durchbluteten Arealen,
- 2) Kontakt der Kunststoffdüse des Gebläses mit der Haut des Patienten,
- 3) Benutzung eines konvektiven Luftwärmers ohne herstellerekonforme Decke (sogenanntes „hosing“), z. B. Einleiten der warmen Luftzuführung zwischen die Beine des Patienten
- 4) Benutzung eines konvektiven Luftwärmers mit der Decke eines anderen Herstellers.

Das Risiko von erhöhten Keimzahlen im OP bzw. OP-Gebiet ist bislang nicht belegt. Es existieren mehrere Studien, die keine erhöhte Keimbelastung [98-102] oder keine erhöhte Infektionsrate nachweisen konnten. Neue Studien fokussieren auf Änderungen der Luftströmung in „laminar air flow“-OP-Sälen. Dabei scheint es in Modellsituationen zu Veränderungen der Luftströmung zu kommen [103]. Die Datenlage hierzu ist widersprüchlich. Zudem wird die klinische Relevanz einer Veränderung der „laminar air flow“-Strömung kontrovers diskutiert [104].

## **Wesentliche Gegenanzeigen / Anwendungsbeschränkungen**

Wärmung von nicht durchbluteten Körperarealen (z.B. distal einer Abklemmung eines arteriellen Gefäßes). Hier dürfen nur Bereiche proximal der Gefäßabklemmung aktiv gewärmt werden, um die Ischämietoleranz des Gewebes nicht zu reduzieren.

## **Kombinationstherapie**

Konvektive Luftwärmung allein kann nicht ausreichend sein, um intraoperativ Normothermie zu erhalten. Dies zeigen mehrere RCTs [96, 105-114].

Eine Steigerung der Effektivität der intraoperativen konvektiven Patientenwärmung ist insbesondere bei Kombination mit Vorwärmung (Prewarming) möglich. Dazu liegen RCTs [64, 75, 79, 115] und Kohortenstudien vor [60, 66, 76].

Auch eine gleichzeitige Anwendung von konvektiver Luftwärmung und anderen aktiven (Infusionswärmung, konduktive Wärmung) oder passiven (Isolation) Wärmeverfahren ist sinnvoll, was in 2 RCTs nachgewiesen wurde [116, 117]. In zahlreichen RCTs untersucht ist die Kombination mit Infusionswärmung [118-129]. Jedoch kann auch diese Kombination allein nicht ausreichend sein, wenn keine Vorwärmung angewandt wird [112, 130].

## **C.2.2 Konduktive Verfahren**

Autoren: Bräuer

### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**1. Konduktive Wärmeverfahren können zur Wärmeerhaltung alternativ zu konvektiven Verfahren eingesetzt werden.**

***LoE Ia, [53], Empfehlungsgrad B***

**2. Bei konduktiver Wärmung sollen Matten, die auf den Körper gelegt werden verwendet werden. Heizmatten, die unter den Rücken gelegt werden, sollten nur als Ergänzung eingesetzt werden**

***LoE Ia [53, 93], Empfehlungsgrad A***

**3. Konduktive sog. Wassermattenanzüge sind effektiver als konvektive Verfahren. Aufgrund des hohen Preises können sie nur bei Spezialindikationen sinnvoll eingesetzt werden.**

***LoE Ia, Empfehlungsgrad A***

Konduktive Wärmung ist ebenfalls ein aktives, externes und sehr effektives Verfahren. Es setzt allerdings den direkten flächenhaften Kontakt mit der Wärmeaustauschenden Oberfläche voraus und zeigt daher in der praktischen Anwendung nicht immer die zu erwartende Effektivität. Konduktive Wärmung durch Heizmatten unter dem Rücken wurde vor Entwicklung der konvektiven Luftwärmung als überwiegendes Verfahren eingesetzt.

### **Wirkmechanismus**

Die konduktive Wärmeübertragung erfolgt als Wärmeleitung zwischen zwei Oberflächen, die in direktem Kontakt stehen.

### **Wirksamkeit (geändert 2018)**

Konduktive Wärmung ist bei identischer Größe der gewärmten Hautfläche prinzipiell effektiver als konvektive Wärmung. Der Wärmeaustauschkoeffizient liegt hierbei zwischen 30 und 300% höher als bei konvektivem Wärmeaustausch [90, 131-134]. Ihre Effektivität wird in der praktischen Anwendung durch die - häufig geringere - Kontaktfläche zum Patienten eingeschränkt. Direkter Kontakt ist vor allem an den aufliegenden Flächen gesichert. Hierbei wird die Effektivität der konduktiven

Wärmung jedoch durch eine Kompression des aufliegenden Gewebes verringert, die eine Einschränkung des inneren Wärmeflusses bedingt [135]. Voraussetzung für eine hohe Effektivität der konduktiven Wärmung ist damit, dass diese an der nicht (z. B. auf dem OP-Tisch) aufliegenden Oberfläche des Körpers eingesetzt wird [121, 136-138]. Konduktive Wärmung über den Rücken ist somit weniger effektiv als konvektive Luftwärmung [91, 128, 139]. Möglicherweise zeigen neuere konduktive Wärmesysteme unter dem Rücken, die gleichzeitig eine Druckentlastung bieten, eine höhere Wirksamkeit [140].

Bei der Bewertung der Effektivität intraoperativer Wärmetherapie mit moderner konduktiven Wärmesystemen (ausgenommen Heizmatten, die unter dem aufliegenden Patienten platziert werden) kommen neuere Studien [141] und mehrere systematische Metaanalysen zu dem Ergebnis, dass dieses Verfahren genauso effektiv ist, wie konvektive Luftwärmung.

Verschiedene konduktive Wärmeverfahren wurden in einem aktuellen systematischen Review als gleich effektiv bewertet [53]. Allerdings zeigen neue Studien zum Teil auch eine schlechtere Effektivität von konduktiver Wärmung [57]. Ältere konduktive Wärmeverfahren (z.B. Heizmatten) sind mit erheblichen Risiken verbunden (z.B. Verbrennungen) [142], neuere Verfahren befinden sich derzeit in Erprobung [143, 144], wobei insbesondere neue, selbst-erwärmende konduktive Wärmedecken mit Wärmepads aus einer Mischung aus Eisen-(II)-Pulver, Aktivkohle, Natriumchlorid, Wasser und Mineralien, von Interesse sind. Die Effektivität dieser Decken wird im Vergleich zu einer Isolation unterschiedlich effektiv beurteilt [56,145]. Eine Vergleichsuntersuchung zu anderen aktiven Wärmeverfahren steht noch aus.

### **Unerwünschte Wirkungen / Sicherheit**

Wie bei allen aktiven Wärmeverfahren besteht auch bei der konduktiven Wärmung prinzipiell das Risiko von Verbrennungen. Diese können vor allem in aufliegenden Hautarealen auftreten, da hier die Durchblutung kompressionsbedingt eingeschränkt ist. Aus diesem Grund werden Wärmematten, die als Unterlage verwendet werden, häufig mit Gel-Auflagen kombiniert. Aufgrund der strengen Normen für moderne Geräte (International Standard CEI/IEC 601-2-35 Ed 2.0. 2009)[146], ist das Risiko jedoch als insgesamt gering anzusehen.

## **Wesentliche Gegenanzeigen / Anwendungsbeschränkungen**

Nicht durchblutete Körperareale (z.B. distal einer Abklemmung eines arteriellen Gefäßes) sollten nicht aktiv gewärmt werden.

## **Kombinationstherapie**

Für die konduktive Wärmung gelten identische Aussagen zur Kombination mit anderen Wärmeverfahren wie für die konvektive Luftwärmung. Die Wirkung der konduktiven Wärmung wird bei der gleichzeitigen Anwendung mit Vorwärmung [144] und zusammen mit anderen aktiven (Infusionswärmung, konvektive Wärmung) oder passiven (Isolation) Verfahren der Wärmekonservierung verstärkt [117, 139]. Wird eine Wärmung über die OP-Tisch-Auflagefläche gewählt, so ist eine Kombination mit anderen aktiven Wärmeverfahren in den nicht aufliegenden Arealen dringend zu empfehlen.

## **Wassermattenanzüge und adhäsive Wassermatten**

Ein Sonderverfahren konduktiver Wärmung stellen sog. Wassermattenanzüge und adhäsive Wassermatten da. Diese Systeme arbeiten entweder über die Nutzung einer sehr großen Körperoberfläche [116, 136, 147-152] oder durch eine Optimierung des Kontaktes des Wärmetauschers zur Haut durch eine haftende Hydrogeloberfläche [108, 153].

Die Bewertung der intraoperativen Wärmetherapie mittels Wassermattenanzügen im Rahmen der NICE-Leitlinie [2] und systematische Metaanalysen [53, 93] kommen zum Schluss, dass dieses Verfahren effektiver ist, als konvektive Luftwärmung.

Diese Systeme sind jedoch sehr kostenintensiv [154].

## **Unerwünschte Wirkungen / Sicherheit**

Bei der Anwendung von Wassermattenanzügen wurden in Einzelfällen Verbrennungen beobachtet [155]. Das Risiko für Verbrennungen existiert prinzipiell für jedes aktive Wärmesystem. Aufgrund der strengen Normen (CEI/IEC 601-2-35 Ed 2.0. 2009) [146], ist das Risiko jedoch insgesamt als gering anzusehen. Risiken durch ein Keimwachstum zwischen Haut und Anzug sind bisher nicht bekannt geworden.



## C.3 Wärmung von Infusionen und Blutprodukten

Autor: Bräuer

### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**Eine intraoperative Infusionswärmung sollte bei höheren Infusionsraten (> 500 ml/h) ergänzend eingesetzt werden.**

#### ***Expertenkonsensus***

**Die sog. Inline-Wärmung sollte bevorzugt werden.**

***LoE II, Empfehlungsgrad B***

Infusions-/Blutwärmung ist ein internes, aktives und beim gezielten Einsatz ein effektives Wärmeprotektionsverfahren [156-163]. Infusions-/Blutwärmung wird in manchen Ländern grundsätzlich eingesetzt, in Europa jedoch nur bei 20 – 30% aller Eingriffe verwendet [1]. Kommerziell verfügbar sind verschiedene Infusions-/Bluterwärmungssysteme, die entweder im niedrigen bis mittleren Flussbereich oder im hohen Flussbereich effektiv sind [164-168].

### **Wirkmechanismus**

Die Zufuhr größerer Mengen ungewärmter Blutprodukte oder Infusionslösungen führt zu einem relevanten Abfall der mittleren Körpertemperatur [156]. Leistungsfähige Infusionswärmer können relevante Wärmeverluste durch Blutprodukte oder Infusionslösungen minimieren. Infusionserwärmung ermöglicht jedoch nur die Vermeidung von Wärmeverlusten, eine relevante Wärmezufuhr zum Patienten ist damit nicht möglich. Daher sind Infusionswärmer bei niedrigen Flüssigkeitsumsätzen ineffektiv [169].

### **Wirksamkeit**

Infusions-/Blutwärmung in Form von Vorwärmung oder sog. Inline-Erwärmung, d.h. die Wärmung der Flüssigkeit auf dem Weg zur Vene, hat sich in vielen Studien als effektiv erwiesen [156-162]. Auch die Bewertung im Rahmen der NICE-Leitlinie [2], die Bewertung in der Kanadischen Leitlinie zur Prävention von perioperativer Hypothermie [4] und die systematische Metaanalyse von Moola et al. [93] kommen zum Schluss, dass dieses Verfahren effektiv ist. Dabei beschreibt die NICE-Leitlinie eine Wirksamkeit für Infusionsmengen > 900 ml unabhängig von der benötigten

Infusionsdauer, wobei jedoch eine Infusionswärmung bereits ab 500 ml Gesamtingusionsvolumen empfohlen wird [2].

Grundsätzlich muss jedoch bedacht werden, dass das Ausmaß des Wärmeverlustes durch die Zufuhr ungewärmter Infusionslösungen neben der absoluten Infusionsmenge primär von der Infusionsmenge pro Zeiteinheit (Infusionsrate) abhängig ist. Eine Infusionswärmung sollte daher nach Meinung der Leitliniengruppe ab einer Infusionsrate von mehr als 500 ml/h durchgeführt werden.

Infusionswärmung ist aufgrund der begrenzten Infusionsvolumina und –temperaturen als alleinige Maßnahme in der Regel nicht ausreichend, um intraoperativ eine Normothermie aufrecht zu erhalten [161, 170]. Daher sollte die Infusionswärmung nur als ergänzende Maßnahme angewendet werden.

Für die Erwärmung von Blutprodukten gilt die aktuelle Hämotherapie-Richtlinie nach der das Anwärmen von Blutprodukten (auf maximal 42 °C) auf spezielle Indikationen beschränkt ist – wie zum Beispiel Massivtransfusionen und Transfusionen bei Patienten mit Kälteantikörpern. Hier muss im Einzelfall entschieden werden, ob die Schwelle zur Massivtransfusion absehbar erreicht wird.

### **Unerwünschte Wirkungen / Sicherheit**

Es gibt Einzelfallberichte von Patientenschädigungen durch Infusionswärmer. Dabei traten Verbrennungen auf [171, 172] bzw. kam es durch Überhitzung eines Erythrozytenkonzentrats zu einem Schockzustand des Patienten [173]. Durch den Einsatz von Infusions-/Blutwärmern kann es zu einer Gasfreisetzung aus der erwärmten Infusionslösung kommen. Dies ist ein grundsätzliches Problem jeglicher Infusionswärmer und kann durch nachgeschaltete Luftfallen reduziert, aber nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die Menge an Gas beträgt zwischen 1 und 3 ml pro Liter Infusionslösung. Dies kann bei Patienten mit offenem Foramen ovale zu schweren Komplikationen führen [174, 175].

### **Wesentliche Gegenanzeigen / Anwendungsbeschränkungen**

Wesentliche Gegenanzeigen bzw. Anwendungsbeschränkungen sind nicht bekannt.

## C.4 Wärmung von Spüllösungen

Autor: Horn

### **Empfehlungen (geprüft 2018):**

**Intraoperativ verwendete Spüllösungen sollen auf ca. 38-40 °C vorgewärmt werden.**

***LoE 1b [176, 2], Empfehlungsgrad A***

**Spüllösungen für Gelenkspülungen müssen nicht vorgewärmt werden.**

***LoE V, Expertenkonsensus***

Intraoperativ verwendete Spüllösungen sollten auf ca. 38-40 °C vorgewärmt werden [2]. Für den Bereich der endoskopischen Chirurgie (Laparoskopien, transurethrale Resektionen, arthroskopische Eingriffe) konnten Jin et al. [176] in einem systematischen Review zeigen, dass die Verwendung ungewärmter Spüllösungen einen signifikant größeren Abfall der Körperkerntemperatur zur Folge hat, als die Applikation gewärmter Spüllösungen ( $p < 0,00001$ ). Perioperative Hypothermie (odds ratio 22,01, 95% CI: 2,03-197,08,  $p = 0,01$ ) und shivering (odds ratio 5,13, 95% CI: 2,95-10,19,  $p < 0,00001$ ) waren bei Verwendung gewärmter Spüllösungen seltener zu beobachten [177].

Bei Gelenkoperationen konnte in einer kleinen prospektiv randomisierten Untersuchung für Patienten der ASA-Einstufung I und II kein Effekt auf die Körperkerntemperatur beim Einsatz vorgewärmter versus nicht vorgewärmter Spüllösungen gezeigt werden [177].

## C.5 Sonstige Verfahren

Autor: Bräuer

### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**Zusätzlich zur aktiven Wärmung soll die größtmögliche nicht aktiv gewärmte Körperoberfläche isoliert werden.**

***LoE V, Expertenkonsensus***

### **Isolation**

Isolation ist ein externes, passives und effektives Verfahren. Isolation reduziert die radiativen und konvektiven Wärmeverluste über die Haut. Dabei führen verschiedene kommerziell erhältliche Materialien zu einer Reduktion der Wärmeverluste um ca. 30% [178]. Wärmereflektierendes Isolationsmaterial zeigt in vielen klinischen Untersuchungen keine besseren Ergebnisse als andere Materialien [179, 180, 117]. Allerdings war in einer neuen Studie eine reflektierende Folie im Vergleich zu gewärmten Baumwolldecken effektiver [181] in Bezug auf einen errechneten Körperkern-Peripherie-Temperaturgradienten. Bei effektiver Vorwärmung erwies sich die Isolation bei Patienten für Hüft- und Knieoperationen gleichwertig mit Luftwärmung in Bezug auf die Erhaltung der Körperkerntemperatur [182].

Isolation allein ist zur Aufrechterhaltung von intraoperativer Normothermie nicht ausreichend wirksam. Ob dies durch neue Materialien in bestimmten Situationen [183, 184] grundsätzlich verändert werden kann, ist nicht ausreichend geklärt, jedoch eher unwahrscheinlich [185]. Dennoch ist die ergänzende Isolation von Körperoberfläche, die nicht aktiv gewärmt werden kann, sinnvoll.

### **Erwärmung und Anfeuchtung von Insufflationsgasen**

Die Erwärmung und Anfeuchtung von Insufflationsgasen bei laproskopischen Eingriffen scheint eine gewisse Wirksamkeit zur Vermeidung von intraoperativer Hypothermie zu besitzen [186], allerdings ist der Effekt nicht besonders groß.

**Verfahren für die aufgrund unzureichender Evidenz keine Empfehlungen abgegeben werden:**

Atemgaskonditionierung

Ösophaguswärmer

Wärmetherapie unter Anwendung von Unterdruck

Infrarotstrahler

Intravenöse Wärmeaustauscher

## C.6 Spezielle Patientengruppen: Kinder

Autoren: Becke/Torossian

### **Empfehlungen (geändert 2018):**

- 1. Die rektal gemessene Normaltemperatur bei Kindern bis 5 Jahre beträgt 36,5 – 38,0°C. LoE IIb**
- 2. Bis zum 2. Lebensjahr soll die Temperatur perioperativ rektal, intraoperativ oro-/nasopharyngeal gemessen werden. LoE IIb [25], Empfehlungsgrad A**

Grundsätzlich gelten auch für Kinder die bei Erwachsenen gültigen Regeln zur aktiven Wärmerhaltung. Dabei weisen Kleinkinder und insbesondere Säuglinge eine höhere Körperkerntemperatur als ältere Kinder und Erwachsene auf, und Säuglinge kühlen aufgrund unreifer Thermoregulationsmechanismen, sowie einer im Verhältnis zum Gewicht größeren Körperoberfläche schneller aus. Eine perioperative Temperaturmessung gehört bei Kindern daher zum anerkannten Standard und ist Bestandteil aktueller Leitlinien zur Prävention perioperativer Hypothermie [2]. Neben der Vermeidung einer unbeabsichtigten Hypothermie stellt auch die frühzeitige Erkennung einer *Hyperthermie* eine weitere Indikation zur Temperaturmessung dar.

Bis zum Lebensalter von 2 Jahren empfiehlt sich perioperativ die rektale Messung als genaueste Methode, intraoperativ ist die oro-/nasopharyngeale Messung aus Praktikabilitätsgründen (kürzere Kabel, Dislokation) vorzuziehen.

Einvernehmlich mit den Empfehlungen für Kinderanästhesie der DGAI [187] und der Gesellschaft für Kinderchirurgie besteht Konsens darüber, dass die OP-Saal Temperatur (bereits bei Anästhesiebeginn) mindestens 21°C betragen soll.

Für den pädiatrischen Bereich stehen auch speziell konfektionierte konvektive Wärmedecken zur Verfügung, konduktive Systeme sind gleichwertig verfügbar.

Für die Anwendung einer gezielten therapeutischen Hypothermie in der Neonatologie bei speziellen Krankheitsbildern existieren spezielle Empfehlungen. [188]

## D Postoperative Phase (AWR, IMC, Intensivstation)

### D.1 Postoperatives Kältezittern (Shivering)

Autor: Horn / Höcker

#### **Empfehlungen (geändert 2018):**

- 1. Die Ausleitung einer Allgemeinanästhesie sollte in Normothermie erfolgen. *Expertenkonsensus***
- 2. Postoperatives Shivering soll mit aktiver Wärmung behandelt werden. *Expertenkonsensus***
- 3. Bis zum Erreichen der Normothermie kann ergänzend eine medikamentöse Therapie, z. B. mit Clonidin oder Pethidin, erfolgen. *LoE IIa [2], Empfehlungsgrad 0***
- 4. Bei medikamentöser Therapie des postoperativen Shiverings müssen die Bedingungen des „off-label use“ berücksichtigt werden.**

Muskelzittern nach Operationen, sog. postoperatives shivering, ist ein häufiges unerwünschtes Ereignis in der postoperativen Phase. Es tritt je nach Operation und angewandter Anästhetika bei bis zu 60% der Patienten nach Allgemein- [189] und Regionalanästhesie [190] auf. Postoperatives shivering wird weniger bei Kindern und häufiger bei jüngeren Erwachsenen beobachtet.

Postoperatives shivering wird in der Regel von den Patienten als unangenehm empfunden [191]. Die hohe Muskelaktivität während des shiverings führt zur Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs des Körpers um ca. 40% [192]. Konsekutiv wird dadurch auch das Risiko für unerwünschte kardiale Ereignisse wie Herzrhythmusstörungen und perioperative Herzinfarkte erhöht [191].

Überwiegend tritt postoperatives Shivering als thermoregulatorische Antwort auf eine perioperative Hypothermie auf [193]. Selten ist shivering bei normothermen Patienten zu finden [194]. Als Ursache für postoperatives shivering ohne Vorliegen einer Hypothermie kommen Fieber [195] oder Anästhetika-vermittelte Effekte in Frage [196]. Postoperatives shivering tritt häufiger nach Isofluran- als nach total intravenöser Anästhesie auf [197].

Hypothermiebedingtes postoperatives shivering tritt erst dann auf, wenn die Wirkung der verwendeten Anästhetika nachlässt. Diese unterdrücken shivering als endogenen

Abwehrmechanismus des Körpers, indem sie die zentrale Temperaturregulation des Körpers modulieren und die Auslöseschwellentemperatur für das Einsetzen von shivering senken. Die Patienten weisen in der Regel nicht nur eine Hypothermie und Vasokonstriktion auf, sondern frieren auch [198].

Die Ausleitung einer Allgemeinanästhesie sollte daher insbesondere bei Risikopatienten grundsätzlich bei Normothermie erfolgen. Aufgrund mangelnder Daten aus klinischen Untersuchungen ist eine Grenze für die Körperkerntemperatur, bei der eine Allgemeinanästhesie noch sicher ausgeleitet werden kann, nicht bekannt.

### **Prophylaxe und Therapie des postoperativen Shiverings**

Da postoperatives shivering zumeist als Reaktion auf eine Hypothermie auftritt, stellt die prä- und intraoperative aktive Patientenwärmung die beste Prophylaxe dar. In verschiedenen Untersuchungen konnte zudem eine Reduktion des postoperativen shiverings durch eine medikamentöse Prophylaxe mit Ondansetron (4 – 8 mg i.v.) [199-202] bzw. Parecoxib (40 mg i.v.) nachgewiesen werden.

Um die negativen Auswirkungen des shiverings zu vermeiden, sollte bei Auftreten - ergänzend zur Wärmetherapie - eine medikamentöse Therapie erfolgen. Allerdings ist derzeit kein Medikament zur Prophylaxe bzw. Therapie des Kältezitterns zugelassen, so dass die Anwendung einen „off-label use“ darstellt.

**ACHTUNG:** Für die Empfehlungen zur Prophylaxe und Therapie des postoperativen shiverings müssen die Kriterien des „off label use“ berücksichtigt werden:

- nachgewiesene Wirksamkeit
- günstiges Nutzen-Risiko-Profil
- fehlende Alternativen – Heilversuch

Ein „off-label use“ ist dementsprechend nur bei schwerwiegenden Erkrankungen zulässig, wenn es keine Behandlungsalternative gibt. Nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse muss die begründete Aussicht bestehen, dass die Behandlung zu einem Erfolg führt. Darüber hinaus besteht eine besondere Aufklärungsverpflichtung. Die Patienten sind auf den Umstand des „off-label use“ und daraus resultierenden möglichen Haftungskonsequenzen hinzuweisen. Eine gemeinsame Entscheidungsfindung zwischen Arzt und Patient ist notwendig.



Zu beachten ist weiterhin, dass die zur Therapie des Kältezitterns verwendeten Pharmaka Nebenwirkungen wie Übelkeit, Erbrechen, Bradykardie oder Sedierung verursachen können.

Medikamente mit wissenschaftlich gut belegter therapeutischer Wirkung auf das postoperative shivering, die häufig klinisch eingesetzt werden, sind Pethidin [203, 204], Clonidin [205-207], Tramadol [208, 209] und Magnesiumsulfat [210] (Tab. 1) (siehe Evidenztabelle 5 „shivering – Prävention und Therapie“ im Anhang). In neueren Studien konnte auch eine gute Wirksamkeit für Ondansetron [199, 200] sowie für Nefopam nachgewiesen werden [211]. Eine aktuelle Metaanalyse zur shivering Prophylaxe nach Operationen faßt die Ergebnisse zusammen [212].

<b>Medikamente erster Wahl</b>	<b>Dosierung</b>
Pethidin	0,35 – 0,7 mg/kg i.v.
Clonidin	0,15 – 0,3 µg/kg i.v.
<b>Medikamente zweiter Wahl</b>	
Ondansetron	4 – 8 mg i. v.
Nefopam	0,15 – 0,2 mg/kg i.v.
Tramadol	1 – 3 mg/kg i.v.
Magnesiumsulfat	30 mg/kg i.v.

**Tab. 1      Medikamentöse Therapie des postoperativen shiverings**

Medikamente, für die in Studien eine Wirkung auf postoperatives shivering gezeigt werden konnte, die jedoch aufgrund ihrer Nebenwirkungen bzw. mangelnder Effektivität sowie fehlender Zulassung für diese Indikation von den Autoren nicht für die Prophylaxe und Therapie des postoperativen shivering empfohlen werden, sind unter anderen Alfentanil, Aminosäuren, Ketamin [213], Ketanserin, Pentazocin, Physostigmin, Urapidil, Remifentanil und Sufentanil.

## D.2 Verhalten auf der nachsorgenden Organisationseinheit

Autor: Horn

### **Empfehlungen (geprüft 2018):**

- 1. Bei Aufnahme auf die postoperativ nachsorgende Organisationseinheit soll die Körperkerntemperatur gemessen werden. *Expertenkonsensus***
- 2. Bei postoperativ hypothermen Patienten soll bis zum Erreichen der Normothermie eine Patientenwärmung erfolgen. *Expertenkonsensus***
- 3. Bei postoperativ hypothermen Patienten soll bis zum Erreichen der Normothermie die Körperkerntemperatur regelmäßig (z. B. alle 15 Min.) gemessen werden. *Expertenkonsensus***

Nach Beendigung einer Anästhesie kehren die physiologischen Mechanismen der Thermoregulation rasch wieder zurück. Die Körperkerntemperatur sollte umgehend (z.B. sublingual) gemessen werden, um eine postoperative Hypothermie auszuschließen.

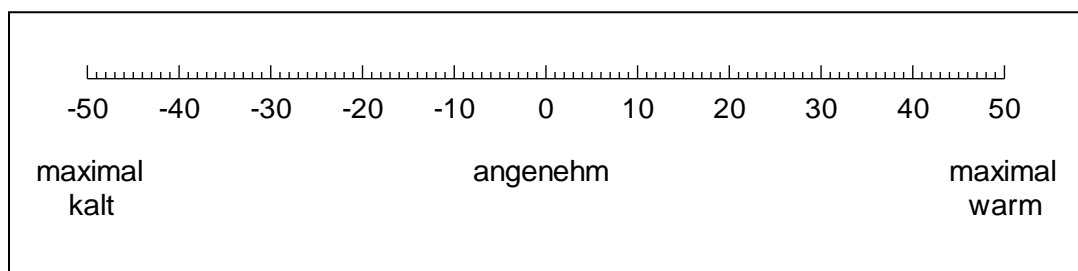
Sofern der Patient normotherm ist, müssen beim wachen und kooperativen Patienten keine besonderen Maßnahmen hinsichtlich der Regulation seines Wärmehaushaltes vorgenommen werden. Der Patient wird bei Kältegefühl selbst Schutzmaßnahmen ergreifen und sich z.B. wärmer anziehen. Weitere Temperaturmessungen, wie in der NICE-Leitlinie [2] gefordert, sind deshalb entbehrlich.

Bei hypothermen Patienten führen das üblicherweise einsetzende Kältezittern (shivering) zur Wärmeproduktion und die periphere Vasokonstriktion zu einer Wiederherstellung der individuellen normalen Körperkerntemperatur. Diese Patienten benötigen postoperativ deutlich mehr Zeit als normotherme Patienten, um den präoperativen Zustand hinsichtlich Wachheit, Kreislaufstabilität und normaler Thermoregulation wiederzugewinnen [214]. Die Autoren dieser Leitlinie sind sich deshalb einig, dass bei Patienten mit postoperativer Hypothermie bis zum Erreichen der Normothermie eine aktive Patientenwärmung, z.B. mittels einer konvektiven Wärmedecke, durchgeführt werden soll.

Patienten mit postoperativer Hypothermie sind besonders in hohem Alter und bei Vorliegen einer Demenz oder Alzheimer Erkrankung gefährdet [215]. Ein erhöhtes

Risiko für Komplikationen besteht auch für Patienten, die noch hypotherm vom Aufwachraum auf die Station verlegt werden und bei denen postoperatives shivering (symptomatisch) medikamentös therapiert wurde. Diese medikamentöse Therapie des shiverings bei hypothermen Patienten verzögert die Wiedererlangung der Normothermie und soll daher immer mit aktiver Wärmezufuhr kombiniert werden. Risiken drohen insbesondere dann, wenn auf der Bettenstation keine regelmäßigen Temperaturkontrollen mehr erfolgen und die Hypothermie so unerkannt bleibt.

Bei postoperativ hypothermen Patienten soll daher bis zum Erreichen der Normothermie in regelmäßigen Intervallen (z.B. alle 15 Min.) neben der Kreislauf- und Vigilanzkontrolle auch die Körperkerntemperatur (z.B. sublingual) erfasst werden. Die Autoren dieser Leitlinie empfehlen, auch das Wärme-/Kälteempfinden der Patienten zu messen. Dieses kann einfach mit Hilfe einer visuellen Analogskala (VAS) evaluiert werden [216, 217] (Abb. 2).



**Abb. 2** Beispiel Visuelle Analogskala (VAS) Thermokomfort (nicht validiert), [216].

Der wache Patient wird angehalten auf einer in 100 Teilstriche eingeteilten Skala zwischen -50, maximal kalt, und +50, maximal warm, sein derzeitiges Wärme-/Kälteempfinden anzukreuzen. Optimal ist der Wert 0. Werte im negativen Bereich, insbesondere unter -20, sind als Kälteempfinden zu werten und sollten, wie bei Kältezittern, zu Maßnahmen der Wärmeisolation oder aktiver Wärmezufuhr führen.

## **E Kosten-Nutzen-Analyse perioperativer Verfahren zur Vermeidung unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie**

Autor: Horn (geprüft 2018)

### **E.1 Grundlagen der Berechnung**

Grundlage für die hier dargestellte Kosten-Nutzen-Analyse perioperativer Verfahren zur Vermeidung einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie ist die entsprechende Berechnung der NICE-Leitlinie [2], wobei nur eine Übersetzung der englischen Kalkulation vorgenommen wurde und nicht eine eigene, deutsche Kalkulation angestellt wurde, sodass auch nicht die deutschen DRG-Entgelte als Grundlage für die Berechnung dienten. Die hier präsentierten Berechnungen basieren auf der Datenbasis der Kosten aus dem Jahr 2008 bei einem Umrechnungsfaktor von 1 GBP = 1,155 Euro.

Die Kosten einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie entstehen durch das Auftreten von postoperativen Komplikationen, also von Wundinfektionen, kardialen Ereignissen, Transfusionen von Blutprodukten, einer mechanischen Nachbeatmung und weiteren Ereignissen, z.B. Druckulzera. Weiterhin sind verlängerte Aufenthalte in der postoperativen Überwachungseinheit, der Intensivstation und im Krankenhaus kostenrelevant.

Die Wärmeverfahren zur Vermeidung einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie werden dem als Kosten gegenübergestellt. In dem Berechnungsmodell gilt eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie als vermieden, wenn die Körperkerntemperatur der Patienten 36,0°C nicht unterschreitet. In der Berechnung wird angenommen, dass bei den Patienten perioperativ keine weiteren gesundheitlichen Beeinträchtigungen auftreten. Berücksichtigt wurde weiterhin, dass die Dauer einer Operation, das Alter und der ASA-Status des Patienten und die Kombination aus Allgemein- und Regionalanästhesie die Wahrscheinlichkeit für postoperative Komplikationen bei perioperativer Hypothermie beeinflussen.

Entsprechend dieser Parameter, wurde unterschiedliche klinische Szenarien bzw. Patienten als Modellsituation kalkuliert und mittels einer individuellen Kosten-Nutzen-Analyse bewertet. Ziel war es, für diese Modellszenarien zu evaluieren, welcher Patient von Maßnahmen des Wärmemanagement zur Vermeidung einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie profitiert.

Variationsparameter waren:

- Art und Umfang („Größe“) der Operation
- Dauer der Operation
- Art der Anästhesie, insbesondere Allgemein-, Regional- oder Kombinationsanästhesie
- ASA Status I + II oder höher
- Altersklassen bis 20 Jahre, bis 50 Jahre bis 70 Jahre

Eine Gesamtanalyse wurde für den „häufigsten“ Patiententypus bzw. für durchschnittliche Werte im Rahmen einer Operation kalkuliert, mit einem Alter von 52 Jahren, ASA Status I-II und einer 60 Min. dauernden Allgemeinanästhesie. Weiterhin wurden Kosten und Nutzen bei kürzeren und längeren Operationen kalkuliert. Diese drei OP-Szenarien wurden in Beziehung zu unterschiedlichen Strategien zur Vermeidung einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie gesetzt. Das Risiko variiert dabei für:

- die Inzidenz myokardialer Ereignisse mit dem Alter der Patienten
- die Inzidenz myokardialer Ereignisse mit dem Auftreten einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie
- die Inzidenz von Transfusionen und Druckulzera bei kleineren Operationen

Grundsätzlich wurde das Basisrisiko für postoperative Komplikationen aus den Daten von Kohortenuntersuchungen aus England erstellt und stammt nicht von Untersuchungen zur Vermeidung unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie. Dabei wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass es sich grundsätzlich um normotherme Patienten handelt, so dass die Risiken für normotherme Patienten für postoperative Ereignisse in der Kosten-Nutzen-Analyse eher überschätzt werden.

### Wundinfektionen

Die Rate postoperativer Wundinfektionen wurde aus den Daten von 247 englischen Krankenhäusern zwischen 1997 und 2005 ermittelt und mit lediglich 3% bei normothermen Patienten angenommen. Nur die während des Klinikaufenthaltes sichtbar gewordenen Wundinfektionen wurden berücksichtigt. Dies schien ein probates Verfahren zu sein, weil anzunehmen ist, dass Infektionen, die nach der

Krankenhausentlassung auftreten, deutlich geringere Kosten verursachen und damit in der Kosten-Nutzen-Analyse vernachlässigt werden können.

### Druckulzera

Die Inzidenz von Druckulzera wurde aufgrund einer Untersuchung aus dem Jahr 1990 mit 1,8% angenommen. Eine mögliche höhere Inzidenz von ca. 10% bei orthopädischen Patienten wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt.

### Transfusionen

Allogene Transfusionen zur Reduktion von Fremdbluttransfusionen wurden in der Berechnung nicht berücksichtigt. Die Berechnung ging von der Annahme aus, dass Patienten mit einer Operation und gleichzeitiger Transfusion im Mittel 2,28 Einheiten Blut transfundiert bekommen, unabhängig davon, ob sie normotherm oder hypotherm sind. Insgesamt wurde angenommen, dass in 12% stationärer Operationen transfundiert wird, und dass es sich dabei um mittlere oder größere Operationen handelt. Das erhöhte Risiko, bei einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie eine zusätzliche Transfusion zu erhalten, wurde aufgrund der Studienlage mit 31 % angenommen.

### Maschinelle Beatmung

Das Risiko einer postoperativen maschinellen Beatmung bei Vorliegen einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie wurde mit 0,27% angenommen. Die Daten wurden aus einer kanadischen, prospektiven Kohortenstudie aus dem Jahre 1996 entnommen.

### Kardiale Ereignisse

Als kardiale Komplikationen wurden eine instabile Angina Pectoris, ein Herzinfarkt oder ein Herzstillstand gewertet. Dieses Risiko wurde unabhängig von der Größe der Operation für normotherme Patienten in der Altersgruppe der 50-jährigen mit einer Wahrscheinlichkeit von 2,4% und bei den 70-jährigen mit 4,5% kalkuliert. Für die 20-jährigen wurde kein Risiko für kardiale Komplikationen angenommen, für die 35-jährigen ein Drittel des Risikos der 50-jährigen. Für die Erhöhung des kardialen Risikos bei unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie wurden die Daten der Untersuchung von Frank aus 1997 [33] zugrunde gelegt, der 2 kardiale Ereignisse bei normothermen Patienten und 10 Ereignisse bei hypothermen Patienten nachweisen konnte.

### Dauer des Krankenhausaufenthaltes

Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes bei stationär durchgeführten Operationen wurde bei größeren Operationen in England mit 4 Tagen angenommen, die Verlängerung des Aufenthaltes durch eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie wurde mit zusätzlich 19 % der üblichen Aufenthaltsdauer angenommen.

**Tabelle 2. Angenommene Inzidenz von Komplikation bzw. Dauer des Krankenhausaufenthaltes bei Patienten *ohne* unbeabsichtigte perioperative Hypothermie**

<b>Ereignis</b>	<b>Häufigkeit</b>
Postoperative Wundinfektionen	3 %
Transfusion bei mittleren oder größeren Operationen	12 %
Transfusion bei kleineren Operationen	0 %
Kardiales Ereignis, Patientenalter 20 Jahre	0 %
Kardiales Ereignis, Patientenalter 50 Jahre	2,4 %
Kardiales Ereignis, Patientenalter 70 Jahre	4,5 %
Postoperativ mechanische Beatmung	0,27 %
Druckulcus bei kleineren Operationen	0 %
Druckulcus bei mittleren Operationen	1 %
Druckulcus bei größeren Operationen	4 %
Krankenhausaufenthalt bei kleineren Operationen	0,25 Tage
Krankenhausaufenthalt bei mittleren Operationen	1 Tag
Krankenhausaufenthalt bei größeren Operationen	4 Tage

Die Kosten für Komplikationen wurden ohne Unterscheidung, ob das Ereignis bei Patienten mit Normothermie oder Hypothermie aufgetreten wäre, berechnet. Bei Wundinfektionen wurden für größere Operationen höhere Kosten kalkuliert.

### Kosten bei Wundinfektionen

Ein zusätzlicher Krankenhaustag wurde mit 339,- £ (ca. 392,- €) kalkuliert. Für kleinere Operationen (z. B. Hysterektomie) wurde die Verlängerung des Krankenhausaufenthaltes mit 2,8 Tagen, die zusätzlichen Gesamtkosten bei einer Wundinfektion mit 950,- £ (ca. 1097,- €) für mittlere und größere Operationen mit zusätzlichen 5,1 Krankenhaustagen und zusätzlichen Gesamtkosten von 3858,- £ (ca. 4456 €) kalkuliert.

### Kosten für Transfusionen

Nicht berücksichtigt wurden Kosten durch einen längeren Krankenhausaufenthalt. Eigenblutspenden und Kosten für den Einsatz eines „Cellsavers“ wurden nicht berücksichtigt. Eine Transfusion wurde mit 107,- £ (ca. 124,- €) kalkuliert und damit die zusätzlichen Kosten durch Transfusionen bei einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie mit 243,89 £ (ca. 282,- €).

### Kosten für mechanische Beatmung

Es wurde von einer mittleren Beatmungsdauer von 16 Std. ausgegangen, wenn die Beatmung aufgrund einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie durchgeführt wurde. Da von 1716 £ (ca. 1982,- €) Kosten für einen Tag auf einer Intensivstation ausgegangen wurde, wurden die Kosten für eine Beatmung bei einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie mit 1.144 £ (ca. 1321,- €) kalkuliert.

### Kosten für einen verlängerten Krankenhausaufenthalt

Ein zusätzlicher Krankenhaustag wurde mit 275,- £ (ca. 318,- €) kalkuliert.

### Kosten für den Aufenthalt in einer postoperativen Überwachungseinheit

Die Kosten wurden mit 44,- £ / Std. (ca. 51,- € / Std.) kalkuliert.

### Kosten bei kardialen Ereignissen

Diese Kosten setzen sich aus den zusätzlichen Krankenhaustagen und den Behandlungskosten zusammen. Der zusätzliche Krankenhausaufenthalt wurde bei akuter Koronarischämie mit 7,1 Tagen, bei Herzstillstand mit 8,7 Tagen und bei Herzinfarkt mit 9 Tagen kalkuliert. Die Gesamtkosten wurden bei akuter Koronarischämie mit 2024,- £ (ca. 2338,- €), bei Herzstillstand mit 2201,- £ (ca. 2542,- €) und bei Herzinfarkt mit 1674,- £ (ca. 1933,- €) kalkuliert.

### Kosten bei Druckulzera

Die Kosten für Druckulzera wurden für Grad 1 Ulzera ohne Komplikationen und „normaler“ Heilung mit 1064,- £ (ca. 1229,- €) kalkuliert.

**Tabelle 3. Angenommene Mehrkosten bei Komplikationen**

<b>Ereignis</b>	<b>Kosten</b>
Wundinfektion bei kleinerer Operation	1097,- €
Wundinfektion bei mittlerer und größerer Operation	4453,- €



Transfusion	281,- €
Kardiales Ereignis, akute Koronarischämie	2335,- €
Kardiales Ereignis, Herzstillstand	2540,- €
Kardiales Ereignis, Herzinfarkt	2029,- €
Postoperative mechanische Beatmung	1320,- €
Druckulcus	1372,- €
Postoperative Überwachungseinheit	51,- € / Std.
Krankenhausaufenthalt bei kleineren Operationen	318,- € / Tag

In der Kosten-Nutzen-Analyse wurde das Auftreten von Komplikationen bei unbeabsichtigter perioperativen Hypothermie entsprechend Tabelle 4 kalkuliert.

**Tabelle 4. Angenommene Inzidenz für Komplikationen bei unbeabsichtigter Hypothermie**

Ereignis	Relatives Risiko (95% CI)
Postoperative Wundinfektion	4,0 (1,57-10,19)
Transfusion	1,0 (0,90-1,59)
Kardiales Ereignis	2,2 (1,10-4,70)
Postoperative mechanische Beatmung	1,58 (0,96-2,61)
Druckulcus	1,87 (0,86-4,06)

Für das Risiko, eine perioperative unbeabsichtigte Hypothermie zu erleiden, wurden drei Faktoren in die Kosten-Nutzen-Analyse aufgenommen: der ASA Status, die Größe der Operation und die Art der Anästhesie. Die verschiedenen Risiken wurden nach den Wahrscheinlichkeiten aus Tabelle 5 berechnet.

**Tabelle 5. Risikofaktoren für das Auftreten einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie**

Risikofaktor	Odds Ratio (95% CI)
mittlere vs. kleinere Operation	4,31 (2,03-9,13)
größere vs. kleinere Operation	3,20 (1,68-6,07)
ASA-Status II vs. ASA-Status I	1,97 (1,19-3,24)
ASA-Status > II vs. ASA-Status I	2,68 (1,40-5,12)
Kombinierte vs. Allgemein- oder Regionalanästhesie	2,86 (1,81-4,51)

**Tabelle 6. Vergleich der Effektivität einzelner Wärmeverfahren**

Wärmeverfahren / Anästhesiedauer	Relatives Risiko (95% CI)
<b>30 Min. Anästhesiedauer</b>	
konvektive Wärmung vs. keine Wärmung	0,39 (0,18-0,88)
Infusionswärmung vs. keine Wärmung	0,28 (0,11-0,68)
konvektive Wärmung vs. Infusionswärmung	0,63 (0,42-0,95)
konvektive Wärmung vs. elektrische Heizdecke	1,00 (0,64-1,56)
<b>60 Min. Anästhesiedauer</b>	
konvektive Wärmung vs. keine Wärmung	0,47 (0,28-0,78)
Infusionswärmung vs. keine Wärmung	0,43 (0,25-0,75)
konvektive + Infusionswärmung vs. konvektive Wärmung	0,71 (0,44-1,15)
<b>120 Min. Anästhesiedauer</b>	
konvektive Wärmung vs. keine Wärmung	0,37 (0,22-0,61)
konvektive Wärmung vs. gewärmte Decken	0,61 (0,39-0,95)
konvektive + Infusionswärmung vs. konvektive Wärmung	0,52 (0,26-1,04)
konvektive Wärmung vs. elektrische Heizdecke	0,61 (0,44-0,84)

Die Kosten für den Einsatz einzelner Wärmeverfahren beruhen auf den Kosten für Anschaffungen bzw. Leasingraten für konvektive und Infusionswärmesysteme (£ 1,57 bzw. £ 1,55), dem Service für die Geräte (£ 0,61, bzw. £ 0,68) (jeweils pro Anwendung) und den Verbrauchskosten pro Anwendung (£ 15,02, bzw. £ 9,45).

**Tabelle 7. Kosten je Anwendung einzelner Wärmeverfahren**

Wärmeverfahren	Anschaffung /Leasing	Service	Verbrauchsmaterial	Summe
konvektive Wärmung	1,82 €	0,71 €	17,34 €	<b>19,87 €</b>
Infusionswärmung	1,79 €	0,78 €	10,91 €	<b>13,48 €</b>

Für die Kosten-Nutzen-Analyse der Wärmeverfahren als Einzelanwendung und in Kombination zur Verhinderung einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie wurden verschiedene Modelle kalkuliert. Dazu wurde zunächst die Netto-

Kostensparnis bei Verhinderung einer Hypothermie berechnet. Dieser Wert wurde in die Sensitivitätsanalyse zur Kosten-Nutzen-Analyse eingesetzt. Zusätzlich wurden die Kosten durch Senkung der Lebensqualität für einen 5-Jahreszeitraum bei eingetretenen Komplikationen kalkuliert (= Qualität). Die Berechnung erfolgte dann für Patienten ohne spezielle Risiken und für Patienten mit höherem allgemeinem Risiko. Ein vermeintlich längerer Aufenthalt in der postoperativen Überwachungseinheit durch eine Hypothermie wurde kostenmäßig in der Analyse nicht berücksichtigt. Der längere Krankenhausaufenthalt durch eine Hypothermie wurde per se berücksichtigt, nicht hingegen in den Kalkulationen der Kosten der durch die Hypothermie eingetretenen Komplikationen.

**Tabelle 8. Kostensparnis für verhinderte Komplikationen pro Patient infolge Vermeidung einer perioperativen Hypothermie**

Komplikation	Alter /OP Größe	Kostenersparnis	Qualitätsgewinn	Netto Ersparnis
kardiales Ereignis	50 Jahre	68,- €	0,055	1345,- €
	70 Jahre	128,- €	0,057	1442,- €
Krankenhausaufenthalt	kleinere OP	14,- €	-	14,- €
	mittlere OP	59,- €	-	59,- €
	größere OP	235,- €	-	235,- €
Wundheilungsstörung	kleinere OP	97,- €	0,006	244,- €
	mittlere/größere OP	401,- €	0,008	545,- €
Druckulkus	mittlere/größere OP	20,- €	-	20,- €
Transfusion	mittlere/größere OP	6,- €	-	6,- €
mechanische Beatmung	jedes Alter/OP-Größe	3,- €	-	3,- €

**Tabelle 9. Netto Kostensparnis je verhinderte Hypothermie für Alter und OP-Größe**

Patientenalter	OP Größe		
	kleinere	mittlere	größere
<b>20</b>	253,- € (61-649)	706,- € (183-1798)	889,- € (316-1994)
<b>50</b>	1704,- € (492-4212)	2156,- € (730-4756)	2340,- € (880-4928)
<b>70</b>	1819,- € (523-4505)	2271,- € (730-5150)	2454,- € (937-5257)

(Daten sind dargestellt als Mittelwert und 95 % CI)

## E.2 Kalkulation unterschiedlicher klinischer Modelle

(Die hier dargestellten Modellrechnungen stellen nur einen Auszug der in der NICE-Leitlinie [2] präsentierten Modellrechnungen dar.)

### E.2.1 Modell 1 (50-jähriger Patient, mittlere OP-Größe, 60 Min. OP-Dauer)

Statistisch finden Operationen im Mittel bei 52-jährigen Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer statt. Das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse für Modell 1 kann somit als Mittelwert für alle Operationen angesehen werden. Die Kostenersparnis für den Qualitätsgewinn durch vermiedene Komplikationen wurde mit 23000,- € pro Fall kalkuliert.

**Tabelle 10. Kosteneffizienz einzelner Wärmeverfahren und ihrer Kombination bei 50-jährigen Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer pro 1000 Patienten**

Wärmeverfahren	Anzahl ver- hinderter Hypo- thermien	Kosten durch Wärme- verfahren	Ersparnis durch weniger Komplika- tionen	Qualitäts- gewinn	Netto Ersparnis
konvektive Wärmung vs. keine Wärmung	121	19.050 €	19.855 €	8,03	<b>185.858 €</b>
Infusionswärmung vs. keine Wärmung	130	12.467 €	21.471 €	8,64	<b>208.600 €</b>
Konvektive + Infusions- wärmung vs. keine Wärmung	157	31.515 €	25.974 €	10,52	<b>218.181 €</b>

**Ergebnis Modell 1:** Für 50-jährige Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer sind sowohl konvektive Wärmung als auch Infusionswärmung kosteneffizient. Optimal ist die Kombination beider Verfahren, bei der die Kostenersparnis ca. 216,- € pro Patient beträgt.

### E.2.2 Modell 2 (50-jähriger Patient, mittlere OP-Größe, 30 Min. OP-Dauer)

Tabelle 11 zeigt die Kosten-Nutzen-Analyse bei kürzeren Operationen mit 30 Min. OP-Dauer.

**Tabelle 11. Kosteneffizienz einzelner Wärmeverfahren und ihrer Kombination bei 50-jährigen Patienten mit mittlerer OP-Größe und 30 Min. OP-Dauer pro 1000 Patienten**

Wärmeverfahren	Anzahl ver- hinderter Hypo- thermien	Kosten durch Wärme- verfahren	Ersparnis durch weniger Komplika- tionen	Qualitäts- gewinn	Netto Ersparnis
konvektive Wärmung vs. keine Wärmung	136	19.050 €	22.280 €	9,01	<b>211.255 €</b>
Infusionswärmung vs. keine Wärmung	163	12.467 €	26.550 €	10,78	<b>274.862 €</b>
Konvektive + Infusions- wärmung vs. keine Wärmung	186	31.515 €	30.700 €	12,43	<b>266.666 €</b>

**Ergebnis Modell 2:** Für 50-jährige Patienten mit mittlerer OP-Größe und 30 Min OP-Dauer sind sowohl konvektive Wärmung als auch Infusionswärmung alleine sowie die Kombination beider Verfahren kosteneffizient. Die Kostenersparnis beträgt ca. 267,- € pro Patient.

Im Folgenden wurde ein indirekter Vergleich der Wärmeverfahren und ihrer Kombinationen durchgeführt, um die beste Strategie bei der Vermeidung perioperativer Hypothermie zu ermitteln. Dazu wurden folgende Wärmeverfahren verglichen:

- intraoperative konvektive Wärmung
- Infusionswärmung
- intraoperative konvektive Wärmung + Infusionswärmung

### **E.2.3 Modell 3 (50-jähriger Patient, kleinere OP-Größe, 60 Min. OP-Dauer)**

Bei kleineren Operationen wurde die Effizienz der Wärmeverfahren jeweils im Vergleich zu keiner Patientenwärmung berechnet. Die Kostenersparnis für den Qualitätsgewinn durch vermiedene Komplikationen wurde mit 23.090,- € pro Fall kalkuliert.

**Tabelle 12. Indirekter Vergleich einzelner Wärmeverfahren und ihrer Kombination bei 50-jährigen Patienten mit kleinerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer pro 1000 Patienten**

Wärmeverfahren	Anzahl Hypothermien	Kosten durch Wärmeverfahren	Kosten durch Komplikationen	Qualitätsverlust durch Komplikationen	Netto-Ersparnis	% optimale Strategie
keine Wärmung	237	-	119.899 €	227,19	-	-
konvektive Wärmung	116	19.050 €	100.050 €	219,15	<b>185.858 €</b>	<b>7 %</b>
Infusionswärmung	107	8.640 €	98.454 €	217,14	<b>208.600 €</b>	<b>34 %</b>
Konvektive + Infusionswärmung	86	31.515 €	93.853 €	216,67	<b>225.339 €</b>	<b>39 %</b>

**Ergebnis Modell 3:** Für 50-jährige Patienten mit kleinerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer sind sowohl konvektive Wärmung als auch Infusionswärmung kosteneffizient. Optimal ist die Kombination beider Verfahren, bei der die Kostenersparnis ca. 216,- € pro Patient beträgt und in 39 % der Fälle die Strategie kalkulatorisch optimal ist. Dieses Ergebnis für kleinere Operationen berücksichtigt dabei das geringere Risiko kleinerer Operationen für Transfusionen, Druckulcera und Wundinfektionen. Der Nutzen der Patientenwärmung wird bei dieser Konstellation im Wesentlichen durch die Vermeidung kardialer Komplikationen erzielt (87 %).

#### **E.2.4 Modell 4 (50-jähriger Patient, mittlere OP-Größe, 60 Min. OP-Dauer)**

Bei mittleren Operationen wurde die Effizienz der Wärmeverfahren jeweils im Vergleich zum Verzicht auf Wärmemaßnahmen berechnet. Die Kostenersparnis für den Qualitätsgewinn durch vermiedene Komplikationen wurde mit 23090,- € pro Fall kalkuliert.

**Tabelle 13. Indirekter Vergleich einzelner Wärmeverfahren und ihrer Kombination bei 50-jährigen Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer pro 1000 Patienten**

Wärmeverfahren	Anzahl Hypothermien	Kosten durch Wärmeverfahren	Kosten durch Komplikationen	Qualitätsverlust durch Komplikationen	Netto-Ersparnis	% optimale Strategie
keine Wärmung	567	-	869.547 €	249,07	-	-
konvektive Wärmung	277	19.050 €	423.896 €	229,88	<b>603.170 €</b>	<b>2 %</b>
Infusionswärmung	256	12.468 €	409.466 €	228,44	<b>657.084 €</b>	<b>18 %</b>
Konvektive + Infusionswärmung	205	31.515 €	378.643 €	225,07	<b>746.897 €</b>	<b>44 %</b>

**Ergebnis Modell 4:** Für 50-jährige Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min OP-Dauer sind sowohl konvektive Wärmung als auch Infusionswärmung kosteneffizient. Optimal ist die Kombination beider Verfahren, bei der die Kostenersparnis ca. 747,- € pro Patient beträgt und in 44 % der Fälle die Strategie kalkulatorisch optimal ist.

**E.2.5 Modell 5 (20-jähriger Patient, ASA I, kleinere OP-Größe, 60 min OP-Dauer)**

Bei 20-jährigen Patienten (ASA I) besteht nur ein sehr geringes Risiko für postoperative kardiale Ereignisse, die in der Kalkulation vernachlässigt wurden.

**Tabelle 14. Indirekter Vergleich einzelner Wärmeverfahren und ihrer Kombination bei 20-jährigen ASA I-Patienten mit kleinerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer pro 1000 Patienten**

Wärmeverfahren	Anzahl Hypothermien	Kosten durch Wärmeverfahren	Kosten durch Komplikationen	Qualitätsverlust durch Komplikationen	Netto-Ersparnis	% optimale Strategie
keine Wärmung	237	-	41.674 €	323,25	-	-
konvektive Wärmung	116	19.050 €	31.630 €	322,36	<b>11.544 €</b>	<b>20 %</b>
Infusionswärmung	107	12.468 €	30.822 €	322,29	<b>20.664 €</b>	<b>64 %</b>

Konvektive + Infusionswärmung	86	31.515 €	29.206 €	322,13	<b>6.926 €</b>	<b>6 %</b>
-------------------------------	----	----------	----------	--------	----------------	------------

**Ergebnis Modell 5:** Auch für 20-jährige ASA I-Patienten mit kleinerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer ist konvektive Wärmung und Infusionswärmung kosteneffizient, wobei letztere eine Kostenersparnis von ca. 20,- € pro Patient ergibt und in 64 % der Fälle diese Strategie kalkulatorisch optimal ist.

### E.2.6 Modell 6 (20-jähriger Patient, ASA I, mittlere OP-Größe, 60 Min. OP-Dauer)

**Tabelle 15. Indirekter Vergleich einzelner Wärmeverfahren und ihrer Kombination bei 20-jährigen ASA I Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer pro 1000 Patienten**

Wärmeverfahren	Anzahl Hypothermien	Kosten durch Wärmeverfahren	Kosten durch Komplikationen	Qualitätsverlust durch Komplikationen	Netto-Ersparnis	% optimale Strategie
keine Wärmung	567	-	497.430 €	325,70	-	-
konvektive Wärmung	277	19.050 €	342.048 €	323,55	<b>185.973 €</b>	<b>7 %</b>
Infusionswärmung	256	12.468 €	329.696 €	323,38	<b>209.870 €</b>	<b>36 %</b>
Konvektive + Infusionswärmung	205	31.515 €	302.800 €	323,00	<b>225.223 €</b>	<b>39 %</b>

**Ergebnis Modell 6:** Bei 20-jährigen Patienten mit mittlerer OP-Größe und 60 Min. OP-Dauer ist konvektive Wärmung und Infusionswärmung kosteneffizient, wobei die Kombination mit einer Kostenersparnis von ca. 225,- € pro Patient am günstigsten abschneidet und in 39 % der Fälle diese Strategie kalkulatorisch optimal ist.

## **E.3 Zusammenfassung**

Es ist kosteneffizient, intravenöse Infusionen für Patienten mit Allgemein- oder Regionalanästhesie zu wärmen, auch wenn es sich nur um kleinere Operationen handelt. Dies gilt selbst unter der Annahme, dass bei kleineren Operationen die Rate



der unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie nur 50 % der Rate bei größeren Operationen beträgt.

Der Einsatz von konvektiven Wärmedecken ist ebenfalls kosteneffizient, auch wenn das Risiko für eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie relativ niedrig ist, wie bei kleineren Operationen mit 30 Min. OP-Zeit bei Patienten mit ASA Status I während Allgemein- oder Regionalanästhesie. Dies gilt auch für 20-jährige Patienten mit sehr geringem Risiko für kardiale Komplikationen.

Ein indirekter Vergleich verschiedener Strategien zur Vermeidung der unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie zeigt, dass für eine 60-minütige Operation der gleichzeitige Einsatz von Infusionswärmung und konvektiver Wärmung mit der höchsten Effizienz verbunden ist. Diese Strategie ist auch kosteneffizient bei kurzen Operationen bei Patienten mit höherem Risiko für kardiale Komplikationen, z. B. ab einem Alter von 50 Jahren. Bei ca. 35 Jahre alten Patienten, bei denen das Risiko kardialer Komplikationen nur ca. 1/3 dessen älterer Patienten beträgt, ist die Infusionswärmung kosteneffizient. Dies gilt auch für Patienten mit geringem kardialem Risiko bei kleinen Eingriffen.

Bei Patienten mit hohem Risiko für eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie sind die Infusionswärmung und die prä- und intraoperative Wärmung mit einer konvektiven Wärmedecke kosteneffizient.

Die vorliegende Kosten-Nutzen-Analyse zum Einsatz von Wärmeverfahren zur Vermeidung der unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie weist Limitationen auf. Die Studien, auf deren Basis die Analyse beruht, gehen allesamt von einer Normalverteilung der mittleren Körpertemperatur aus. Dies ist in Untersuchungen mit vielen Patienten der Fall, jedoch sind in den meisten Untersuchungen lediglich ca. 25 Patienten pro Gruppe eingeschlossen worden. Trotzdem scheint bei der Berechnung der Wahrscheinlichkeit, eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie zu erleiden, die nicht sichere Normalverteilung der Körpertemperatur in den Studiengruppen keine entscheidende Rolle zu spielen.

Die Kosteneffizienz perioperativer Wärmeverfahren hängt stark von dem Risiko ab, durch eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie eine wesentliche postoperative Komplikation zu erleiden. Deshalb wurde in der NICE-Leitlinie bei unklarer Assoziation einer Nebenwirkung mit unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie stets eine konservative Kostenannahme in die Berechnungen

aufgenommen. In fast allen Untersuchungen zur Vermeidung der unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie fanden sich in der Behandlungsgruppe auch Patienten mit Hypothermie und bei den unbehandelten (ungewärmten) Patienten auch solche mit Normothermie. Wärmeverfahren, für die lediglich eine Untersuchung einen positiven Effekt zeigte, wurden in der Leitlinie besonders zurückhaltend empfohlen.

Für viele durch eine Hypothermie bedingte Komplikationen wurden in der Kosten-Nutzen-Analyse zusätzliche Kosten durch einen längeren Krankenhausaufenthalt kalkuliert. Außer den Krankenhauskosten wurden allerdings keine weiteren Kosten für den Patienten berücksichtigt, z.B. durch ambulante Pflege. Kosten durch eine unbeabsichtigte perioperative Hypothermie bei ambulanten Patienten werden in der Kosten-Nutzen-Analyse eher überschätzt.

Die exakten Kosten konnten für viele Wärmeverfahren nicht ermittelt werden, so dass in der Kosten-Nutzen-Analyse mit einer Unschärfe durch über- oder unterschätzte Kosten zu rechnen ist. Weiterhin basiert die Analyse auf einer indirekten Bestimmung des Risikos für eine Hypothermie zur Ermittlung des Kosten-/Nutzenverhältnisses von Wärmeverfahren, da direkte Studien dazu nicht vorliegen.

**Einige Aussagen dieser Kosten-Nutzen-Analyse stehen in teilweiseem Widerspruch zu oben ausgeführten Empfehlungen dieser Leitlinie, z.B. zum alleinigen Einsatz von Infusionswärmungssystemen. Die Autoren dieser Leitlinie stimmen darin überein, dass die auf der Grundlage der Wirksamkeit und Effektivität bestimmter Verfahren getroffenen Empfehlungen dieser Leitlinie hierbei Vorrang vor den nach Effizienzgesichtspunkten getroffenen Bewertungen der der NICE-Leitlinie entnommenen (übersetzten) Kosten-Nutzen-Analyse haben.**

## **F Implementierung der Leitlinie**

### **F.1 Maßnahmen zur Implementierung**

Autor: Welk/Bein

#### **F.1.1 Patienteninformation**

##### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**Patienten sollen über unbeabsichtigte Hypothermie als perioperatives Risiko informiert werden. *Expertenkonsensus***

Patienten sollen im Vorfeld der Operation über das mögliche Auftreten einer unerwünschten perioperativen Hypothermie, über Risiken und Ursachen sowie Maßnahmen zur Prophylaxe und Therapie informiert werden (z.B. integriert im Anästhesie-Aufklärungsbogen). Diese Information kann primär schriftlich z.B. mit Hilfe der beiliegenden Informationsbroschüre erfolgen (s. Anhang F).

#### **F.1.2 Personalschulung**

Autor: Welk/Bein

##### **Empfehlung (geprüft 2018):**

**Das in der Behandlung und Pflege chirurgischer Patienten tätige Personal sollte zur Hypothermie geschult und das vorhandene Wissen sollte evaluiert werden. *Expertenkonsensus***

Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung und Anwendung eines umfassenden Wärmemanagements über die gesamte perioperative Phase entsprechend den Empfehlungen dieser Leitlinie ist eine adäquate Schulung aller Beteiligten. Hierbei kann das untenstehende Schulungskonzept als Leitfaden dienen, der an die besonderen örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen adaptiert werden sollte.

## **Schulungskonzept zur Implementierung der S3-Leitlinie „Vermeidung von perioperativer Hypothermie“**

### **Einleitung**

Die Qualifikation des Personals durch diese Schulung hat zum Ziel, die Kenntnisse über die Faktoren, die eine perioperative Hypothermie begünstigen, zu verbessern und anschließend zeitnah geeignete Maßnahmen zur Prophylaxe in den gesamten perioperativen Patientenversorgungsprozess zu integrieren. Ein Nachweis über regelmäßige Schulungsmaßnahmen und ausreichende Kenntnisse zur Prophylaxe einer perioperativen Hypothermie ist sowohl personen- als auch stationsbezogen zu führen. Das beteiligte Personal soll Patienten/innen, wann immer möglich, zur aktiven Mitarbeit anhalten, um unbeabsichtigte Wärmeverluste zu minimieren. Die Berücksichtigung des patientenindividuellen, subjektiven Temperaturbefindens führt zur Steigerung der Patientenzufriedenheit bei Anwendung wärmeapplizierender Systeme.

Um die praktische Umsetzung der Leitlinien-Inhalte im Arbeitsalltag erfolgreich zu unterstützen, bieten wir eine Schulungsveranstaltung für Ärzte und Pflegende zum Thema „Perioperatives Wärmemanagement“ an. Ergänzend dazu wird die Langversion der Leitlinie im Intranet eingestellt und eine Informationsbroschüre ("Flyer") für die Patienten erstellt.

### **Zielsetzung**

Die Teilnehmer/innen erwerben Grundkenntnisse zum Thema Wärmemanagement im Kontext der S3-Leitlinie und können dieses Wissen in die praktische Patientenversorgung umsetzen (Theorie-Praxis-Transfer). Die Teilnehmer/innen können die in den jeweiligen Häusern eingesetzten Hilfsmittel adäquat und sicher anwenden und die Patienten/innen über die Notwendigkeit des Einsatzes wärme protektiver Maßnahmen und potentieller Gefahren (z.B. Verbrennungen) und sinnvolles Eigenverhalten informieren. Die pflegerische Aufklärung enthält die Information des Patienten vor Durchführung wärmefördernder und wärmeerhaltender Maßnahmen. Alle Maßnahmen und eingesetzten Hilfsmittel werden in der Patientenakte dokumentiert.

## **Zielgruppe**

Ärzte, sowie Kranken- und Gesundheitspflegekräfte auf Betten-führenden Stationen, aus den Funktionsbereichen, aus Anästhesiologie (inkl. Aufwachraum) und OP, aus ambulanten OP-Einrichtungen, aus IMC- und Intensivstationen, Auszubildende und neue Mitarbeiter/innen, aber auch Studierende der Medizin (Lerninhalt im Gegenstandskatalog).

## **Fortbildungsinhalte**

- Grundlagen zur Physiologie der Temperaturregulation des Menschen
- Ursachen der perioperativen Hypothermie
- Komplikationen der Hypothermie
- Physikalische Grundlagen der Entstehung von Wärmeverlusten
- Temperaturmessung (-verfahren) und Messorte
- Verfahren zur Wärmeprotektion (Anwendung und Fehler/Risiken)
- Vermeidung von Wärmeverlusten
- Vorwärmen (Prewarming)
- Wärmemanagement als Konzept
- Pflegerische Aspekte der prä-, intra- und postoperativen Wärmeprotektion (u. a. Erkennen prädisponierender Faktoren zur Einschätzung der Hypothermiegefährdung), Möglichkeiten der Wärmeprotektion mit Planung, Durchführung und Kontrolle der durchgeführten Maßnahmen, Geräteeinweisung, Temperaturmonitoring, Patientenberatung)
- Vorstellung der S3- Leitlinie (Begriffserklärung, Zielsetzung, Begründung)

## **Dauer**

2 Doppelstunden

## **Anmerkungen**

Fortbildungspunkte für die Registrierung beruflich Pflegender (RbP) und CME-Punkte für Ärzte werden anerkannt

## **Anzahl der Teilnehmer/innen**

max. 30

## **Abschluss**

Bescheinigung über die Teilnahme durch den Veranstalter

### **F.1.3. OP-Checkliste**

Daneben kann die Verwendung einer Checkliste helfen (z.B. ergänzendes Feld in der WHO Checkliste), die Maßnahmen des perioperativen Wärmemanagements zu strukturieren und zu optimieren.

## F.2 Maßnahmen zur Qualitäts- und Erfolgskontrolle

Autoren: Torossian/Höcker/Schwappach

### **Empfehlung (geändert 2018)**

**Die Punktprävalenz unmittelbar postoperativ vorhandener unbeabsichtigter Hypothermie (Körperkerntemperatur < 36 °C) soll innerhalb einer OP-Einheit mindestens 1x jährlich stichprobenartig evaluiert und im Qualitätsbericht dokumentiert werden**

***Expertenkonsensus***

Um die erfolgreiche Implementierung und dauerhafte Anwendung der in dieser Leitlinie dargestellten Maßnahmen zur Prävention und Therapie einer unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie zu bewerten, sollten regelmäßige einfache Evaluationen durchgeführt werden.

Die Leitliniengruppe empfiehlt daher, innerhalb einer OP-Einheit mind. 1x jährlich stichprobenartig (z.B. für alle Patienten eines OP-Tages) die Inzidenz postoperativer Hypothermie anhand der Körperkerntemperatur des Patienten bei Eintreffen im Aufwachraum/IMC zu bestimmen. Der Parameter „Körperkerntemperatur des Patienten bei Eintreffen im Aufwachraum/IMC“ stellt aus Sicht der Leitliniengruppe hierfür ein effektives, einfaches Instrument dar. Zusätzliche Parameter müssen hierbei nicht erhoben werden. Alle Bemühungen des perioperativen Wärmemanagements haben letztlich zum Ziel, die postoperativ vorhandene Hypothermie (relative Häufigkeit) zu vermeiden. Darüber hinaus ist auch die Erfassung einer prä- bzw. intraoperativen Hypothermie (z.B. retrospektive Auswertung der Anästhesieprotokolle) für das Patienten-outcome von Bedeutung. Dies setzt natürlich die obligate Temperaturmessung voraus. Auf diese Weise kann auch das Zusammenwirken der gesamte „Behandlungskette“ mit minimalem Aufwand beurteilt werden.

Einen weiteren Schritt im Rahmen einer Qualitätskontrolle stellt die Messung des individuellen Thermokomforts anhand der VAS Thermokomfort (s. Abb. 2) dar. Auch diese Evaluation kann stichprobenweise durchgeführt werden und ermöglicht neben der Effektivitätsbewertung auch eine Aussage über die Patientenzufriedenheit mit dem angewendeten Wärmemanagement.

# **Anhang**

- A. Vermeidung Perioperativer Hypothermie - Flowchart/ Algorithmus für die „Kitteltasche“**
  
- B. Evidenztabellen**
  - 1. Definition der „normalen“ Körperkerntemperatur**
  - 2. Körpertemperaturmessung u. balance sheet**
  - 3. Prewarming zur Prophylaxe der perioperativen Hypothermie**
  - 4. Intraoperative Wärmetherapie**
  - 5. Shivering – Prävention und Therapie**
  
- C. Studien-Erhebungsbögen**
  - 1. Diagnosestudien: Körpertemperaturmessung**
  - 2. Identifikation von Risikofaktoren**
  - 3. Therapiestudien:**
    - Passive Wärmung**
    - Aktive Wärmung**
    - Supportive Maßnahmen**
    - Behandlung von Shivering**
  
- D. Checkliste für das Pflegepersonal**
  
- E. Standard Operating Procedure (SOP) für Pflegekräfte**
  
- F. Patienteninformation „Perioperative Hypothermie“**
  
- G. Gesamtliteraturverzeichnis**



## **Anhang D**

### **Checkliste für das Pflegepersonal**

Autoren: Welk/Bein

#### **Perioperatives Wärmemanagement - Maßnahmen zur Vermeidung einer unerwünschten perioperativen Hypothermie**

##### ***Checkliste für das Pflegepersonal***

Alle Patienten, die sich einer Anästhesie unterziehen müssen, haben das Risiko eine perioperative Hypothermie zu erleiden. Hypothermie kann zu Komplikationen mit erheblichen Konsequenzen für den Patienten und den Heilungsverlauf führen (z.B. Störungen der Blutgerinnung, Wundheilungsstörungen, Infektionen, kardiale Komplikationen, Shivering, verlängerte Verweildauer auf der Intensivstation und im Krankenhaus). Maßnahmen zum Erhalt der Normothermie haben das Ziel, diese Komplikationen zu vermeiden und zu einer Verbesserung des Behandlungsergebnisses beizutragen.

**Die Körpertemperatur ist ein wichtiger Vitalparameter!**

Diese Checkliste soll helfen, die empfohlenen Maßnahmen zur Vermeidung einer unerwünschten perioperativen Hypothermie zusammenzufassen, damit ihre Anwendung und Umsetzung zu erleichtern und so das perioperative Wärmemanagement zu verbessern.

## **Checkliste Perioperatives Wärmemanagement für das Pflegepersonal**

**1. Patienten über das Risiko der Hypothermie informiert und angehalten, sich selbst warm zu halten?**

ja       nein

**2. Messung der Körpertemperatur präoperativ ca. 1 h vor Transport in den OP erfolgt?** (Möglichst orale Messung in der hinteren sublingualen Tasche)

ja       nein

Information Anästhesist erfolgt, falls Körpertemperatur < 36 °C oder > 37,5 °C

**3. Bei Patienten mit einer Körpertemperatur  $\leq 37,5$  °C: Prewarming (für mindestens 10 Minuten) vor Anästhesiebeginn erfolgt?**

ja       nein

**5. Intraoperative aktive Wärmung mittels Standardsystem erfolgt?**

ja       nein

**6. Intraoperative Infusionswärmung bei Infusionsmenge > 500 ml/h erfolgt?**

ja       nein

**7. Intraoperative Temperaturmessung (mindestens alle 15 Min.) erfolgt?**

ja       nein

**8. Temperaturmessung bei postoperativer Übernahme in Aufwachraum / ICU erfolgt?**

ja       nein

**Falls < 36 °C: Information Anästhesist erfolgt und aktive Wärmung fortgesetzt?**

ja       nein

**9. Temperaturmessung bei Verlegung auf die nachsorgende Organisationseinheit erfolgt?**

ja       nein

**Falls < 36 °C: (ACHTUNG: Verlegung nur im Ausnahmefall nach Rücksprache!)**

# Anhang E

## Standard Operating Procedure (SOP) für Pflegekräfte/ Ärzte

### Perioperatives Wärmemanagement - Maßnahmen zur Vermeidung einer unerwünschten perioperativen Hypothermie

Autoren: Welk/Bein

Erstellt am:		Geändert am:		Freigabe am:	
Erstellt von:		Geändert von:		Freigabe von:	
Doku. Nr.:		Art:	SOP	Gültig bis:	
Titel:	<b>Perioperatives Wärmemanagement</b>				

#### Einleitung

Alle Patienten, die sich einer Allgemein- oder rückenmarksnahen Regionalanästhesie unterziehen müssen, haben das Risiko eine perioperative Hypothermie zu erleiden. Hypothermie kann zu Komplikationen mit erheblichen Konsequenzen für den Patienten und seinen Heilungsverlauf führen (z.B. Störungen der Blutgerinnung, Wundheilungsstörungen, Infektionen, kardiale Komplikationen, Shivering, verlängerte Verweildauer auf der Intensivstation und im Krankenhaus). Maßnahmen zum Erhalt der Normothermie haben das Ziel, diese Komplikationen zu vermeiden und zu einer Verbesserung des Behandlungsergebnisses beizutragen.

#### Ziele

Durch die Etablierung einer Handlungsanweisung zum perioperativen Wärmemanagement sollen Krankenhausprozesse standardisiert und optimiert und die Patientensicherheit verbessert werden.

Diese SOP basiert auf den Empfehlungen der interdisziplinären S3-Leitlinie „Vermeidung von perioperativer Hypothermie“.

## **Geltungsbereich**

Pflegekräfte, Ärzte, am Versorgungsprozess beteiligte Berufsgruppen (OP-Pflege, Anästhesiepflege, OTA, ATA, operativ tätige Kollegen)

## **Kernelemente in der präoperativen Phase**

- Patientenedukation (Beratung und Training bei Aufnahme auf die Station), sich vor der Operation möglichst warm zu halten
- Patiententemperatur ca. 1 Stunde vor der Operation messen. Die Messung erfolgt sublingual.
- Patienten präoperativ auf der Bettenstation, während des Transportes, in der Holding-Area und im Anästhesie-Einleitungsraum warm halten – Isolation optimieren und Kälteexposition vermeiden.
- Patienten vor Beginn der Anästhesie aktiv vorwärmen (Prewarming). Ideale Dauer: 20 Minuten)

## **Kernelemente der operativen Phase**

- Saaltemperatur mindestens 21 °C
- Aktive Wärmung für alle Patienten mit erwarteter OP-Dauer > 30 Minuten
- Isolation der disponierten Körperstellen
- Kontinuierliche Messung der Körperkerntemperatur (nasopharyngeal, ösophageal, rektal, vesikal) unter Berücksichtigung des Operationszugangs
- Infusionswärmung bei einem Infusionsvolumen > 500 ml/h ergänzend zur aktiven Wärmung (Inline-Wärmung des zuführenden Infusionsschlauches bzw. Applikation 38 - 40°C warmer Infusionen)
- Ausschließliche Verwendung gewärmter Spüllösungen

## **Kernelemente der postoperativen Phase**

- Temperaturmessung bei Aufnahme und bei Verlegung aus dem Aufwachraum (sublinguale Messung)
- Aktive Wärmung im Aufwachraum bei Körpertemperatur < 36°C
- Ergänzende Therapie bei Shivering entsprechend den Empfehlungen der S3-Leitlinie (aktive Wärmung, zusätzlich medikamentöse Therapie, z.B. mit Clonidin oder Pethidin) erwägen, Cave: „off-label-use“, individuelle Risiko/Nutzen-Abwägung zwingend)
- Verlegung aus dem Aufwachraum erst bei Normothermie

## Anhang F

### Patienteninformation „Perioperative Hypothermie“

Autoren: Welk/Bein

#### *Patienteninformation*

#### **Wir informieren Sie zum Thema: Körpertemperatur während der Narkose/Operation/Intervention („perioperative Hypothermie“)**

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

die sogenannte "perioperative Hypothermie", also das unbeabsichtigte Absinken der Körpertemperatur unter 36 Grad Celsius während einer Operation, kann bei Patienten/innen zu gesundheitlichen Komplikationen führen.

#### **Was versteht man unter perioperativer Hypothermie und welche Risikofaktoren gibt es?**

Während der meisten Operationen kommt es zu einer Auskühlung der Patienten/innen. Dies geschieht unter anderem durch die Weitstellung der Blutgefäße der Haut durch die Narkosemedikamente bei einer Vollnarkose (Allgemeinanästhesie), aber auch bei sog. Regionalanästhesien (Teilnarkosen). Diese verstärkte Hautdurchblutung führt zu einem Verlust der Körperwärme. Hinzu kommt, dass Operationsräume aus hygienischen Gründen eine besondere Klimatisierung mit einem hohen Luftumsatz haben müssen, welche den Wärmeverlust noch verstärkt. Umfangreiche Operationen fördern das Auskühlen, da beispielsweise über große Wundflächen Körperwärme verloren geht.

#### **Welche unerwünschten Auswirkungen kann eine perioperativ aufgetretene Hypothermie haben?**

Diese unbeabsichtigte Auskühlung (medizinisch als Hypothermie bezeichnet) kann potenziell zu Komplikationen führen, z.B. zu Störungen der Blutgerinnung mit erhöhter Blutungsneigung, Verzögerung der Wundheilung mit erhöhter Infektionsanfälligkeit der Wunde nach der Operation, Herzrhythmusstörungen und einem verlangsamten Abbau von Medikamenten.

Auskühlung macht sich nach der Operation durch Muskelzittern mit Frieren bemerkbar. Durch das Zittern versucht der Körper Wärme zu produzieren. Muskelzittern kann zu einer Störung des persönlichen Wärmekomforts führen. Außerdem wird durch das Zittern viel Sauerstoff und Energie verbraucht, was bei Vorliegen bestimmter Vorerkrankungen (z.B. koronarer Herzkrankheit) zu erheblichen Beschwerden führen kann.

Der Wärmeerhalt dient also nicht nur Ihrem persönlichen Wohlbefinden, sondern ist auch aus medizinischen Gründen wichtig. Infektionen und andere Komplikationen treten nach der Operation seltener auf und die Heilungsphase verläuft schneller. Aus diesem Grund kümmert sich das Anästhesie-Team (Ärzte und Pflegekräfte) auch vor, während und nach der Operation/Anästhesie um den Erhalt bzw. das Wiedererlangen ihrer optimalen Wohlfühl-Körpertemperatur.

### **Welche Möglichkeiten gibt es, die perioperative Auskühlung zu verhüten bzw. zu behandeln?**

Um der Gefahr einer Auskühlung zu begegnen, finden an unserem Klinikum/an unserem Krankenhaus spezielle Schulungen des beteiligten Personals statt.

In diesen Schulungen erfährt das Personal, wie es zu Auskühlungen kommen kann und was dagegen zu tun ist.

Unsere Mitarbeiter sollen Sie, wann immer möglich, zur aktiven Mitarbeit anhalten, um unbeabsichtigte Wärmeverluste zu minimieren. Die Berücksichtigung des individuellen, subjektiven Temperaturbefindens führt zur Steigerung Ihrer Zufriedenheit bei der Anwendung von aktiven Wärmesystemen.

Bewährt haben sich hierbei z.B. Geräte, bei denen die Patienten/innen von gewärmter Luft in speziellen Decken kontinuierlich umströmt werden. Ihre Verwendung erfolgt bereits vor Beginn der Narkose, in der Regel im Wartebereich vor dem OP-Saal (sog. Prewarming = Vorwärmen). Alternativ kommen auch (meist elektrische) Wärmedecken zum Einsatz. Hierdurch kann die Auskühlung des Körpers vermindert bzw. vollständig vermieden werden. Vor Beginn des Wärmens wird bei Ihnen die Körperkerntemperatur durch eine Pflegekraft gemessen.

### **Was können und sollen Sie beitragen?**

Sie können Ihren persönlichen Wärmekomfort unterstützen, indem Sie vor der Operation möglichst in Ihrem Bett (Bettwärme) zugedeckt bleiben, um

Wärmeverluste zu reduzieren. Vermeiden Sie bitte auch den Bodenkontakt mit bloßen Füßen. Bei einigen ambulanten Operationen, z.B. Eingriffen an der Hand, fragen Sie bitte auch, ob Sie Ihre Socken und Unterwäsche evtl. anbehalten können. Während der Operation wird die aktive Wärmezufuhr weiter mittels angewärmter Luft aufrechterhalten und die Körperkerntemperatur regelmäßig überwacht. Meist wird der Wärmeerhalt durch weitere Maßnahmen unterstützt (z.B. Verwendung von vorgewärmten Infusionslösungen).

Nach der Operation wird das Wärmemanagement im Aufwachraum bzw. auf der Intensivstation weitergeführt und Ihre Körpertemperatur regelmäßig überwacht. Befindet sich die Körperkerntemperatur im Normbereich und fühlen Sie sich wohl, werden Sie auf Ihre Station zurückverlegt.

Bei Fragen wenden Sie sich gern an das Pflegepersonal oder ihre behandelnden Ärzte auf Ihrer Station bzw. im Aufwachraum / OP!

**Wir wünschen Ihnen alles Gute und baldige Genesung!**

## Anhang G

### Gesamtliteraturverzeichnis

1. Torossian A. *Survey on intraoperative temperature management in Europe.* Eur J Anaesthesiol 2007; **24**:668-75.
2. NICE. *Perioperative hypothermia (inadvertent): the management of inadvertent perioperative hypothermia in adults.* NICE Clinical Guideline 65, 2008. **29**; Addendum 65.1 Dec. 2016. <https://www.nice.org.uk/>
3. The Joanna Briggs Institute. Univ. of Adelaide, Australia. *Strategies for the management and prevention of hypothermia within the adult perioperative environment.* 2010.
4. Forbes SS et al. *Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia.* J Am Coll Surg 2009; **209**:492-503.
5. Hooper VD et al. *ASPAN's evidence-based clinical practice guideline for the promotion of perioperative normothermia: second edition.* J Perianesth Nurs 2010; **25**:346-65.
6. Sawyer M, Danielson D, Degnan B et al. Institute for Clinical Systems Improvement. *Periop. Protocol 2012*  
[https://www.icsi.org/\\_asset/0c2xkr/Periop.pdf](https://www.icsi.org/_asset/0c2xkr/Periop.pdf)
7. Barnason S, Williams J, Proehl J et al. *Emergency nursing resource: non-invasive temperature measurement in the emergency department.* J Emerg Nurs 2012; **38**:523-30
8. Sund-Levander M, Forsberg C, Wahren LK, *Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review.* Scand J Caring Sci 2002; **16**:122-8.
9. Wunderlich C. *Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten.* ed. O. Wigard. 1868, Leipzig.
10. Mackowiak PA, Wasserman SS, Levine MM. *A critical appraisal of 98.6°F, the upper limit of the normal body temperature, and other legacies of Carl Reinhold August Wunderlich.* JAMA 1992; **268**:1578-80.
11. Kelly G. *Body temperature variability (Part 1): a review of the history of body temperature and its variability due to site selection, biological rhythms, fitness, and aging.* Altern Med Rev 2006; **11**:278-93.



12. Mackowiak PA et al. *Concepts of fever: recent advances and lingering dogma.* Clin Infect Dis 1997; **25**:119-38.
13. Schmidt RF, Lang F (Hrsg.). *Physiologie des Menschen.* 2007 Springer-Medizin-Verlag, Heidelberg:913-5.
14. Sessler DI. *Temperature monitoring and perioperative thermoregulation.* Anesthesiology 2008; **109**:318-38.
15. Sessler DI. *Perianesthetic thermoregulation and heat balance in humans.* Faseb J 1993; **7**:638-44.
16. Beck G, Becke K, Biermann E et al. *Mindestanforderungen an den anästhesiologischen Arbeitsplatz.* Anästh Intensivmed 2013; 54:39-42.
17. Hooper VD, Andrews JO. *Accuracy of noninvasive core temperature measurement in acutely ill adults: the state of the science.* Biol Res Nurs 2006; **8**:24-34.
18. Kimberger O, Saager L, Egan C et al. *The accuracy of a disposable non-invasive core thermometer.* Can J Anaesth 2013; 60:1190-6.
19. Eshragi Y, Nasr V, Parra-Sanchez I et al. *An evaluation of a zero-heat-flux cutaneous thermometer in cardiac surgical patients.* Anesth Analg 2014; 119:543-9.
20. Iden T, Horn EP, Bein B et al. *Intraoperative temperature monitoring with zero heat flux technology (3M SpotOn sensor) in comparison with sublingual and nasopharyngeal temperature: An observational study.* Eur J Anaesthesiol 2015; 32:387-91.
21. Mäkinen MT, Pesonen A, Jousela I et al. *Novel zero-heat-flux deep body temperature measurement in lower extremity vascular and cardiac surgery.* J Cardiothorac Vasc Anesth 2016; 30:973-8.
22. Wang M, Singh A, Qureshi H et al. *Optimal depth for nasopharyngeal temperature probe positioning.* Anesth Analg 2016; 122:1434-8
23. Lawson L et al. *Accuracy and precision of noninvasive temperature measurement in adult intensive care patients.* Am J Crit Care 2007; **16**:485-96.
24. Snoek AP, Saffar E. *Agreement between lower esophageal and nasopharyngeal temperatures in children ventilated with an endotracheal tube with leak.* Paediatr Anaesth 2016; 26:213-20.
25. Craig JV et al. *Infrared ear thermometry compared with rectal thermometry in children: a systematic review.* Lancet 2002; **360**:603-9.

26. Lefrant JY et al. *Temperature measurement in intensive care patients: comparison of urinary bladder, oesophageal, rectal, axillary, and inguinal methods versus pulmonary artery core method.* Intensive Care Med 2003; **29**:414-8.
27. Geijer H, Udumyan R, Lohse G et al. *Temperature measurements with a temporal scanner: systematic review and meta-analysis.* BMJ Open 2016; 6:e009509.
28. Erickson R. *Oral temperature differences in relation to thermometer and technique.* Nurs Res 1980; **29**:157-64.
29. Höcker J et al. *Correlation, accuracy, precision and practicability of perioperative measurement of sublingual temperature in comparison with tympanic membrane temperature in awake and anaesthetised patients.* Eur J Anaesthesiol 2012; **29**:70-4.
30. Torossian A. *Monitoring in der Anästhesie. Perioperatives Temperaturmonitoring.* Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2008; **43**:397-9.
31. Bräuer A et al. *Genauigkeit der Blasentemperaturmessung bei intraabdominellen Eingriffen.* Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2000; **35**:435-39.
32. Fritz U et al. *Infrarot-Temperaturmessung in Gehörgang mit dem DIATEK 9000 Instatemp und dem DIATEK 9000 Thermoguide. Einflussgrößen und Vergleich mit anderen Methoden der Temperaturmessung des Körperkerns.* Anaesthesist 1996; **45**:1059-66.
33. Ogren JM. *The inaccuracy of axillary temperatures measured with an electronic thermometer.* Am J Dis Child 1990; **144**:109-11.
34. Tan GM, Galinkin JL, Pan Z et al. *Laryngeal view and temperature measurements while using the perilaryngeal airway (Cobra-PLUS™) in children.* Paediatr Anaesth 2013; 23:1180-6.
35. Niven DJ, Gaudet JE, Laupland KB et al. *Accuracy of peripheral thermometers for estimating temperature: a systematic review and meta-analysis.* Ann Intern Med 2015; 163:768-77.
36. Collins S, Budds M, Raines C, Hooper V. *Risk factors for perioperative hypothermia: A literature review.* J Perianesth Nurs 2018; doi: 10.1016/j.jopan2018.06.003

37. Kiekkas P, Fligou F, Igoumenidis M et al. Inadvertent hypothermia and mortality in critically ill adults: Systematic review and meta-analysis. *Austral Crit Care* 2018; 31:12-22.
38. Scott EM, Buckland R. *A systematic review of intraoperative warming to prevent postoperative complications*. *AORN J* 2006; **83**:1090-104, 1107-13.
39. Rajagopalan S et al. *The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement*. *Anesthesiology* 2008; **108**:71-7.
40. Romlin B, Petruson K, Nilsson K. *Moderate superficial hypothermia prolongs bleeding time in humans*. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007; 51:198-201
41. Frank SM et al. *Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events: A randomized clinical trial*. *JAMA* 1997; **277**:1127-34.
42. Melling AC et al. *Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomised controlled trial*. *Lancet* 2001; **358**:876-80.
43. Heier T et al. *Mild intraoperative hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide-isoflurane anesthesia in humans*. *Anesthesiology* 1991; **74**:815-9.
44. Boelhouwer RU, Bruining HA, Ong GL. *Correlations of serum potassium fluctuations with body temperature after major surgery*. *Crit Care Med* 1987; **15**:310-2.
45. Sessler DI. *Mild perioperative hypothermia*. *N Engl J Med* 1997; **336**: 1730-7.
46. Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography et al. *ACC/AHA 2007 Guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines*. *Anesth Analg* 2008; **106**:685-712.
47. Elmore JR et al. *Normothermia is protective during infrarenal aortic surgery*. *J Vasc Surg* 1998; **28**:984-92; discussion 992-4.
48. Wong PF et al. *Randomized clinical trial of perioperative systemic warming in major elective abdominal surgery*. *Br J Surg* 2007; **94**:421-6.
49. Schmied H et al. *Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty*. *Lancet* 1996; **347**:289-92.

50. Kurz A et al. *Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization.* N Engl J Med 1996; **334**:1209-15.
51. Alfonsi P et al. *Effect of postoperative skin-surface warming on oxygen consumption and the shivering threshold.* Anaesthesia 2003; **58**:1228-34.
52. Connelly L, Cramer E, DeMott Q et al. *The optimal time and method for surgical prewarming: A comprehensive review of the literature.* J Perianaesth Nurs 2017;199-209.
53. de Brito Poveda V, Clark AM, Galvao CM. *A systematic review on the effectiveness of prewarming to prevent perioperative hypothermia.* J Clin Nurs 2013; **22**:906–18.
54. Menzel M, Grote R, Leuchtman D et al. *Implementation of a thermal management concept to prevent perioperative hypothermia: Results of a 6-month period in clinical practice.* Anaesthesist 2016; 65:423-9.
55. Rosenkilde C, Vamosi M, Lauridsen JT, Hasfeldt D. *Efficacy of prewarming with a self-warming blanket for the prevention of unintended perioperative hypothermia in patients undergoing hip or knee arthroplasty.* J Perianesth Nurs 2017; 32:419-28
56. Torossian A, van Gerven E, Geertsen K et al. *Active perioperative patient warming using a self-warming blanket (BARRIER EasyWarm) is superior to passive thermal insulation: a multinational, multicenter, randomized trial.* J Clin Anesth 2016; 34:547-54.
57. Emmert A, Franke R, Brandes IF et al. *Comparison of conductive and convective warming in patients undergoing video-assisted thoracic surgery: A prospective randomized clinical trial.* Thorac Cardiovasc Surg 2017; 65:362-6.
58. Emmert A, Gries G, Wand S et al. *Association between perioperative hypothermia and patient outcomes after thoracic surgery: A single center retrospective analysis.* Medicine 2018; 97:e0528
59. Sessler DI, Schroeder M, Merrifield B et al. *Optimal duration and temperature of prewarming.* Anesthesiology 1995; 82:674-81.
60. Bräuer A et al. *Preoperative prewarming as a routine measure. First experiences.* Anaesthesist 2010; **59**:842-50.
61. Horn EP et al. *The effect of short time periods of pre-operative warming in the prevention of peri-operative hypothermia.* Anaesthesia 2012; **67**:612-7.

62. Jo YY, Chang YJ, Kim YB et al. *Effect of Preoperative Forced-Air Warming on Hypothermia in Elderly Patients Undergoing Transurethral Resection of the Prostate*. Urol J 2015; 12:2366-70.
63. Fossum S, Hays J, Henson MM. *A comparison study on the effects of prewarming patients in the outpatient surgery setting*. J Perianesth Nurs 2001; **16**:187-94.
64. Andrzejowski J et al. *Effect of prewarming on post-induction core temperature and the incidence of inadvertent perioperative hypothermia in patients undergoing general anaesthesia*. Br J Anaesth 2008; **101**:627-31.
65. Vanni SM et al. *Preoperative combined with intraoperative skin-surface warming avoids hypothermia caused by general anesthesia and surgery*. J Clin Anesth 2003; **15**:119-25.
66. Brandes IF et al. *Intensified thermal management for patients undergoing transcatheter aortic valve implantation (TAVI)*. J Cardiothorac Surg 2011; **6**:117.
67. Erdling A, Johansson A. *Core temperature- the intraoperative difference between esophageal versus nasopharyngeal temperatures and the impact of prewarming, age, and weight: a randomized clinical trial*. AANA J 2015; 83:99-105.
68. Nicholson M. *A comparison of warming interventions on the temperatures of inpatients undergoing colorectal surgery*. AORN 2013; 97:310-22.
69. Horn EP, Bein B, Broch O et al. *Warming before and after epidural block before general anaesthesia for major abdominal surgery prevents perioperative hypothermia: A randomized controlled trial*. Eur J Anaesthesiol 2016; 33:334-40.
70. Constantine RS, Kenkel M, Hein RE et al. *The impact of perioperative hypothermia on plastic surgery outcomes: a multivariate logistic regression of 1062 cases*. Aesthet Surg J 2015; 35:81-8.
71. Mehta SP. *Burn injuries from warming devices in the operating room*. ASA Monitor 2013; 77:16-7. <http://monitor.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=2431432>
72. Görges M, West NC, Cheung W et al. *Preoperative warming and undesired surgical and anesthesia outcomes in pediatric spinal surgery- aretrospective cohort study*. Paediatr Anaesth 2016; 26:866-75.

73. Darvall J, Vijayakumar R, Leslie K. *Prewarming neurosurgical patients to minimize hypotension on induction of anesthesia: a randomized trial.* Can J Anaesth 2016; 63:577-83.
74. Akhtar Z, Hesler BD, Fiffick AN et al. *A randomized trial of prewarming on patient satisfaction and thermal comfort in outpatient surgery.* J Clin Anesth 2016; 33:376-85
75. Horn EP et al. *Active warming during cesarean delivery.* Anesth Analg 2002; 94:409-14.
76. Chung SH et al. *Effect of preoperative warming during cesarean section under spinal anesthesia.* Korean J Anesthesiol 2012; **62**:454-60.
77. Fettes S, Mulvaine M, van Doren E. *Effect of preoperative forced-air warming on postoperative temperature and postanesthesia care unit length of stay.* AORN 2013; 97:323-8.
78. Wasfie TJ, Barber KR. *Value of extended warming in patients undergoing elective surgery.* Int Surg 2015; 100:105-8.
79. De Witte JL, Demeyer C, Vandemaele E. *Resistive-heating or forced-air warming for the prevention of redistribution hypothermia.* Anesth Analg 2010; **110**:829-33.
80. Kim EJ, Yoon H. *Preoperative factors affecting the intraoperative core body temperature in abdominal surgery under general anesthesia: an observational cohort.* Clin Nurse Spec 2014; 28:266-76
81. Perl T, Peichl LH, Reyntjens K et al. *Efficacy of a novel prewarming system in the prevention of perioperative hypothermia. A prospective, randomized, multicenter study.* Minerva Anesthesiol 2014; 80:436-43.
82. Waeschle RM, Russo SG, Sliwa B et al. *Perioperative thermal management in Germany varies depending on the hospital size.* Anaesthesist 2015; 64:612-22.
83. Grote R, Wetz AJ, Bräuer A, Menzel M. *Prewarming according to the AWMF S3 guidelines on preventing inadvertent perioperative hypothermia 2014: Retrospective analysis of 7786 patients.* Anaesthesist 2018; 67:27-33.
84. Horn EP et al. *Untersuchung zur Umsetzung der S3 Leitlinie zur Vermeidung intraoperativer Hypothermie in 26 Schleswig-Holsteiner Krankenhäusern.* DAC Abstract CD 2017.

85. Deren ME et al. *Prewarming Operating Rooms for Prevention of Intraoperative Hypothermia During Total Knee and Hip Arthroplasties*. J Arthroplasty 2011.
86. El-Gamal N et al. *Age-Related Thermoregulatory Differences in a Warm operating Room Environment (Approximately 26°C)*. Anesth Analg 2000; **90**:694-8.
87. Mora R, English MJM, Athienitis AK. *Assessment of thermal comfort during surgical operations*. ASHRAE Transactions 2001; **108**:52-62.
88. Deutsche Industrie Norm (DIN 1946-4:2008-12): *Raumluftechnik - Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens*. 2008.
89. Pei L, Huang Y, Xu Y et al. *Effects of ambient temperature and forced-air warming on intraoperative core temperature: a factorial randomized trial*. Anesthesiology 2018; 128:903-11.
90. Bräuer A et al. *What determines the efficacy of forced-air warming systems? A manikin evaluation with upper body blankets*. Anesth Analg 2009; **108**:192-98.
91. Ihn CH et al. *Comparison of three warming devices for the prevention of core hypothermia and post-anaesthesia shivering*. J Int Med Res 2008; **36**:923-31.
92. Moola S, Lockwood C. *Effectiveness of strategies for the management and/or prevention of hypothermia within the adult perioperative environment*. Int J Evid Based Healthc 2011; **9**:337-45.
93. Galvao CM, Liang Y, Clark AM. *Effectiveness of cutaneous warming systems on temperature control: meta-analysis*. J Adv Nurs 2010; **66**:1196-1206.
94. Sajid MS et al. *The role of perioperative warming in surgery: a systematic review*. Sao Paulo medical journal = Revista paulista de medicina 2009; **127**: 231-7.
95. Salazar F et al. *Intraoperative warming and post-operative cognitive dysfunction after total knee replacement*. Acta Anaesthesiol Scand 2011; **55**:216-22.
96. Yoo HS et al. *The effect of forced-air warming during arthroscopic shoulder surgery with general anesthesia*. Arthroscopy 2009; **25**:510-4.
97. Pham AK. *Distinctive cutaneous findings due to a rare complication from a warming device*. J Am Acad Dermatol 2014; 71:e76-e77.
98. Huang JK et al. *The Bair Hugger patient warming system in prolonged vascular surgery: an infection risk?* Crit Care 2003; **7**:R13-6.

99. Tumia N, Ashcroft GP. *Convection warmers--a possible source of contamination in laminar airflow operating theatres?* J Hosp Infect 2002; **52**:171-4.
100. Sharp RJ, Chesworth T, Fern ED. *Do warming blankets increase bacterial counts in the operating field in a laminar-flow theatre?* J Bone Joint Surg Br 2002; **84**:486-8.
101. Zink RS, Iazzo PA. *Convective warming therapy does not increase the risk of wound contamination in the operating room.* Anesth Analg 1993; **76**:54-62.
102. Oguz R, Diab-Elschahawi M, Berger J et al. *Airborne bacterial contamination during orthopedic surgery: A randomized controlled pilot trial.* J Clin Anesth 2017; **38**:160-4.
103. Shirozu K, Kai T, Setoguchi H et al. *Effects of forced air warming on airflow around the operating table.* Anesthesiology 2018; **128**:79-84.
104. Vonberg RP, Gastmeier P. *Prevention of surgical site infections in bone and joint procedures.* Curr Infect Dis Rep 2012; **14**:576-84.
105. Vanni SMD et al. *Preoperative warming combined with intraoperative skin-surface warming does not avoid hypothermia caused by spinal anesthesia in patients with midazolam premedication.* Sao Paulo Med J 2007; **125**:144-9.
106. Shorrab AA et al. *Prevention of hypothermia in children under combined epidural and general anesthesia: a comparison between upper- and lower-body warming.* Pediatr Anesth 2007; **17**:38-43.
107. Engelen S et al. *Resistive heating during off-pump coronary bypass surgery.* Acta Anaesthesiol. Belg 2007; **58**:27-31.
108. Grocott HP et al. *A randomized controlled trial of the Arctic Sun Temperature Management System versus conventional methods for preventing hypothermia during off-pump cardiac surgery.* Anesth Analg 2004; **98**:298-302.
109. Smith CE et al. *Preventing hypothermia: convective and intravenous fluid warming versus convective warming alone.* J Clin Anesth 1998. **10**:380-5.
110. Leben J, Tryba M. *Prevention of hypothermia during surgery. Contribution of convective heating system and warm infusion.* Ann NY Acad Sci 1997; **813**: 807-11.
111. Inaba K et al. *Prospective evaluation of ambient operating room temperature on the core temperature of injured patients undergoing emergent surgery.* J Trauma Acute Care Surg 2012; **73**:1478-83.



112. Kim YS et al. *Intra-operative Warming with a Forced-air Warmer in Preventing Hypothermia after Tourniquet Deflation in Elderly Patients*. J Int Med Res 2009; **37**:1457-64.
113. Fanelli A et al. *The efficacy of a resistive heating under-patient blanket versus a forced-air warming system: a randomized controlled trial*. Anesth Analg 2009; **108**:199-201.
114. Calcaterra D et al. *Reduction of postoperative hypothermia with a new warming device: a prospective randomized study in off-pump coronary artery surgery*. J Cardiovasc Surg 2009; **50**:813-7.
115. Bock M et al. *Effects of preinduction and intraoperative warming during major laparotomy*. Br J Anaesth 1998; **80**:159-63.
116. Perez-Protto S et al. *Circulating-water garment or the combination of a circulating-water mattress and forced-air cover to maintain core temperature during major upper-abdominal surgery*. Br J Anaesth 2010; **105**:466-70.
117. Ng SF et al. *A comparative study of three warming interventions to determine the most effective in maintaining perioperative normothermia*. Anesth Analg 2003; **96**:171-6.
118. Ng V, Lai A, Ho V. *Comparison of forced-air warming and electric heating pad for maintenance of body temperature during total knee replacement*. Anaesthesia 2006; **61**:1100-4.
119. Fallis WM et al. *Maternal and newborn outcomes related to maternal warming during cesarean delivery*. J Obstet Gynecol Neonatal Nurs 2006; **35**:324-31.
120. Cavallini M, Baruffaldi Preis FW, Casati A. *Effects of mild hypothermia on blood coagulation in patients undergoing elective plastic surgery*. Plast Reconstr Surg 2005; **116**:316-21; discussion 322-3.
121. Negishi C et al. *Resistive-heating and forced-air warming are comparably effective*. Anesth Analg 2003; **96**:1683-7.
122. Motamed C et al. *Core and thenar skin temperature variation during prolonged abdominal surgery: comparison of two sites of active forced air warming*. Acta Anaesthesiol Scand 2000; **44**:249-54.
123. Bräuer A et al. *Stellenwert eines reflektierenden Isolationsmaterials (Thermadrape) zur Verhinderung intraoperativer Hypothermie*. Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2000; **35**:756-62.

124. Johansson T, Lisander B, Ivarsson I. *Mild hypothermia does not increase blood loss during total hip arthroplasty.* Acta Anaesthesiol Scand 1999; **43**: 1005-10.
125. Casati A et al. *Effects of sympathetic blockade on the efficiency of forced-air warming during combined spinal-epidural anesthesia for total hip arthroplasty.* J Clin Anesth 1999; **11**:360-3.
126. Russell SH, Freeman JW. *Prevention of hypothermia during orthotopic liver transplantation: Comparison of three different intraoperative warming methods.* Br J Anaesth 1995; **74**:415-8.
127. Borms SF et al. *Bair hugger forced-air warming maintains normothermia more effectively than thermo-lite insulation.* J Clin Anesth 1994; **6**:303-7.
128. Kurz A et al. *Forced-air warming maintains intraoperative normothermia better than circulating-water mattresses.* Anesth Analg 1993; **77**:89-95.
129. Hynson J, Sessler DI. *Intraoperative warming therapies: A comparison of three devices.* J Clin Anesth 1992; **4**:194-9.
130. Stoneham M, Howell S, Neill F. *Heat loss during induction of anaesthesia for elective aortic surgery.* Anaesthesia 2000; **55**:79-82.
131. Bräuer A et al. *Comparison of forced-air warming systems with lower body blankets using a copper manikin of the human body.* Acta Anaesthesiol Scand 2003; **47**:58-64.
132. Bräuer A et al. *Comparison of forced-air warming systems with upper body blankets using a copper manikin of the human body.* Acta Anaesthesiol Scand 2002; **46**:965-72.
133. Bräuer A et al. *Efficacy of forced-air warming systems with full body blankets.* Can J Anaesth 2007; **54**:34-41.
134. Bräuer A et al. *Conductive heat exchange with a gel-coated circulating water mattress.* Anesth Analg 2004; **99**:1742-6.
135. English MJM, Farmer C, Scott WAC. *Heat loss in exposed volunteers.* J Trauma 1990; **30**:422-5.
136. Hasegawa K et al. *Core temperatures during major abdominal surgery in patients warmed with new circulating-water garment, forced-air warming, or carbon-fiber resistive-heating system.* J Anesth 2012; **26**:168-73.
137. Brandt S et al. *Resistive-polymer versus forced-air warming: comparable efficacy in orthopedic patients.* Anesth Analg 2010; **110**:834-8.

138. Matsuzaki Y et al. *Warming by resistive heating maintains perioperative normothermia as well as forced air heating.* Br J Anaesth 2003; **90**:689-91.
139. Pagnocca ML, Tai EJ, Dwan JL. *Temperature control in conventional abdominal surgery: comparison between conductive and the association of conductive and convective warming.* Rev Bras Anesthesiol 2009; **59**:61.
140. Zeba S, Surbatovic M, Marjanovic M et al. *Efficacy of external warming in attenuation of hypothermia in surgical patients.* Vojnosanit Pregl 2016; **73**:566-71.
141. Tanaka N, Ohno Y, Hori et al. *A randomised controlled trial of the resistive heating blanket versus the convective warming system for preventing hypothermia during major abdominal surgery.* J Perioper Pract 2013; **23**:82-6.
142. Acikel C, Kale B, Celikoz B. *Major thermal burn due to intraoperative heating blanket malfunction.* Burns 2002; **28**:283-4.
143. Perl T et al. *Conductive warming and insulation reduces perioperative hypothermia.* Central Eur J Med 2012; **7**:284-9.
144. Egan C et al. *A Randomized Comparison of Intraoperative PerfectTemp and Forced-Air Warming During Open Abdominal Surgery.* Anesth Analg 2011; **113**:1076-81.
145. Brandes IF, Müller C, Perl T et al. *Efficacy of a novel warming blanket: prospective randomized trial.* Anaesthesist 2013; **62**:137-22.
146. Anonymus. *International Standard CEI/IEC 601-2-35 Ed2.0: medical electrical equipment-part 2. Particular requirements for the safety of blankets, pads and mattresses, intended for heating in medical use.* 2009:1.
147. Sury MR, Scuplak S. *Water-filled garment warming of infants undergoing open abdominal or thoracic surgery.* Pediatr Surg Int 2006; **22**:182-5.
148. Neshar N et al. *Thermo-wrap technology preserves normothermia better than routine thermal care in patients undergoing off-pump coronary artery bypass and is associated with lower immune response and lesser myocardial damage.* J Thorac Cardiovasc Surg 2005; **129**:1371-8.
149. Neshar N et al. *A new thermoregulation system for maintaining perioperative normothermia and attenuating myocardial injury in off-pump coronary artery bypass surgery.* Heart Surg Forum 2002; **5**:373-80.

150. Janicki PK et al. *Water warming garment versus forced air warming system in prevention of intraoperative hypothermia during liver transplantation: a randomized controlled trial.* BMC Anesthesiology 2002; **2**.
151. Neshar N et al. *A novel thermoregulatory system maintains perioperative normothermia in children undergoing elective surgery.* Paediatr Anaesth 2001; **11**:555-60.
152. Neshar N et al. *Novel thermoregulation system for enhancing cardiac function and hemodynamics during coronary artery bypass graft surgery.* Ann Thorac Surg 2001; **72**:S1069-76.
153. English MJ, Hemmerling TM. *Heat transfer coefficient: Medivance Arctic Sun Temperature Management System vs. water immersion.* Eur J Anaesthesiol 2008; **25**:531-7.
154. Bräuer A, Zink W, Timmermann A et al. *Prevention of perioperative hypothermia during off-pump coronary artery bypass surgery.* Anästh Intensivmed 2011; 52:251-62.
155. Gali B, Findlay JY, Plevak DJ. *Skin injury with the use of a water warming device.* Anesthesiology 2003; **98**:1509-10.
156. Andrzejowski JC et al. *A randomised single blinded study of the administration of pre-warmed fluid vs active fluid warming on the incidence of peri-operative hypothermia in short surgical procedures.* Anaesthesia 2010; **65**:942-5.
157. Yokoyama K et al. *Effect of administration of pre-warmed intravenous fluids on the frequency of hypothermia following spinal anesthesia for Cesarean delivery.* J Clin Anesth 2009; **21**:242-8.
158. Woolnough M et al. *Intra-operative fluid warming in elective caesarean section: a blinded randomised controlled trial.* Int J Obstet Anesth 2009; **18**: 346-51.
159. Jeong SM et al. *Warming of intravenous fluids prevents hypothermia during off-pump coronary artery bypass graft surgery.* J Cardiothorac Vasc Anesth 2008; **22**:67-70.
160. Smith CE et al. *Warming intravenous fluids reduces perioperative hypothermia in women undergoing ambulatory gynecological surgery.* Anesth Analg 1998; **87**:37-41.

161. Muth CM, Mainzer B, Peters J. *The use of countercurrent heat exchangers diminishes accidental hypothermia during abdominal aortic aneurysm surgery.* Acta Anaesthesiol Scand 1996; **40**:1197-1202.
162. Camus Y et al. *The effects of warming intravenous fluids on intraoperative hypothermia and postoperative shivering during prolonged abdominal surgery.* Acta Anaesthesiol Scand 1996; **40**:779-82.
163. Choi JW, Kim DK, Lee SW et al. *Efficacy of intravenous fluid warming during goal-directed fluid therapy in patients undergoing laparoscopic colorectal surgery: a randomized controlled trial.* J Int Med Res 2016; 44:605-12.
164. Schnoor J et al. *Autoline© Effektivität eines Infusionskonzeptes.* Anaesthesist 2005; **54**:876.
165. Schnoor J et al. *Hotline© 2: Leistungskapazität eines neuen koaxialen Infusionswärmesystems im Bereich niedriger und moderater Flussraten.* Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2005; **40**:273-6.
166. Schnoor J et al. *Leistungsfähigkeit von vier Infusionswärmesystemen bei niedrigen Flussraten.* Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2004; **39**:477-81.
167. Moerer O. *Warming efficacy and blood damaging of blood and infusion warmers.* Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2004; **39**:138-46.
168. Schmidt JH et al. *Experimentelle Untersuchung zur Effektivität verschiedener Infusions- und Blutwärmeverfahren.* Anaesthesist 1996; **45**:1067-1074.
169. Sessler DI. *Complications and treatment of mild hypothermia.* Anesthesiology 2001; **95**:531-43.
170. Barthel ER, Pierce JR. *Steady-state and time-dependent thermodynamic modeling of the effect of intravenous infusion of warm and cold fluids.* J Trauma Acute Care Surg 2012; **72**:1590-1600.
171. Siddik-Sayyid SM et al. *Thermal burn following combined use of forced air and fluid warming devices.* Anaesthesia 2010; **65**:654-5.
172. Arrandale L, Ng L. *Superficial burn caused by a Hotline fluid warmer infusion set.* Anaesthesia 2009; **64**:101-2.
173. Husser CS et al. *Inductive warming of intravenous fluids: overheating of the toroid heating element during rapid infusion.* Anesthesiology 2004; **101**:1019-21.

174. Kuzukawa A, Takenoshita M, Nosaka S. *Air bubbles produced during blood warming for transfusion at slow rate: their composition and a device (reservoir with a filter) to eliminate them.* J Clin Anesth 2005; **17**:148-9.
175. Woon S, Talke P. *Amount of air infused to patient increases as fluid flow rates decrease when using the Hotline HL-90 fluid warmer.* J Clin Monit Comput 1999; **15**:149-52.
176. Jin Y et al. *A systematic review of randomised controlled trials of the effects of warmed irrigation fluid on core body temperature during endoscopic surgeries.* J Clin Nurs 2011; **20**:305-16.
177. Kelly JA et al. *The effect of arthroscopic irrigation fluid warming on body temperature.* J Perianesth Nurs 2000; **15**:245-52.
178. Sessler DI, McGuire J, Sessler AM. *Perioperative thermal insulation.* Anesthesiology 1991; **74**:875-79.
179. Bennett J et al. *Prevention of hypothermia during hip surgery: effect of passive compared with active skin surface warming.* Br J Anaesth 1994; **73**:180-3.
180. Berti M et al. *Active warming, not passive heat retention, maintains normothermia during combined epidural-general anesthesia for hip and knee arthroplasty.* J Clin Anesth 1997; **9**:482-6.
181. Koenen M, Passey M, Rolfe M. *"Keeping Them Warm"- A Randomized Controlled Trial of Two Passive Perioperative Warming Methods.* J Perianesth Nurs 2017; **32**:188-98.
182. Tjoakarfa C, David V, Ko A, Hau R. *Reflective blankets are as effective as forced air warmers in maintaining patient normothermia during hip and knee arthroplasty surgery.* J Arthroplasty 2017; **32**:624-7.
183. Hirvonen EA, Niskanen M. *Thermal suits as an alternative way to keep patients warm peri-operatively: a randomised trial.* Eur J Anaesthesiol 2010; **28**:376-81.
184. Rathinam S et al. *A randomised controlled trial comparing Mediwrap heat retention and forced air warming for maintaining normothermia in thoracic surgery.* Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery 2009; **9**:15-9.
185. Lauronen SL, Kalliomäki ML, Aho AJ et al. *Thermal suit in preventing unintentional intraoperative hypothermia during general anaesthesia: a randomized controlled trial.* Acta Anaesthesiol Scand 2017; **61**:1133-41.

186. Balayssac D, Pereira B, Bazin JE et al. Warmed and humidified carbon dioxide for abdominal laparoscopic surgery: meta-analysis of the current literature. *Surg Endosc* 2017; 31:1-12.
187. Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI. *Die häufigsten Fehler in der Kinderanästhesie*. 2009; [http://www.ak-kinderanaesthesie.de/files/Celle2009\\_Simon\\_FehlerKinderanaesthesie.pdf](http://www.ak-kinderanaesthesie.de/files/Celle2009_Simon_FehlerKinderanaesthesie.pdf).
188. Roehr CC, Hansmann G, Hoehn T, Bühner C. The 2010 Guidelines on Neonatal Resuscitation (AHA, ERC, ILCOR): similarities and differences--what progress has been made since 2005? *Klin Paediatr* 2011; 223:299-307.
189. Joris J et al. *Clonidine and ketanserin both are effective treatments for postanesthetic shivering*. *Anesthesiology* 1993; **79**:532-9.
190. Horn EP et al. *Active warming during cesarean delivery*. *Anesth Analg* 2002; **94**:409-14.
191. Macario A et al. *Which clinical anesthesia outcomes are important to avoid? The perspective of patients*. *Anesth Analg* 1999; **89**:652-8.
192. Frank SM et al. *Multivariate determinants of early postoperative oxygen consumption in elderly patients. Effects of shivering, body temperature, and gender*. *Anesthesiology* 1995; **83**:241-9.
193. Lienhart A, Fiez N, Deriaz H. *Postoperative shivering: analysis of main associated factors*. *Ann Fr Anesth Reanim* 1992; **11**: 488-95.
194. Kawaguchi M et al. *Analysis of postoperative shivering following the deliberate mild hypothermia during neurosurgery*. *Masui* 1998; **47**:262-8.
195. Kurz A et al. *Thermoregulatory vasoconstriction impairs active core cooling*. *Anesthesiology* 1995; **82**:870-6.
196. Davatelis G et al. *Macrophage inflammatory protein-1: A prostaglandin-independent endogenous pyrogen*. *Science* 1989; **243**:1066-8.
197. Sessler DI et al. *The thermoregulatory threshold in humans during halothane anesthesia*. *Anesthesiology* 1988; **68**:836-42.
198. Horn EP et al. *Shivering following normothermic desflurane or isoflurane anesthesia*. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 1997; **111**:321-2.
199. Lin H, Wang J, Jin Z et al. *Preventative effect of ondansetron on postanesthesia shivering in children undergoing caudal anesthesia: a randomized double-blind clinical trial*. *Pediatr Res* 2016; 79:96-9.

200. Tie HT, Su GZ, He K et al. Efficacy and safety of ondansetron in preventing postanesthesia shivering: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Anesthesiol* 2014; 14:12.
201. Li X, Zhou M, Xia Q et al. *Effect of parecoxib sodium on postoperative shivering*. *Eur J Anaesthesiol* 2014; 31:225-30.
202. Shen H, Chen Y, Lu KZ et al. *Parecoxib for the prevention of shivering after general anesthesia*. *J Surg Res* 2015; 197:139-44.
203. Guffin A., Girard D, Kaplan JA. *Shivering following cardiac surgery: Hemodynamic changes and reversal*. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1987; 1:24-8.
204. Horn EP et al. *Physostigmine prevents postanesthetic shivering as does meperidine or clonidine*. *Anesthesiology* 1998; 88:108-13.
205. Delaunay L, Bonnet,F, Duvaldestin P. *Clonidine decreases postoperative oxygen consumption in patients recovering from general anaesthesia*. *Br J Anaesth* 1991; 67:397-401.
206. Quintin L et al. *Oxygen uptake after major abdominal surgery: Effect of clonidine*. *Anesthesiology* 1991. 74:236-41.
207. Frank T, Thieme V, Olthoff D. *Preoperative clonidine comedication within the scope of balanced inhalation anesthesia with sevoflurane in oral surgery procedures*. *Anaesthesiol Reanim* 1999; 24:65-70.
208. De Witte J et al. *Tramadol in the treatment of postanesthetic shivering*. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997; 41:506-10.
209. Mohta M et al. *Tramadol for prevention of postanaesthetic shivering: a randomised double-blind comparison with pethidine*. *Anaesthesia* 2009; 64: 141-6.
210. Wadhwa A et al. *Magnesium sulphate only slightly reduces the shivering threshold in humans*. *Br J Anaesth* 2005; 94:756-62.
211. Lv M, Wang X, Qu W et al. *Nefopam for the prevention of perioperative shivering: a meta-analysis of randomized controlled trials*. *BMC Anesthesiology* 2015; 15:87.
212. Kang P, Park SK, Yoo S et al. *Comparative effectiveness of pharmacologic interventions to prevent shivering after surgery: a network meta-analysis*. *Minerva Anesthesiol* 2018; doi:10.23736/S0375-9393.18.12813-6



213. Hidayah MN, Liu CY, Joanna OSM. *Ketamine and tramadol for the prevention of shivering during spinal anaesthesia*. Clin Ter 2014; 165:193-8.
214. Lenhardt R et al. *Mild intraoperative hypothermia prolongs postoperative recovery*. Anesthesiology 1997; **87**:1318-23.
215. Moddeman G. *The elderly surgical patient- a high risk for hypothermia*. AORN J 1991; **53**:1270-2.
215. Horn EP, Schroeder F, Gottschalk A et al. *Active warming during cesarean delivery*. Anesth Analg 2002; 94:409-14.
216. Kimberger O et al. *Meperidine and skin surface warming additively reduce the shivering threshold: a volunteer study*. Crit Care 2007; **11**:R29.

**Erstveröffentlichung: 12/2013**

**Überarbeitung von: 05/2019**

**Nächste Überprüfung geplant: 04/2024**

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**