

[Home](#) > [Die Anästhesiologie](#) > Chapter

# Anästhesie und Thermoregulation

| Chapter | First Online: 24 April 2019

| pp 983–993 | [Cite this chapter](#)

✓ Access provided by Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm



## Die Anästhesiologie

[A. Bräuer](#) 

 Part of the book series: [Springer Reference Medizin \(\(SRM\)\)](#)

 1451 Accesses

## Zusammenfassung

Die physiologische Thermoregulation wird durch alle anästhesiologischen Verfahren beeinträchtigt. Ohne präventive Maßnahmen kommt es daher in der perioperativen Phase sehr häufig zu einer Auskühlung des Patienten. Die pathophysiologischen Konsequenzen der Hypothermie erhöhen das perioperative Risiko. Neben einem deutlich verminderten Patientenkomfort führt die perioperative Hypothermie zu einer veränderten Pharmakokinetik,

vermehrtem Blutverlust, einer erhöhten Inzidenz an kardiozirkulatorischen Komplikationen und einer höheren Wundinfektionsrate.

---

Dieses Kapitel wurde in der 3. Auflage verfasst von G. Kierschke, M. Messmer und G. Schoer

---

 Access provided by Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm.

[Download chapter PDF](#) 

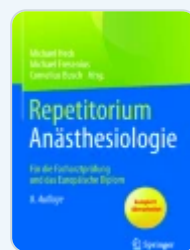
---

## Similar content being viewed by others



### Anästhesie und Thermoregulation

Chapter | © 2017



### Unbeabsichtigte perioperative Hypothermie

Chapter | © 2017



### Unbeabsichtigte perioperative Hypothermie

Chapter | © 2023

## Einleitung

Die physiologische Thermoregulation wird durch alle anästhesiologischen Verfahren beeinträchtigt. Ohne präventive Maßnahmen kommt es daher in der perioperativen Phase sehr häufig zu einer Auskühlung des Patienten. Die pathophysiologischen Konsequenzen der Hypothermie erhöhen das perioperative Risiko. Neben einem deutlich verminderten Patientenkomfort führt die perioperative Hypothermie zu einer veränderten Pharmakokinetik, vermehrtem Blutverlust, einer erhöhten Inzidenz an kardiozirkulatorischen Komplikationen und einer höheren Wundinfektionsrate.

Eine klinisch relevante Auskühlung tritt insbesondere bei längeren Eingriffen, bei älteren Patienten und bei Kindern auf. Zur Prävention und Therapie der perioperativen Hypothermie stehen heute viele effektive Methoden zur Verfügung.

Abzugrenzen von der akzidentellen, perioperativen Hypothermie sind andere Formen, die Teil einer Behandlungsstrategie sein können. Dazu gehören die moderate bzw. tiefe Hypothermie während herzchirurgischer Operationen mit extrakorporaler Zirkulation ([Kap. 77, „Anästhesie in der Chirurgie des Herzens und der herznahen Gefäße“](#)) und die moderate Hypothermie als Therapiekonzept in der Behandlung der zerebralen Ischämie nach Reanimation ([Kap. 73, „Anästhesie in der Neurochirurgie“](#)).

## 1 Physikalische Grundlagen

---

Die Wärme eines Objekts entspricht dem Gehalt an kinetischer Energie seiner Moleküle. Die Temperatur ist das Maß für die mittlere kinetische Energie der Moleküle: bewegen sich die Moleküle schnell, ist ihre kinetische Energie und damit die Temperatur des Objekts hoch. Die SI-Einheit der Temperatur ist Kelvin [K], in der Medizin wird die Temperatur jedoch in Grad Celsius [°C] angegeben.

Die **Wärmekapazität** bezeichnet das Vermögen eines Körpers, Energie in Form von Wärme zu speichern. Sie gibt an, wie viel Energie notwendig ist, um die Temperatur eines Objekts anzuheben, bzw. wie viel Energie verloren wird, wenn die Temperatur eines Objekts abfällt. Die spezifische **Wärmekapazität** des menschlichen Körpers beträgt 0,83 kcal pro kg Körpergewicht (KG) und °C bzw. 3,48 kJ pro kg Körpergewicht (KG) und °C (Umrechnung von cal in die SI-Einheit Joule [J]: 1 cal = 4,1868 J). Der Abfall der Körpertemperatur von 37 auf 36 °C eines 70 kg schweren Patienten führt zu einem Wärmeverlust von 58 kcal bzw. 243 kJ.

## 2 Physiologie des Wärmehaushalts

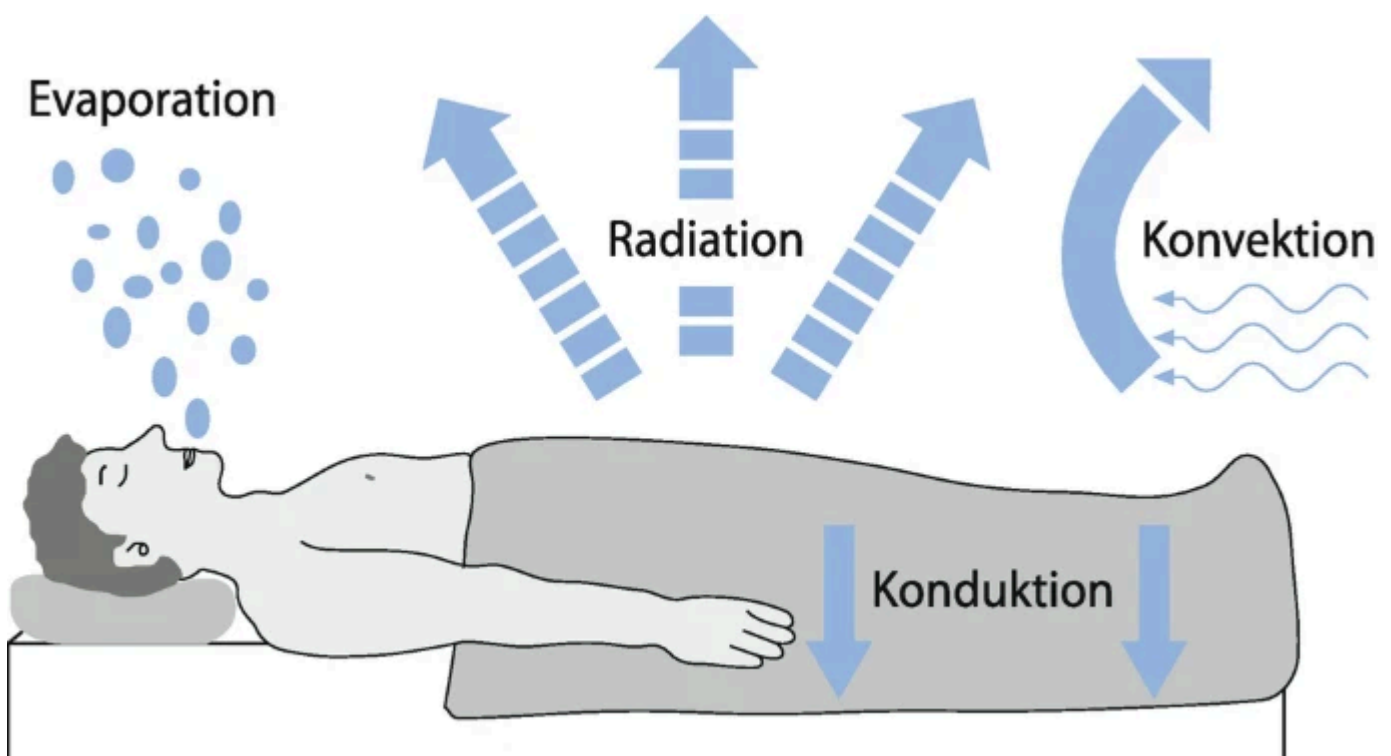
Der Mensch als homöothermes Wesen hält seine Körperkerntemperatur trotz wechselnder Umgebungstemperatur auf einem konstanten Niveau von etwa 37 °C.

Stoffwechselprozesse produzieren Wärme (ca. 1 kcal/kgKG/h = 1,16 J/s oder 1,16 W), die als sog. **Grundumsatz** diejenige Energiemenge darstellt, die allein zur Erhaltung der Organfunktionen benötigt wird. Sie beträgt für den Erwachsenen (70 kgKG) je nach Konstitution 1500–1800 kcal pro Tag (=6280–7536 kJ/d). Durch körperliche Arbeit und Muskelzittern kann der Mensch zusätzlich Wärme produzieren.

### Wärmeabgabe

Die Wärmeabgabe erfolgt hauptsächlich über die Haut und zu einem kleinen Teil über die Atemwege. An der Wärmeabgabe sind 4 verschiedene Mechanismen beteiligt: Wärmeleitung über Konduktion und Konvektion sowie Evaporation und Radiation (Abb. 1) [2].

Abb. 1



Die 4 Mechanismen der Wärmeabgabe. Konduktion ist die Weiterleitung von Wärmeenergie von einem festen Körper auf einen anderen; Konvektion ist der Wärmetransport mithilfe eines bewegten Mediums, wie Flüssigkeit oder Gas; Evaporation ist die Abgabe energiereicher Moleküle von einer Flüssigkeitsoberfläche an ein Gas; Radiation bedeutet Wärmeabgabe über Abstrahlung. (Nach: [1])

---

**Konduktion** ist die Weiterleitung der kinetischen Wärmeenergie von einem festen Körper auf einen anderen festen Körper, z. B. wenn der Körper auf dem Operationstisch liegt. Die abgegebene Wärmemenge pro Zeiteinheit ist abhängig von der Effektivität des Wärmeaustauschs, der Größe der Austauschfläche und dem Temperaturgradienten zwischen den beiden Körpern.

**Konvektion** bedeutet Wärmetransport durch ein bewegtes Medium, wie Flüssigkeit oder Gas. Der Blutstrom transportiert Wärme vom Körperkern zur Peripherie. Der Luftstrom über der Körperoberfläche, verursacht von der Klimaanlage im OP-Trakt, trägt die über der Haut erwärmte Luftschicht weg.

**Evaporation** ist die Abgabe wärmeenergiereicher Moleküle von einer Flüssigkeitsoberfläche an ein Gas. Das zur Verdunstung notwendige Wasser gelangt an die Oberfläche über die Schweißdrüsen der Haut (**Perspiratio sensibilis**), über die Alveolarwände in der Lunge oder z. B. über das viszerale Blatt des Peritoneums beim eröffneten Abdomen (**Perspiratio insensibilis**).

Jeder Körper gibt auch Wärme in Form von Strahlung (**Radiation**) an die Umgebung ab. Gleichmaßen kann er aber auch Strahlungsenergie aufnehmen z. B. von einem Infrarotstrahler.

## **Konstanthaltung der Körpertemperatur**

Die Körperkerntemperatur schwankt tagesrhythmisch zwischen 36,5 und 37,5 °C. Trotz unterschiedlicher Umgebungsbedingungen bleibt sie sehr

konstant, indem Wärmeproduktion und -aufnahme mit der Wärmeabgabe im Gleichgewicht gehalten werden. Die **Thermoregulation** sorgt für dieses Fließgleichgewicht und kann als ein Regelkreis mit Rückkoppelung dargestellt werden.

**Thermorezeptoren** finden sich in der Haut, im Thorax, im Abdomen, im Rückenmark, im Gehirn und im Hypothalamus selbst. Die Informationen der Thermorezeptoren erreichen den **Hypothalamus** als zentralen Regler der autonomen Thermoregulation. Liegt die aktuelle Körperkerntemperatur sehr nah am aktuellen **Sollwert** ( $\pm 0,2$  °C), so werden keine Korrekturmechanismen wie Vasodilatation und -konstriktion, Schwitzen und Muskelzittern eingesetzt.

Besteht eine deutliche Differenz zwischen dem Soll- und dem Istwert, setzt der Hypothalamus autonome thermoregulatorische Korrekturmechanismen in Gang, bis der Sollwert wieder erreicht wird.

Die Wärmeabgabe erfolgt in erster Linie durch aktive Vasodilatation und Schwitzen. Auf Kälte hingegen antwortet der Körper mit Vasokonstriktion und Muskelzittern. In der Neonatalperiode induzieren Katecholamine eine zitterfreie Wärmebildung im braunen Fettgewebe.

### **3 Entstehung von perioperativer Hypothermie und perioperative Wärmebilanz**

---

Eine Prämedikation mit Benzodiazepinen führt präoperativ zu einem geringen Abfall der Körperkerntemperatur. Andererseits ist der intraoperative Wärmeverlust deutlich geringer, wenn niedrig dosiert Midazolam verabreicht wird, anstatt auf eine Prämedikation zu verzichten [3]. Die Prämedikation mit Clonidin reduziert ebenfalls dosisabhängig den Schwellenwert für die thermoregulatorische Vasokonstriktion [4]. Sehr viele Patienten erreichen den OP bereits mit einer erniedrigten Körperkerntemperatur von unter 36,5 °C [5, 6].

Die perioperative Fortführung einer antidepressiven Medikation vermindert den intraoperativen Abfall der Körperkerntemperatur, während eine antipsychotische Dauermedikation schizophrener Patienten die intraoperative Auskühlung verstärkt [7, 8].

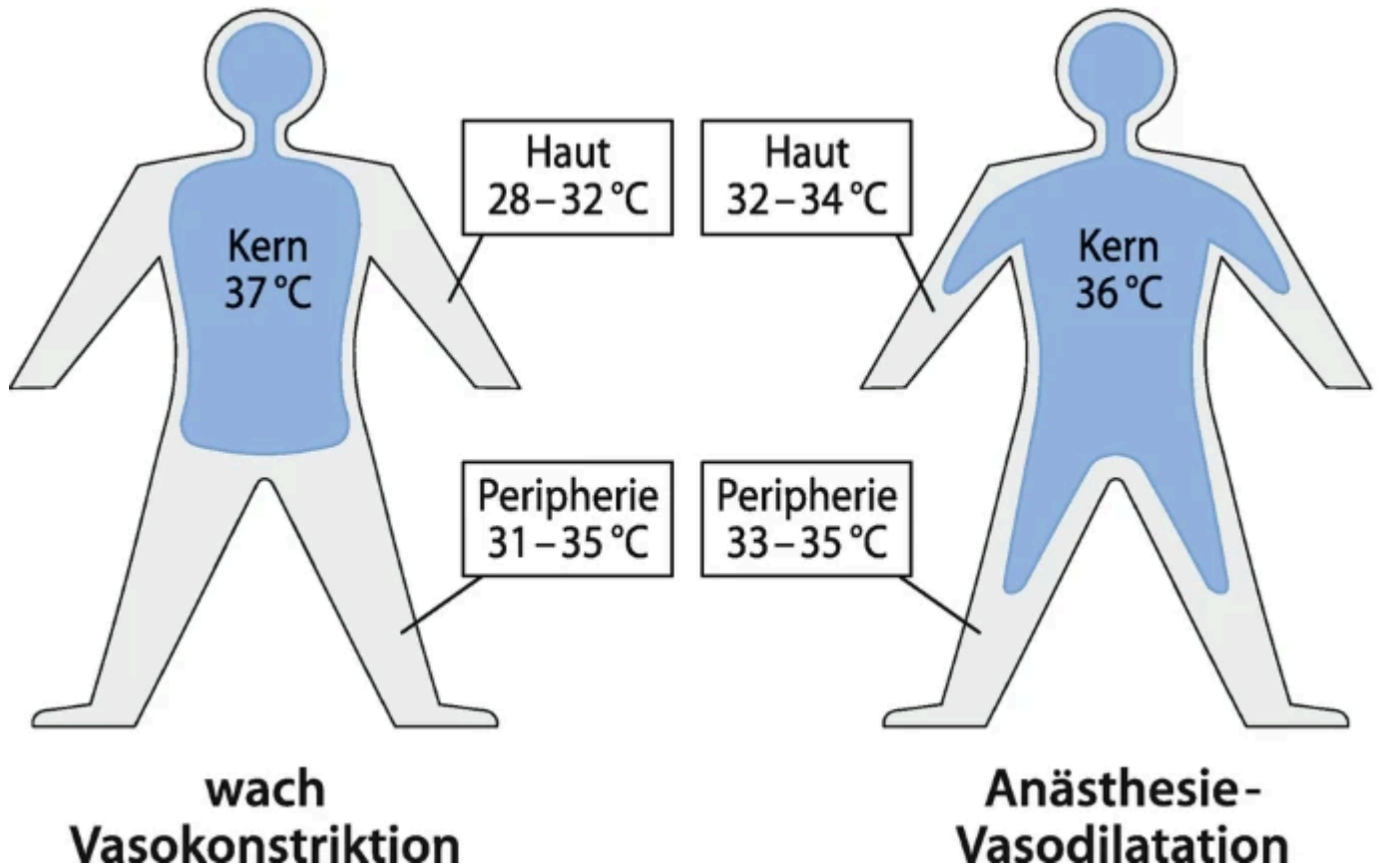
## Allgemeinanästhesie

Das im Wachzustand vorhandene Fließgleichgewicht wird in Narkose von 2 Mechanismen beeinflusst. Eine um etwa 30 % verminderte Wärmeproduktion (ca. 60 kcal/h entspricht 70 W) und eine vermehrte Wärmeabgabe (ca. 210 kcal/h entspricht 244 W) bedingen eine negative Wärmebilanz und damit einen **intraoperativen Wärmeverlust**. Des Weiteren führen fast alle üblicherweise eingesetzten Anästhetika (volatile Anästhetika, Propofol, Benzodiazepine und Opiode) zu einer Störung der autonomen Thermoregulation im Hypothalamus.

Der Schwellenwert für die Aktivierung der thermoregulatorischen Vasokonstriktion verschiebt sich unter Allgemeinanästhesie deutlich zu tieferen Werten, sodass die thermoregulatorische Vasokonstriktion erst bei einer von Körperkerntemperatur von unter 36 °C aktiviert wird.

Die Körperkerntemperatur nimmt während einer Allgemeinanästhesie einen typischen Verlauf, wenn keine Wärme aktiv zugeführt wird. In der ersten Stunde nach Narkosebeginn fällt sie rasch ab (Umverteilungsphase). Die Ursache für die initiale Wärmeumverteilung liegt in der Störung der autonomen Thermoregulation durch die eingesetzten Anästhetika. Durch das Aufheben der vor Narkoseeinleitung aktivierten thermoregulatorischen Vasokonstriktion kommt es zum Abstrom von Wärme aus dem Körperkern in die Peripherie ([1, 9]; Abb. 2). Das Ausmaß dieser Wärmeumverteilung ist hauptsächlich vom Temperaturgradienten zwischen dem Körperkern und der Körperperipherie abhängig und kann bis zu 1,6 °C pro Stunde erreichen.

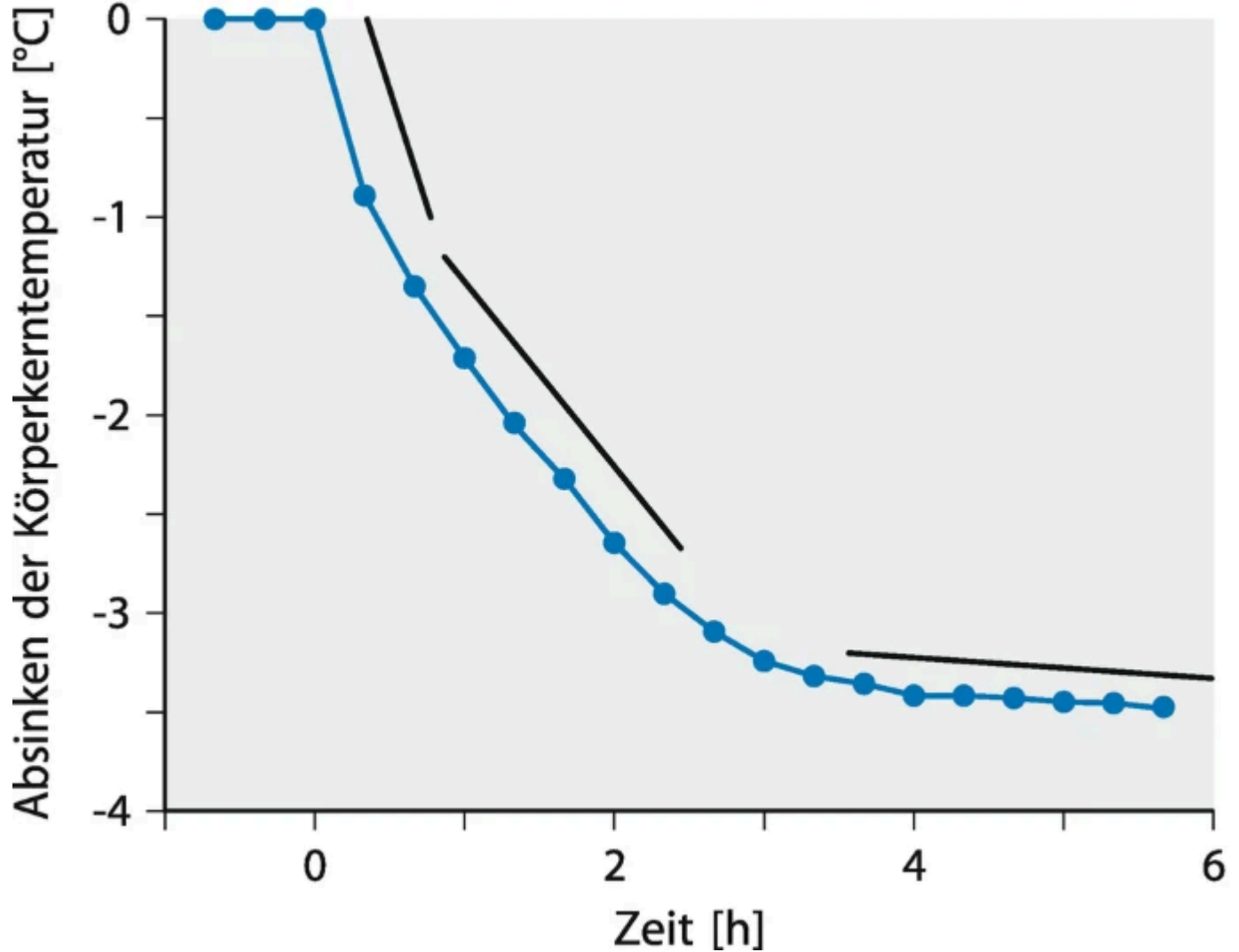
**Abb. 2**



Wärmeumverteilung aus dem Körperkern in die Körperperipherie in Allgemeinanästhesie. Die bei Wachheit unter Kälteexposition vorherrschende Vasokonstriktion in der Körperperipherie wird durch Einleitung einer Allgemeinanästhesie aufgehoben. Dadurch kommt es zur Wärmeumverteilung (Nach: [1])

In den folgenden 2–3 h sinkt die Körperkerntemperatur nur noch um etwa 1,1 °C pro Stunde ab (lineare Phase), bis sich dann wieder annähernd ein Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und -verlust auf erniedrigtem Niveau einstellt (Plateauphase; Abb. 3).

**Abb. 3**



Verlauf der Körperkerntemperatur während einer Allgemeinanästhesie ohne aktive Wärmetherapie. Schnelles Absinken der Körperkerntemperatur in der ersten Stunde nach Narkoseeinleitung (0–1 h) um ca. 1 °C. Weiterer, linearer Temperaturabfall in den folgenden 2–3 h, mit Übergang in ein Plateau 3–5 h nach Narkosebeginn (Erklärung s. Text). (Nach: [\[10\]](#))

### ▲ CAVE

Die Gefahr der Auskühlung ist bei älteren Patienten erhöht [\[11\]](#).

## Rückenmarknahe Verfahren

Sympathikolyse, veränderte Thermoregulation und fehlendes Muskelzittern in den betäubten Arealen beeinflussen den Wärmehaushalt auch bei

rückenmarknahen Verfahren.

Lokalanästhetika blockieren u. a. die sympathischen Nervenfasern. Die **Sympathikolyse** bei rückenmarknahen Anästhesieverfahren führt über eine Dilatation der Gefäße der unteren Extremitäten zu vermehrter Wärmeabgabe über die Haut. Diese Wärmeumverteilung ist verantwortlich für den schnellen Temperaturabfall in der ersten Stunde nach Beginn der Spinal- bzw. Periduralanästhesie [1]. Unter Spinalanästhesie ist der Effekt aufgrund des schnellen Wirkungseintritts ausgeprägter [12]. Eine hohe Blockade und fortgeschrittenes Patientenalter sind Prädiktoren für eine Hypothermie während Spinalanästhesie [13].

Zudem beeinträchtigen auch rückenmarknahe Verfahren die **autonome Thermoregulation**. Die Hauttemperatur der geblockten Dermatome wird fälschlicherweise als zu hoch wahrgenommen. Daraufhin werden vom Hypothalamus thermoregulatorische Gegenmechanismen eingeleitet [14]. Auch das subjektive Kälteempfinden der Patienten ist bei rückenmarknahen Anästhesieverfahren beeinträchtigt. Eine Messung der Körperkerntemperatur wird selten durchgeführt. Dadurch wird das Erkennen einer Hypothermie während rückenmarknahen Anästhesieverfahren erschwert bzw. unterbleibt [15].

Die intrathekale Injektion von Morphin verstärkt die Hypothermie unter Spinalanästhesie bei Sectio [16].

### ⚠ CAVE

Die Kombination von Allgemeinanästhesie und Regionalverfahren führt zur Addition der jeweiligen Wärmeverluste [17, 18].

Bei einer Allgemeinanästhesie stagniert nach einer gewissen Zeit der Wärmeverlust und eine Plateauphase wird erreicht (Abb. [3](#)), da die Temperaturschwelle für eine Vasokonstriktion überschritten wird. Mit der Kombination beider Verfahren hält der Temperaturabfall jedoch kontinuierlich an, da die sympathikolytisch induzierte Vasodilatation bestehen bleibt [[17](#)].

## Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen des Operationsaals können über alle 4 Mechanismen der Wärmeabgabe (Abschn. [2](#)) erheblichen Einfluss auf die Wärmebilanz ausüben:

Niedrige Raumtemperatur und mangelnde Körperisolation beschleunigen den Wärmeverlust durch **Radiation**. Die OP-Saaltemperatur sollte deswegen bei Erwachsenen ca. 21 °C [[19](#)], bei Kindern mind. 24 °C betragen [[19](#)]. Ein kalter Operationstisch entzieht dem Körper Wärme durch **Konduktion**. Im klimatisierten Operationstrakt liegt eine hohe Luftbewegung vor und fördert den Wärmeverlust durch **Konvektion**, eine niedrige Luftfeuchtigkeit durch **Evaporation**.

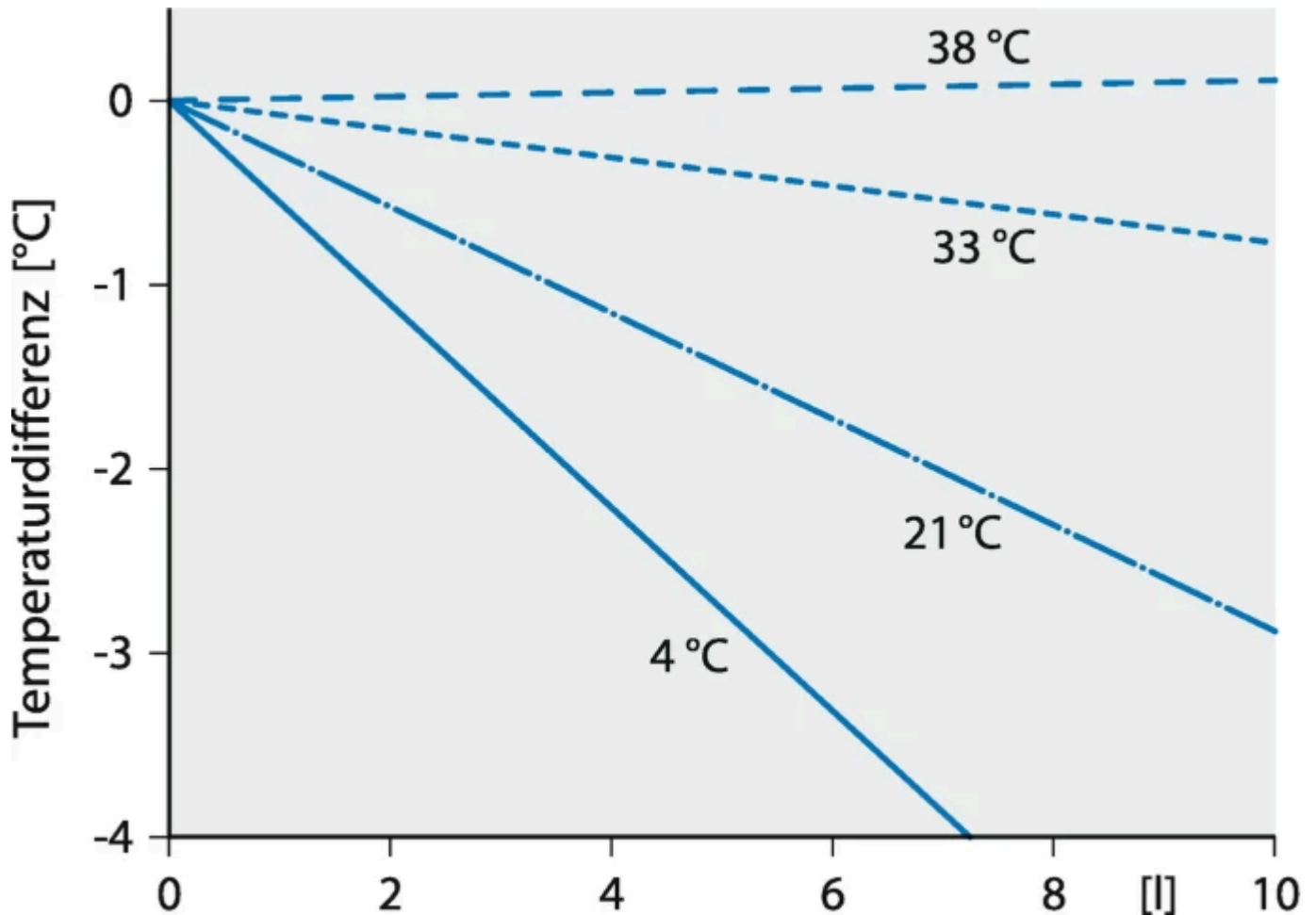
Lösungen zur chirurgischen Hautdesinfektion kühlen das Operationsgebiet. Sind große Körperhöhlen eröffnet, verliert der Patient Wärme durch Evaporation im Rahmen der Perspiration. Kalte Spüllösungen verursachen einen weiteren Wärmeverlust.

## Infusionstherapie

Ungewärmte oder gekühlte Infusionslösungen werden im Körper erwärmt bzw. an die Körpertemperatur angeglichen. Dazu verbraucht der Körper Wärme und die Körpertemperatur sinkt. Dieser Abfall der Körperkerntemperatur ist in Abb. [4](#) in Abhängigkeit der verabreichten Menge unterschiedlich temperierter Flüssigkeit dargestellt [[10](#)]. Mit Hilfe von Annäherungsformeln kann dieser Wärmeverlust durch Infusionen und Transfusionen und damit auch die

Infusionsmenge, die die Körpertemperatur um einen bestimmten Betrag abfallen lässt, kalkuliert werden [20]. Allerdings sind solche Formeln für die klinische Verwendung weniger praktikabel.

Abb. 4



Abfall der Körperkerntemperatur eines 70 kg schweren Patienten in Abhängigkeit von der verabreichten Menge unterschiedlich temperierter Infusionsflüssigkeit. Nach: [10])

Einfacher ist folgende Näherungsformel: ca. 50 ml/kg/KG Infusionslösung senken bei 20 °C Raumtemperatur die mittlere Körpertemperatur um 1 °C.

Das bedeutet: bei einem 70 kg schweren Patienten wird die Körpertemperatur nach 3,5 l Infusionslösung mit 20 °C um 1 °C sinken.

## Maschinelle Beatmung

Bei einer Beatmung mit trockenen, nichtangewärmten Atemgasen müssen diese in der Lunge angefeuchtet werden. Die dazu nötige Verdunstung von körperwarmem Wasser führt zu einer Wärmeabgabe über die Expiration. Werden die Atemgase jedoch im Beatmungssystem künstlich befeuchtet bzw. ein niedriger Gasfluss und Beatmungsfilter mit Feuchteaustauschfunktion („heat and moisture exchanger“-[HME-]Filter) verwendet [21], ist der Einfluss der maschinellen Beatmung auf den Wärmeverlust zu vernachlässigen.

## Hypothermiehäufigkeit und -disposition

Ältere Menschen und Kinder sind besonders gefährdet während operativen Eingriffen auszukühlen. Bei Kindern ist dies durch ihr, im Verhältnis zum Körpergewicht, großen Körperoberfläche bedingt. Die geringere Dicke der kindlichen Haut mit wenig subkutanem Fett isoliert schlecht.

### ▲ CAVE

Ältere Menschen [11] und Kinder sind besonders anfällig für perioperative Wärmeverluste.

## Krankheitsbilder, die zur intraoperativen Auskühlung prädisponieren

- Hypothyreose, aufgrund der stoffwechselbedingt reduzierten Wärmeproduktion
- Kachexie, aufgrund der verminderten isolierenden äußeren Fettschichten
- Neurologische Erkrankungen, die zentral oder peripher die Thermoregulation beeinträchtigen
- Diabetes mellitus mit Polyneuropathie [22]

- Polytraumatisierte Patienten

Die Häufigkeit von perioperativer Hypothermie am Narkoseende nach längeren operativen Eingriffen liegt in großen Untersuchungen zwischen 30 % und 80 % [[23](#),[24](#),[25](#),[26](#),[27](#)].

## **Prädiktoren und Risikofaktoren für eine intraoperative Auskühlung [[23](#)]**

- Größe des chirurgischen Eingriffs
- Schweregrad der Grunderkrankung (ASA-Grad)
- Lange Anästhesiedauer
- Kombiniertes Anästhesieverfahren
- Hohe intraoperative Flüssigkeitszufuhr
- Verzicht auf intraoperative Temperaturmessung
- Verzicht auf wärmezuführende bzw. -konservierende Maßnahmen

## **4 Risiken der perioperativen Hypothermie**

---

### **Komplikationen infolge perioperativer Hypothermie**

- Verminderter Patientenkomfort durch Frieren und Kältezittern
- Verlängerung der Medikamentenwirkdauer
- Beeinträchtigung der Blutgerinnung
- Erhöhte Inzidenz von Wundinfektionen
- Kardiale Ereignisse wie Ischämie, ventrikuläre Tachykardien, Infarkt

### **Patientenkomfort**

Oft erinnern sich Patienten in Prämedikationsgesprächen an unangenehmes, postoperatives Frieren und Muskelzittern nach früheren Narkosen [[28](#)].

Die Inzidenz des thermoregulatorischen Muskelzitterns, meist unmittelbar nach Extubation, ist umgekehrt proportional zur Körperkerntemperatur [[29](#)].

Hypothermie ist neben jungem Lebensalter und endoprothetischer Chirurgie ein Hauptrisikofaktor für postoperatives Muskelzittern [[30](#)].

Aber auch normotherme und vasodilierte Patienten haben postoperativ Muskelzittern. Zwei Ursachen dieses nichtthermoregulatorisch bedingten postanästhetischen Zitterns gelten als gesichert:

- das Anästhetikum selbst und
- postoperative Schmerzen (schmerzfrei aus der Narkose aufwachende Patienten zittern sehr selten [[31](#)]).

Diskutiert werden außerdem eine verminderte Aktivität des sympathischen Systems, Medikamentenwirkung, respiratorische Alkalose, Ausschüttung von Pyrogenen oder eine verminderte Aktivität hemmender Bahnen im Rückenmark [[29](#)].

Muskel- bzw. Kältezittern steigert den  $O_2$ -Verbrauch in den ersten postoperativen Stunden um ca. 40 % [[32](#)] und erhöht damit auch das erforderliche Herzzeitvolumen.

Hypotherme Patienten ohne Kältezittern haben den gleichen postoperativen  $O_2$ -Verbrauch wie normotherme Patienten [[32](#)].

## **Verlängerung der Medikamentenwirkdauer**

Hypothermie verringert die gesamte Stoffwechsellleistung und damit auch den hepatischen und renalen Metabolismus.

### ▲ CAVE

Die Plasmaclearance vieler, zur Narkose verabreichter Medikamente nimmt ab, die Wirkungsdauer dieser Medikamente nimmt zu.

Zur veränderten Pharmakokinetik und -dynamik wegen einer erniedrigten Körpertemperatur liegen nur wenige Untersuchungen vor. Nachgewiesen ist jedoch, dass Hypothermie die Elimination von Medikamenten, die über das Zytochrom-P<sub>450</sub>-System metabolisiert werden, reduziert [[33](#)].

Die Plasmaspiegel von Propofol sind unter gleicher Dosierung bei hypothermen Patienten (34 °C) um 28 % gegenüber normothermen Patienten erhöht [[34](#)]. Die Wirkdauer und Erholungszeit von Muskelrelaxanzien steigt an. So ist z. B. die Wirkungsdauer von Atracurium bei hypothermen Patienten um 60 % verlängert [[34](#)]. Ein Abfall der Körpertemperatur von 37 °C auf 35 °C erhöht die Wirkungsdauer von Vecuronium von 28 auf 62 min [[35](#)]. Aber auch die Wirkdauer von Rocuronium ist unter Hypothermie deutlich verlängert [[36](#)].

Selbst ohne den Einsatz von Muskelrelaxanzien fällt die muskuläre Antwort auf Stimulation um 10 % pro °C geringer aus. Um Überdosierungen zu vermeiden, ist deshalb eine vorsichtige Titration der Medikamente unter Überwachung mittels Relaxometrie empfehlenswert [[37](#)].

## Perioperativer Blutverlust

## ▲ CAVE

Bereits eine milde Hypothermie (ca. 35 °C) erhöht den perioperativen Blutverlust [[38](#), [39](#)].

So hatten **normotherme** Patienten bei Hüftendoprothesen- oder kolorektalen Operationen einen geringeren perioperativen Blutverlust und einen geringeren Substitutionsbedarf an Erythrozytenkonzentraten [[39](#),[40](#),[41](#)]. Ursachen sind Störungen sowohl der Thrombozytenfunktion als auch der plasmatischen Blutgerinnung [[42](#), [43](#)].

Die Störung der Thrombozytenfunktion wird auf eine defekte Ausschüttung von Thromboxan und eine Veränderung der für die Adhäsion der Thrombozyten wichtigen Oberflächenproteine zurückgeführt. Die Thrombozytenfunktionsstörungen sind mit Erreichen der Normothermie reversibel. Hypothermie hemmt die enzymatischen Reaktionsabläufe der plasmatischen Gerinnung, da die Reaktionsgeschwindigkeit der Gerinnungsfaktoren/-enzyme temperaturabhängig ist. Diese Beeinträchtigung des Gerinnungssystems wird laborchemisch in den Standardtests und Point-of-Care Tests jedoch nicht nachgewiesen, da die Tests bei einer Standardtemperatur von 37 °C durchgeführt werden.

## ▲ CAVE

Normale Laborparameter der Gerinnung bei unterkühlten Patienten täuschen daher eine falsche Sicherheit vor und werden der klinischen Situation nicht gerecht. Diese sagen im besten Fall nur aus, dass die

plasmatische Gerinnung intakt wäre, wenn der Patient normotherm wäre [42, 43].

## Postoperative Wundinfektionen

Eine perioperative Hypothermie erhöht die Rate an Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen [2,44,, 40, 43–45].

Hypotherme Patienten hatten nach einem kolorektalen Eingriff ein 3-fach erhöhtes Risiko einer postoperativen Wundinfektion mit Keimnachweis, verglichen mit Patienten, die intraoperativ mittels Wärmedecken normotherm gehalten wurden [40]. Bei Patienten mit präoperativer Vorwärmung konnte hingegen eine verminderte Rate an Wundinfektionen nachgewiesen werden [46].

Es bestehen folgende Zusammenhänge zwischen Hypothermie und postoperativen Wundinfektionen: Thermoregulatorische Vasokonstriktion führt im Operationsgebiet zur **Minderperfusion** und senkt dort den **O<sub>2</sub>-Partialdruck im Gewebe**. Die Produktion von Sauerstoffradikalen zur Keimbekämpfung nimmt unter Hypothermie ab [47], die bakterizide Kapazität der Granulozyten sowie die Lymphozytenaktivierung und die Produktion proinflammatorischer Zytokine sind signifikant vermindert [40,49,, 48–50], die Plasmakortisolspiegel hingegen erhöht [48]. Das Ausmaß der Kollagenvernetzung ist bei Hypothermie verringert [40].

## Kardiovaskuläres System

Perioperative Hypothermie führt zu einer verstärkten humoralen Stressantwort, v. a. zu einer erhöhten Katecholaminausschüttung [51].

Diese erhöhte Ausschüttung von Katecholaminen (v. a. Noradrenalin) verursacht eine periphere Vasokonstriktion und einen Anstieg von Herzfrequenz, systemischem und pulmonalarteriellen Druck. Als Folge davon

haben hypotherme Patienten ( $<35\text{ °C}$ ) nach peripherer Bypassoperation im postoperativen Verlauf eine signifikant höhere Inzidenz an ischämischen Repolarisationsstörungen im EKG und Angina pectoris [52]. Die Art der Narkose, ob Allgemein- oder Regionalverfahren, hat dabei keinen Einfluss auf die Inzidenz kardialer Komplikationen [52].

Das Risiko eines kardialen Krankheitsereignisses scheint dabei nicht intraoperativ, sondern v. a. postoperativ erhöht zu sein. Die perioperative Aufrechterhaltung von Normothermie wird daher bei kardialen Risikopatienten auch in internationalen Leitlinien empfohlen [53].

### ▲ CAVE

Pathologische, ischämische EKG-Veränderungen und kardiale Zwischenfälle wie instabile Angina pectoris, Myokardinfarkt oder Herzstillstand treten bei hypothermen Patienten (Durchschnittstemperatur  $34,5\text{ °C}$ ) 3-mal häufiger auf [54].

Die myokardialen Ischämien sind dabei nicht mit den Phasen des Muskelzitterns gekoppelt, sondern Folge der humoralen Stressantwort. Wird intraoperativ auf eine Wärmezufuhr verzichtet, ist das Risiko eines schwerwiegenden, kardialen Zwischenfalls um ca. 55 % erhöht [54].

## 5 Leitlinien zur Vermeidung von perioperativer Hypothermie

---

Bereits geringe intraoperative Temperaturabfälle von im Mittel  $1,3\text{--}1,9\text{ °C}$  können Komplikationen hervorrufen.

Daher sind in den letzten Jahren viele nationale Leitlinien erschienen, die sich der Vermeidung von perioperativer Hypothermie widmen.

- Die amerikanischen ASPAN Guidelines von 2001, die 2009 und 2010 [55] aktualisiert wurden.
- Die englische NICE Guideline aus dem Jahr 2008, die 2016 [56] aktualisiert wurde und die
- Interdisziplinäre Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie, der Österreichischen Gesellschaft für Anästhesie, Reanimation und Intensivmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste [19], die 2014 veröffentlicht wurde.

Alle diese Leitlinien wird empfohlen, perioperativ eine Körperkerntemperatur von 36 °C nicht zu unterschreiten [19, 55, 56].

Dazu fordern die Leitlinien eine Messung der Körperkerntemperatur, die präoperative Vorwärmung und die aktive Wärmetherapie während Allgemeinanästhesie und rückenmarksnaher Regionalanästhesie [19, 56].

## 6 Temperaturmessung

---

Eine klinisch signifikante Änderung der Körperkerntemperatur ist bei jeder Allgemeinanästhesie, Regionalanästhesie und Sedierung >30 min zu erwarten. Daher sollte dann eine Temperaturmessung kontinuierlich oder in regelmäßigen Abständen erfolgen [19].

Idealerweise sollte perioperativ die Körperkerntemperatur immer am gleichen Ort und mit der gleichen Methode gemessen werden [19]. Leider ist dies zurzeit nicht immer sinnvoll möglich.

# Temperaturmessorte und -methoden

- Pulmonalarterielle und arterielle Messung
- Direkt tympanale Kontaktmessung
- Ösophageale Messung
- Orale und nasopharyngeale Messungen
- Zero-Heat-Flux-Temperaturmessung bzw. Double-Sensor-Temperaturmessung
- Vesikale Messung
- Rektale Messung
- Gehörgangsmessung

Aus Tab. [1](#) sind die Vor- und Nachteile der einzelnen Messmethoden und -orte ersichtlich.

---

## Tab. 1 Vor- und Nachteile der verschiedenen Temperaturmessmethoden

---

Ausreichend genau und praktikabel sind unter den meisten klinischen Umständen die ösophageale Messung, die orale und nasopharyngeale Messung, die Zero-Heat-Flux-Temperaturmessung bzw. Double-Sensor-Temperaturmessung und die vesikale Messung [[19](#), [56](#)]. Die Infrarot-Ohr- und axilläre Temperaturmessung sollten hingegen nicht eingesetzt werden, da sie zu ungenau sind [[19](#)]. Grundsätzlich sollte beachtet werden, dass möglichst fern vom OP-Feld gemessen wird, da es sonst zu deutlichen Verfälschungen der Messung kommen kann.

Die am häufigsten verwendete Methode ist die nasopharyngeale Temperaturmessung, da sie sehr einfach durchzuführen und ausreichend genau ist [[57](#)].

## 7 Prophylaxe und Therapie der Hypothermie

---

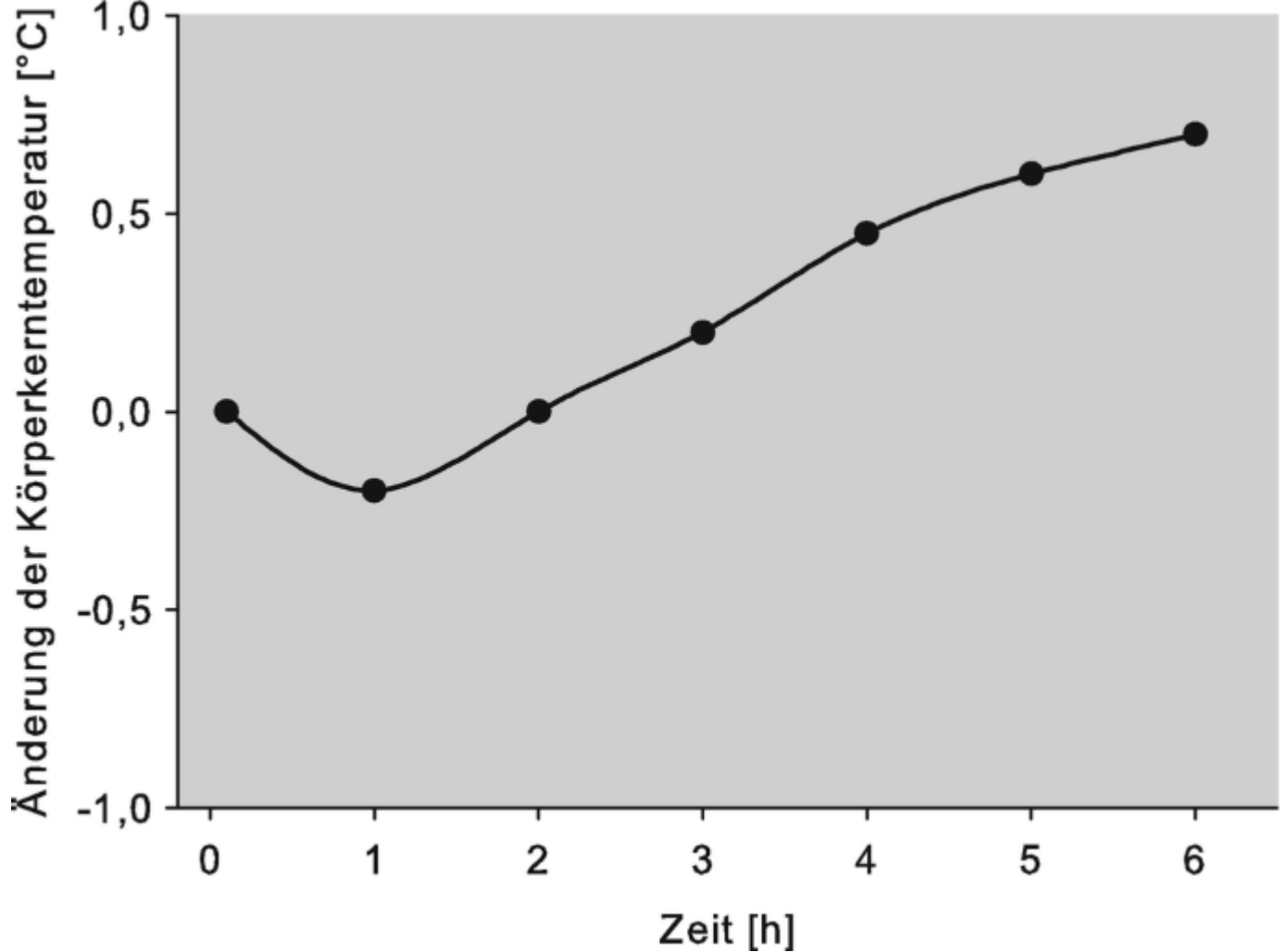
### 7.1 Maßnahmen vor Narkosebeginn

Sowohl die deutschsprachigen Leitlinien [[19](#)] als auch die neuesten Leitlinien des National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE; [[56](#)]) empfehlen, Patienten vor der Narkose aktiv vorzuwärmen. Aktive Vorwärmung ist das einzige Verfahren, mit dem der der Wärmeumverteilung nach Narkoseeinleitung kausal entgegengewirkt werden kann.

Der rasche Temperaturabfall infolge Vasodilatation und Wärmeumverteilung in der ersten Stunde (Abb. [3](#) und [5](#)) ist durch intraoperative Maßnahmen nicht zu verhindern. Dies ist nur durch aktive Vorwärmung möglich.

---

**Abb. 5**



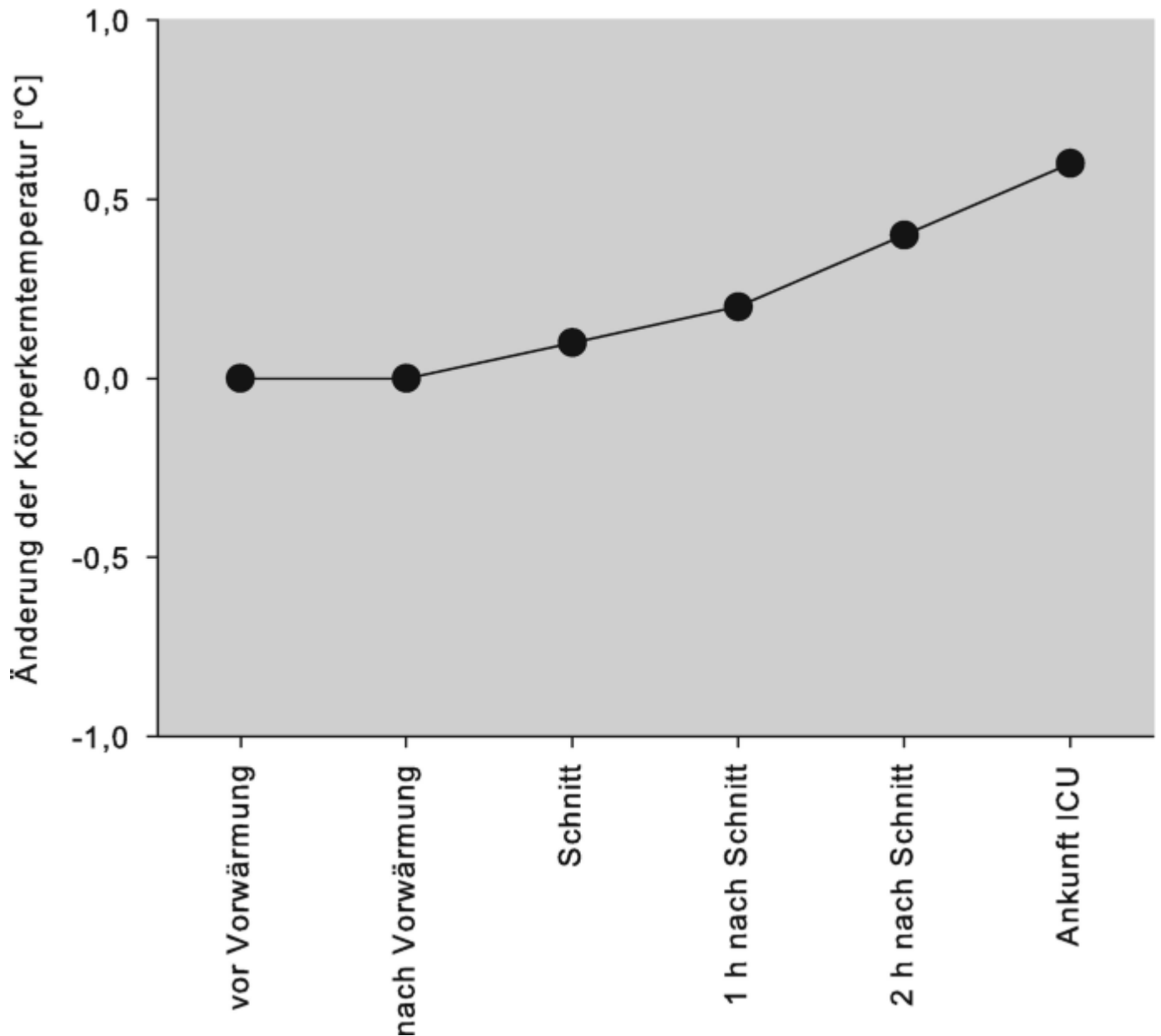
Verlauf der Körperkerntemperatur während einer Allgemeinanästhesie mit aktiver intraoperativer Wärmetherapie. Das schnelle Absinken der Körperkerntemperatur in der ersten Stunde nach Narkoseeinleitung ist weiterhin sichtbar. Danach langsamer Anstieg der Körperkerntemperatur durch die effektive intraoperative Wärmetherapie. (Nach: [27])

Durch Vorwärmung wird der Wärmegehalt in den peripheren Kompartimenten des Körpers angehoben. Dies führt dazu, dass die Wärmeumverteilung aus dem Körperkern in die Körperperipherie nach Narkoseeinleitung erheblich reduziert wird [58, 59].

Vorwärmung kann auf der Normalstation, in der Wartezone oder im Narkoseeinleitungsraum des OPs durchgeführt werden [59, 60]. Dazu können normale konvektive Luftwärmedecken, spezielle Wärmehemden oder auch konduktive Wärmematten verwendet werden.

Die Vorwärmung vor Narkosebeginn und konsequente Fortsetzung der Wärmetherapie in Narkose verhindert eine postoperative Hypothermie bei 68–86 % der Patienten [58–61]. Bereits eine Vorwärmezeit <15 min scheint bezüglich der Vermeidung der Hypothermie hocheffektiv zu sein. (Abb. 6; [63])

**Abb. 6**



Verlauf der Körperkerntemperatur während einer Allgemeinanästhesie mit aktiver Vorwärmung und intraoperativer Wärmetherapie. Das schnelle Absinken der Körperkerntemperatur in der ersten Stunde nach Narkoseeinleitung ist nicht mehr sichtbar. (Nach: [62])

## 7.2 Maßnahmen während der Narkose

Eine aktive Wärmetherapie mittels Warmluftgebläse und Wärmedecke (konvektive Wärmetherapie) wird bei einer zu erwartenden Anästhesiedauer >30 min von Beginn der Narkoseeinleitung an empfohlen [19, 56]. Die Empfehlung, dass von Beginn der Narkoseeinleitung an aktiv gewärmt werden soll heißt, dass auch in jedem Narkoseeinleitungsraum eine Möglichkeit zur aktiven Wärmetherapie bestehen muss. Diese Empfehlung einer aktiven Wärmetherapie von Beginn der Narkoseeinleitung an widerspricht eindeutig dem Vorgehen, dass Patienten erst nach Lagerung, Desinfektion des OP-Gebiets und Abdecken aktiv gewärmt werden. Ein solches Vorgehen verkürzt die Zeit der Wärmetherapie relevant und erhöht das Risiko für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie. Auch aus hygienischer Sicht spricht nichts dagegen so frühzeitig zu wärmen [64].

Je nach Verwendung einer Ober-, Unter-, Ganzkörper- oder Unterlegdecke können 30–70 % der Körperoberfläche von Warmluft erreicht werden [65]. Je größer die gewärmte Körperoberfläche ist, desto größer ist die Effektivität dieser Maßnahme [65]. Grundsätzlich sollte versucht werden, diejenige Wärmedecke zu verwenden, die die größtmögliche luftexponierte Hautoberfläche während der Operation bedeckt, da dadurch die Wärmebilanz der Patienten deutlich leichter positiv gestaltet werden kann [65]. Hygienische Bedenken bezüglich eines erhöhten Infektionsrisikos sind unbegründet [64, 66]. Das Verbrennungsrisiko ist bei regelrechter Handhabung sehr gering.

Eine intraoperative Wärmezufuhr durch Konduktion kann mit Hilfe von Heizmatten, Matratzen oder Wärmetauschern erfolgen. Elektrische Heizmatten und Warmwassermatratzen die unter den Patienten gelegt werden können weniger als 30 % der Körperoberfläche aktiv wärmen [67]. Auf den Patienten gelegte Wärmematten steigern die Effizienz von konduktiver Wärmung beträchtlich, da dadurch eine größere Körperoberfläche erreicht werden kann und die Wärme an einem Ort appliziert wird, an dem sonst hohe Wärmeverluste auftreten [19, 68, 69]. Dann können konduktive Wärmematten eine Alternative

zur konvektiven Wärmetherapie sein. Ein Nachteil der elektrischen Heizmatten sind mögliche Verbrennungen, hervorgerufen einerseits durch Überhitzung der Matte und andererseits durch verminderte Perfusion der Körperauflagefläche in Rückenlage.

Zusätzlich zur aktiven Wärmezufuhr wird eine Isolierung der restlichen Körperoberfläche zur Minimierung von Wärmeverlusten empfohlen [[19](#), [70](#)].

### ▲ CAVE

Unter Metallfolien kann sich auf der körperzugewandten Seite Kondenswasser bilden und bei elektrischer Kauterisation zu Verbrennungen führen.

Eine ebenfalls wichtige Maßnahme zur Prophylaxe der perioperativen Hypothermie besteht darin, den **Zeitraum zu minimieren**, in dem der Patient auskühlen kann: ein kurzes Zeitintervall von Narkoseeinleitung bis zum Operationsbeginn und kurze Operationszeiten sind auch aus diesem Grunde sinnvoll.

Die **Erhöhung der Raumtemperatur im OP** ist in der Kinderchirurgie sinnvoll, um den Wärmeverlust durch Radiation zu vermindern. In der Erwachsenen Chirurgie dagegen wird dieser Effekt auf die Minderung des Wärmeverlusts als gering angesehen [[71](#)], zumal erst Saaltemperaturen über 26 °C einen Abfall der Körperkerntemperatur unabhängig vom Patientenalter verhindern können [[72](#)].

Die **Anfeuchtung der Atemgase** durch passive Atemluftbefeuchter reduziert ebenso wie ein **niedriger Frischgasfluss** den Wärmeentzug durch

Wasserverdunstung auf ein Minimum [[21](#)].

Zahlreiche Infusionswärmer oder **Durchflusserwärmer** sind heute verfügbar. Ihre Leistungsfähigkeit differiert konstruktionsbedingt sehr stark. Je nach Flussrate und Länge des unisolierten Infusionssystems (nach der Wärmeeinheit bis zum Patient) fällt die Temperatur der zugeführten Flüssigkeit deutlich ab [[32](#), [73](#)]. Die NICE-Guidelines und die deutschsprachigen Leitlinien empfehlen, Infusionslösungen (>500 ml/h) und Blutprodukte mit einem Durchflusserwärmer auf 37 °C zu erwärmen [[19](#), [56](#)].

Werden intraoperativ zusätzlich zur konvektiven Wärmetherapie die Infusionslösungen angewärmt, steigt im Vergleich zur Kontrollgruppe die Körperkerntemperatur und damit die Wahrscheinlichkeit, dass der Patient normotherm [[74](#)] aus der Narkose erwacht.

Eine optimale Hypothermieprophylaxe besteht aus einer Kombination von konvektiver Wärmetherapie (Warmluftdecken) und Anwärmung der Infusionen und Transfusionen mit Durchflusswärmern.

### **7.3 Postoperative Maßnahmen**

Die Temperatur des Patienten sollte bei Ankunft im Aufwachraum und dann in Abständen von 15 min gemessen werden bis der Patient normotherm ist. Bei Hypothermie, intensivem Kältegefühl oder Kältezittern sollte der Patient aktiv gewärmt werden. Bei Verlegung auf die Normalstation sollte der Patient normotherm sein [[19](#)].

Aufgrund der erhöhten Inzidenz an postoperativen kardialen Zwischenfällen [[54](#)] bedürfen hypotherme Patienten mit hohem koronarem Risiko der besonderen Aufmerksamkeit. Falls eine Hypothermie <36 °C nicht verhindert werden kann, sollte die Narkose bei allen Patienten in die postoperative Phase hinein verlängert und der Patient nachbeatmet und gewärmt werden. Diese

Empfehlung ist praxisfern und kann auch nicht gut Daten belegt werden. In vielen Kliniken werden Patienten mit einer Körperkerntemperatur unter 35,5 °C nicht mehr auf dem OP-Tisch extubiert, sondern sediert und beatmet zur Wiedererwärmung in den Aufwachraum verlegt.

Extubierte, wache Patienten im Aufwachraum sollten bei einer Hypothermie <36 °C aktiv gewärmt werden und erst bei Erreichen von Normothermie (36 °C) auf die Normalstation verlegt werden [[28](#)].

Die wieder intakte Thermoregulation nach Beendigung der Anästhesie isoliert den Körperkern durch periphere Vasokonstriktion von der Körperschale und erschwert dadurch die Aufwärmung von außen. Deshalb muss das Hauptaugenmerk auf der prä- und intraoperativen Vermeidung von Wärmeverlusten bzw. der Wärmebehandlung liegen.

Dennoch hat auch postoperative Wärmetherapie ihre Berechtigung – sowohl zur Prophylaxe und Therapie des Muskelzitterns als auch zur Minderung der Belastung des Herz-Kreislauf-Systems.

Als medikamentöse Therapie des Muskelzitterns haben sich Clonidin (0,075–0,150 mg i.v.) und Pethidin (25–50 mg i.v.) bewährt.

Die spezifische Wirkung von Pethidin wird auf die Veränderung der Temperaturschwelle für thermoregulatorisches Muskelzittern zurückgeführt. Clonidin senkt sowohl die Temperaturschwelle für thermoregulatorisches Muskelzittern als auch für periphere Vasokonstriktion [[28](#)]. Tramadol (1–3 mg/kgKG) hat vergleichbare Effekte wie Pethidin (0,5 mg/kgKG) [[75](#)].

## Literatur

---

1. Sessler DI (2000) Perioperative heat balance. *Anesthesiology* 92:578–596

2. Bräuer A, Perl T, Quintel M (2006) Perioperatives Wärmemanagement. *Anaesthesist* 55:1321–1339

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

3. Toyota K, Sakura S, Saito Y et al (2004) The effect of pre-operative administration of midazolam on the development of intra-operative hypothermia. *Anaesthesia* 59:116–121

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

4. Mizobe T, Nakajima Y, Sunaguchi M, Ueno H, Sessler DI (2005) Clonidine produces a dose-dependent impairment of baroreflex-mediated thermoregulatory responses to positive end-expiratory pressure in anaesthetized humans. *Br J Anaesth* 94:536–541

[CAS](#) [PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

5. Mitchell AM, Kennedy RR (2001) Preoperative core temperatures in elective surgical patients show an unexpected skewed distribution. *Can J Anesth* 48:850–853

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

6. Wetz AJ, Perl T, Brandes IF et al (2016) Unexpectedly high incidence of hypothermia before induction of anesthesia in elective surgical patients. *J Clin Anesth* 34:282–289

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

7. Kudoh A, Takase H, Takazawa T (2003) Chronic treatment with antidepressants decreases intraoperative core hypothermia. *Anesth Analg* 97:275–279

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

8. Kudoh A, Takase H, Takazawa T (2004) Chronic treatment with antipsychotics enhances intraoperative core hypothermia. *Anesth Analg* 98:111–115

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

9. Matsukawa T, Sessler DI, Sessler AM et al (1995) Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 82:662–673

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

10. Sessler DI (1997) Mild perioperative hypothermia. *N Engl J Med* 336:1730–1737

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

11. Kurz A, Plattner O, Sessler DI et al (1993) The threshold for thermoregulatory vasoconstriction during Nitrous Oxide/Isoflurane anesthesia is lower in elderly than in young patients. *Anesthesiology* 79:465–469

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

12. Ozaki M, Kurz A, Sessler DI et al (1994) Thermoregulatory thresholds during epidural and spinal anesthesia. *Anesthesiology* 81:282–288

13. Frank SM, El-Rahmany HK, Cattaneo CG, Bames RA (2000) Predictors of hypothermia during spinal anaesthesia. *Anaesthesiology* 92:1330–1334

[CAS](#) [Google Scholar](#)

14. Emerick TH, Ozaki M, Sessler DI, Walters K, Schroeder M (1994) Epidural anesthesia increases apparent leg temperature and decreases the shivering threshold. *Anesthesiology* 81:289–298

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

15. Sessler DI (2008) Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anaesthesiology* 109:318–338

[Google Scholar](#)

16. Hui CK, Huang CH, Lin CJ et al (2006) A randomised double-blind controlled study evaluating the hypothermic effect of 150  $\mu$ g morphine during spinal anaesthesia for Caesarean section. *Anaesthesia* 61:29–31

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

17. Joris JL, Ozaki M, Sessler DI et al (1994) Epidural anaesthesia impairs both central and peripheral thermoregulatory control during general anesthesia. *Anesthesiology* 80:268–277

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

18. Kongsayreepong S, Chaibundit C, Chadpaibool J et al (2003) Predictor of core hypothermia and the surgical intensive care unit. *Anesth Analg* 96:826–833

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

19. Torossian A, Bräuer A, Höcker J et al (2015) Klinische Leitlinie: Vermeidung von unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie. *Dtsch Arztebl Int* 112:166–172

[PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

20. Weyland W, Hintzenstern U (1999) Infusionswärmeverfahren. In: Hintzenstern U (Hrsg) *Lightfaden Infusionspraxis*. G. Fischer, Stuttgart, S 61–66

[Google Scholar](#)

21. Bissonnette B, Sessler DI (1989) Passive or active inspired gas humidification in infants and children. *Anesthesiology* 71:381–384

[Google Scholar](#)

22. Kitamura A, Hoshino T, Kon T et al (2000) Patients with diabetic neuropathy are at risk of a greater intraoperative reduction in core temperature. *Anesthesiology* 92:1311–1318

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

23. Abelha FJ, Castro MA, Neves AM et al (2005) Hypothermia in a surgical intensive care unit. *BMC Anesthesiol* 5:7–17

24. Karalapillai D, Story D, Calzavacca P et al (2009) Inadvertent hypothermia and mortality in postoperative intensive care patients: retrospective audit of 5050 patients. *Anaesthesia* 64:968–972

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

25. Karalapillai D, Story D, Hart GK et al (2013) Postoperative hypothermia and patient outcomes after major elective non-cardiac surgery. *Anaesthesia* 68:605–611

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

26. Karalapillai D, Story D, Hart GK et al (2011) Postoperative hypothermia and patient outcomes after elective cardiac surgery. *Anaesthesia* 66:780–784

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

27. Sun Z, Honar H, Sessler DI et al (2015) Intraoperative core temperature patterns, transfusion requirement, and hospital duration in patients warmed with forced air. *Anesthesiology* 122:276–285

[PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

28. Schäfer M, Kunitz O (2002) Postoperatives shivering. *Anaesthesist* 51:768–783

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

29. Horn EP, Sessler DI, Standl T et al (1998) Non-thermoregulatory shivering in patients recovering from isoflurane or desflurane anesthesia. *Anesthesiology* 89:878–886

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

30. Eberhart LH, Döderlein F, Eisenhardt G et al (2005) Independent risk factors for postoperative shivering. *Anesth Analg* 101:1849–1857

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

31. Horn EP, Schroeder F, Wilhelm S et al (1999) Postoperative pain facilitates nonthermoregulatory tremor. *Anesthesiology* 91:979–984

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

32. Frank SM, Beattie C, Fleisher LA et al (1995) Multivariate determinants of early postoperative oxygen consumption in elderly patients. *Anesthesiology* 83:241–249

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

33. Tortorici MA, Kochanek PM, Poloyac SM (2007) Effects of hypothermia on drug disposition, metabolism, and response: a focus of hypothermia-mediated alterations on the cytochrome P 450 enzyme system. *Crit Care Med* 35:2196–2204

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

34. Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR, Moayeri A (1995) Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg* 80:1007–1014

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

35. Heier T, Caldwell JE, Sessler DI, Miller RD (1991) Mild hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide–isoflurane anesthesia in humans. *Anesthesiology* 74:815–819

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

36. Beaufort AM, Wierda JM, Belopavlovic M et al (1995) The influence of hypothermia (surface cooling) on the time– course of action and on the pharmacokinetics of rocuronium in humans. *Eur J Anaesthesiol Suppl* 11:95–106

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

37. Heier T, Caldwell JE (2006) Impact of hypothermia on the response to neuromuscular blocking drugs. *Anesthesiology* 104:1070–1080

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

38. Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI (2008) The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anaesthesiology* 108:71–77

[Google Scholar](#)

39. Schmied H, Kurz A, Sessler DI, Kozek S, Reiter A (1996) Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty. *Lancet* 347:289–292

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

40. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R (1996) Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical wound infection and shorten hospitalization. *N Engl J Med* 334:1209–1215

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

41. Winkler M, Akça O, Birkenberg B et al (2000) Aggressive warming reduces blood loss during hip arthroplasty. *Anesth Analg* 91:978–984

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

42. Rohrer MJ, Natale AM (1992) Effect of hypothermia on the coagulation cascade. *Crit Care Med* 20:1402–1405

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

43. Sessler DI (2001) Complications and treatment of mild hypothermia. *Anesthesiology* 95:531–543

[CAS](#) [Google Scholar](#)

44. Hachenberg T, Sentürk M, Jannasch O, Lippert H (2010) Postoperative Wundinfektionen. *Anaesthesist* 59:851–868

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

45. Pietsch AP, Lindenblatt N, Klar E (2007) Perioperative Hypothermie-Beeinflussung der Wundheilung. *Anaesthesist* 56:936–939

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

46. Melling AC, Ali B, Scott EM, Leaper DJ (2001) Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomised controlled trial. *Lancet* 358:876–880

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

47. Wenisch C, Narzt E, Sessler DI et al (1996) Mild intraoperative hypothermia reduces production of reactive oxygen intermediates by polymorphonuclear leukocytes. *Anesth Analg* 82:810–816

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

48. Beilin B, Shavit Y, Razumovsky J et al (1998) Effects of mild perioperative hypothermia on cellular immune responses. *Anesthesiology* 89:1133–1140

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

49. Fröhlich D, Wittman S, Rothe G et al (2004) Mild hypothermia down-regulates receptor-dependent neutrophil function. *Anesth Analg* 99:284–292

[PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

50. Van Oss CM, Absolom DR, Moore LL et al (1980) Effect of temperature on the chemotaxis, phagocytotic engulfment, digestion and O<sub>2</sub> consumption of human polynuclear leukocytes. *J Reticuloendothel Soc* 27:561–565

51. Frank SM, Higgins MS, Breslow MJ et al (1995) The catecholamine, cortisol, and hemodynamic responses to mild perioperative hypothermia. *Anesthesiology* 82:83–93

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

52. Frank SM, Beattie C, Christopherson R et al (1993) Unintentioned hypothermia is associated with postoperative myocardial ischemia. *Anesthesiology* 78:468–476

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

53. Fleisher LA, Fleischmann KE, Auerbach AD et al (2014) 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: executive summary. *J Am Coll Cardiol* 64:2373–2405

[Google Scholar](#)

54. Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ et al (1997) Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events. *JAMA* 227:1127–1137

[Google Scholar](#)

55. Hooper VD et al (2010) ASPA's evidence-based clinical practice guideline for the promotion of perioperative normothermia: second edition. *J Perianesth Nurs* 25:346–365

56. National Institute for Health and Clinical Excellence (2016) Hypothermia: prevention and management in adults having surgery . NICE clinical guideline 65. <https://www.nice.org.uk/guidance/cg65>. Zugegriffen am15.07.2017

57. Bräuer A, Russo M, Nickel EA et al (2015) Anwendungsrealität des perioperativen Wärmemanagements in Deutschland. Ergebnisse einer Online-Umfrage. Anästh Intensivmed 56:287–297

[Google Scholar](#)

58. Andrzejowski J, Hoyle J, Eapen G, Turnbull D (2008) Effect of prewarming on post-induction core temperature and the incidence of inadvertent perioperative hypothermia in patients undergoing general anaesthesia. Br J Anaesth 101:627–631

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

59. Bräuer A, Brandes IF, Perl T et al (2014) Vorwärmung: Von der Kür zur Pflicht. Anaesthesist 63:406–414

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

60. Bräuer A, Waeschle RM, Heise D et al (2010) Präoperative Vorwärmung in der klinischen Routine. Anaesthesist 59:842–850

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

61. Vanni SM, Braz JR, Modolo NS et al (2003) Preoperative combined with intraoperative skin-surface warming avoids hypothermia caused by general anaesthesia and surgery. *J Clin Anesth* 15:119–125

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

62. Horn EP, Bein B, Broch O et al (2016) Warming before and after epidural block before general anaesthesia for major abdominal surgery prevents perioperative hypothermia. A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 33:334–340

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

63. Horn EP, Bein B, Böhm R et al (2012) The effect of short time periods of pre-operative warming in the prevention of peri-operative hypothermia. *Anaesthesia* 67:612–617

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

64. Bräuer A, Scheithauer S (2016) Prävention der unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie. *Krankenhaushygiene Up2date* 11:291–301

[Google Scholar](#)

65. Bräuer A, Quintel M (2009) Forced-air warming. Technology, physical background and practical aspects. *Curr Opin Anesthesiol* 22:769–774

[Google Scholar](#)

66. Huang JKC, Shah EF, Vinodkumar N et al (2003) The bair hugger patient warming system in prolonged vascular surgery: an infection risk? Crit Care 7:R13–R16

[PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

67. Bräuer A, Pacholik L, Perl T et al (2004) Conductive heat exchange with a gel-coated circulating water mattress. Anesth Analg 99:1742–1746

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

68. Bräuer A, Pacholik L, Perl T et al (2004) Wärmetransfer bei konduktiver Wärmung durch Wassermatten. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 39:471–476

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

69. Matsuzaki Y, Matsukawa T, Ohki K et al (2003) Warming by resistive heating maintains perioperative normothermia as well as forced air heating. Br J Anaesth 90:689–691

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

70. Bräuer A, Perl T, Uyanik Z et al (2004) Perioperative thermal insulation: minimal clinically important differences? Br J Anaesth 92:836–840

[PubMed](#) [Google Scholar](#)

71. Frank SM, Beattie C, Christopherson R et al (1992) Epidural vs. general anesthesia, ambient operating room temperature, and patient age as predictors of inadvertent hypothermia. Anesthesiology 77:252–257

72. El-Gamal N, El-Kassabany N, Frank SM et al (2000) Age-related thermoregulatory differences in a warm operating room environment (approximately 26 °C). *Anesth Analg* 90:694–698

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

73. Schmidt JH, Weyland W, Fritz U et al (1996) Experimentelle Untersuchung zur Effektivität verschiedener Infusions- und Blutwärmeverfahren. *Anaesthesist* 45:1067–1074

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

74. Smith CE, Desai R, Glorioso V et al (1998) Preventing hypothermia: convective and intravenous fluid warming vs. convective warming alone. *J Clin Anesth* 10:380–385

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

75. Mohta M, Kumari N, Tyagi A et al (2009) Tramadol for prevention of postanaesthetic shivering: a randomised double-blind comparison with pethidine. *Anaesthesia* 64:141–146

[CAS](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

## Author information

---

### Authors and Affiliations

Klinik für Anaesthesiologie, Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen, Deutschland

A. Bräuer

## Corresponding author

Correspondence to [A. Bräuer](#).

## Editor information

---

### Editors and Affiliations

**Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Aachen RWTH Aachen, Aachen, Germany**

Rolf Rossaint

**Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Mainz, Mainz, Germany**

Christian Werner

**Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum München Klinikum Großhadern, München, Germany**

Bernhard Zwißler

## Section Editor information

---

**Klinikum der Universität München, Klinik für Anästhesiologie, München, Deutschland**

Bernhard Zwißler

## Rights and permissions

---

[Reprints and permissions](#)

## Copyright information

---

© 2019 Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## About this chapter

---

## Cite this chapter

Bräuer, A. (2019). Anästhesie und Thermoregulation. In: Rossaint, R., Werner, C., Zwißler, B. (eds) Die Anästhesiologie. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54507-2\\_65](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54507-2_65)

[.RIS](#)  [.ENW](#)  [.BIB](#) 

DOI	Published	Publisher Name
<a href="https://doi.org/10.1007/978-3-662-54507-2_65">https://doi.org/10.1007/978-3-662-54507-2_65</a>	24 April 2019	Springer, Berlin, Heidelberg
Print ISBN	Online ISBN	eBook Packages
978-3-662-54505-8	978-3-662-54507-2	<u>Medicine (German Language)</u>

## Share this chapter

Anyone you share the following link with will be able to read this content:

[Get shareable link](#)

Provided by the Springer Nature SharedIt content-sharing initiative

## Publish with us

[Policies and ethics](#) 