

Perioperative Antibiotikaprophylaxe – was, wann und wie viel?

Perioperative antibiotic prophylaxis – what, when and how much?

C. Lanckohr¹

► **Zitierweise:** Lanckohr C: Perioperative Antibiotikaprophylaxe – was, wann und wie viel?

Anästh Intensivmed 2026;67:16–28. DOI: 10.19224/ai2026.016

Zusammenfassung

Die perioperative Antibiotikaprophylaxe (PAP) stellt eine zentrale Maßnahme zur Prävention postoperativer Wundinfektionen dar und ist ein wichtiger Bestandteil der anästhesiologischen Betreuung in der perioperativen Phase. Die im Dezember 2024 publizierte S3-Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF) bietet evidenzbasierte Empfehlungen für die korrekte Durchführung der PAP. Die Indikationsstellung richtet sich nach der Wundklassifikation und patientenspezifischen Risikofaktoren. Eine PAP wird generell bei „sauber-kontaminierten“ Eingriffen empfohlen, bei „sauberen“ Operationen sind Risikofaktoren wie Implantatverwendung oder Immunsuppression zu berücksichtigen. Die Substanzwahl orientiert sich primär an der Keimflora des Operationsfelds, wobei *Staphylococcus aureus* bei vielen Eingriffen eine zentrale Rolle spielt. Standardsubstanzen in der Antibiotikaprophylaxe sind Cephalosporine der ersten und zweiten Generation sowie Aminopenicilline mit β-Lactamaseinhibitor. Bei Kolonisation mit multiresistenten Erregern kann eine spezifische Erweiterung des PAP-Spektrums erforderlich werden. Pharmakologisch wichtige Aspekte umfassen die gewichtsbasierte Dosisanpassung ab 100–120 kg Körpergewicht, die Applikation 30–60 Minuten vor Hautschnitt und intraoperative Repetitionsdosen nach zwei Halbwertszeiten der jeweiligen Antibiotika. Die PAP sollte in der Regel bei Operationsende be-

endet werden; Verlängerungen sind nur in wenigen definierten Situationen sinnvoll und durch Evidenz gestützt. Trotz klarer Empfehlungen zeigen Studien erhebliche Optimierungspotentiale in der klinischen Praxis, insbesondere bei der inadäquaten Verlängerung der Prophylaxe. Qualitätsmanagement und Antibiotic-Stewardship-Programme sind essentiell für die korrekte Implementierung der PAP.

Summary

Perioperative antibiotic prophylaxis (PAP) is a central measure for the prevention of surgical site infections and is therefore an important component of anaesthetic care in the perioperative phase. A current German guideline, published in December 2024, offers evidence-based recommendations for the correct implementation of PAP. The indication is based on wound classification and patient-specific risk factors. PAP is generally recommended for „clean-contaminated“ procedures, while risk factors such as implant use, or immunosuppression must be considered for „clean“ operations. The choice of substance is primarily based on the local bacterial flora of the surgical field, with *Staphylococcus aureus* playing a central role in many procedures. Standard substances for antibiotic prophylaxis are first- and second-generation cephalosporins and aminopenicillins with β-lactamase inhibitors. In the case of colonisation with multidrug-resistant pathogens, a targeted extension of the PAP spectrum may be necessary. Pharmacologically important

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anästhesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

¹ Institut für Hygiene, Universitätsklinikum Münster
(Direktor: Prof. Dr. A. Mellmann)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Antibiotikaprophylaxe – Wundinfektion – Nosokomiale Infektion – Antibiotic Stewardship

Keywords

Antimicrobial Prophylaxis – Surgical Site Infection – Health-care-associated Infection – Antimicrobial Stewardship

aspects include a weight-based dose adjustment above 100–120kg body weight, the application 30–60 minutes before skin incision and intraoperative repetition doses after two half-lives of the respective antibiotics. PAP should usually be terminated at the end of the operation; extensions are only useful in few defined situations. Despite clear recommendations, studies show considerable potential for optimisation in clinical practice, especially regarding the mostly inadequate prolongation of prophylaxis. Quality management and antibiotic stewardship programmes are essential for the correct implementation of PAP in clinical practice.

Einführung

Die **Prävention der postoperativen Wundinfektion** (surgical site infection, SSI) ist eine wichtige Aufgabe im Management von Patientinnen und Patienten in chirurgischen Disziplinen [1,2]. Neben Maßnahmen der Asepsis und Antiseptik ist die Gabe von Antibiotika als **perioperative Antibiotikaprophylaxe** (PAP) eine zentrale Komponente des Maßnahmenbündels. Typischerweise liegt die Verantwortung für die korrekte Verabreichung der intravenösen PAP in den Händen der Anästhesiologie und ist in den Workflow von Narkoseeinleitung und perioperativer Betreuung integriert. Das Wissen um die richtige Umsetzung der perioperativen Antibiotikaprophylaxe ist daher eine wichtige Kompetenz für Anästhesistinnen und Anästhesisten [3].

Im Dezember 2024 publizierte die Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF) die S3-Leitlinie **Perioperative und Periinterventionelle Antibiotikaprophylaxe** (AWMF-Registernummer 067–009) [4]. Die Leitlinie unterscheidet sich in Inhalt, Umfang und Evidenzgrad deutlich von zuvor in Deutschland verfügbaren Empfehlungen zur PAP. Das Ziel dieses Beitrags ist es, die Kernpunkte der aktuellen Leitlinie zusammenzufassen und sie im Zusammenhang aktueller Evidenz zu diskutieren.

Die perioperative Antibiotikaprophylaxe – Grundgedanken

Die PAP ist eine kurzzeitige, in vielen Situationen einmalige Gabe eines Antibiotikums kurz vor bzw. während einer Operation.

Durch die PAP sollen Erreger, die während des Eingriffs das Operationsfeld kontaminierten könnten, abgetötet oder reduziert bzw. deren Vermehrung verhindert werden. Die PAP als medikamentöse Intervention ergänzt in der Prävention der postoperativen Wundinfektion eine Vielzahl anderer hygienischer Maßnahmen (aseptisches Arbeiten, atraumatische und gewebeschonende Operationstechnik mit sorgfältiger Blutstillung, postoperative Wundversorgung) [5–8]. Um diese Anforderung optimal zu erfüllen, muss die perioperative Antibiotikaprophylaxe korrekt durchgeführt werden. Berücksichtigung finden müssen hierzu Fragen

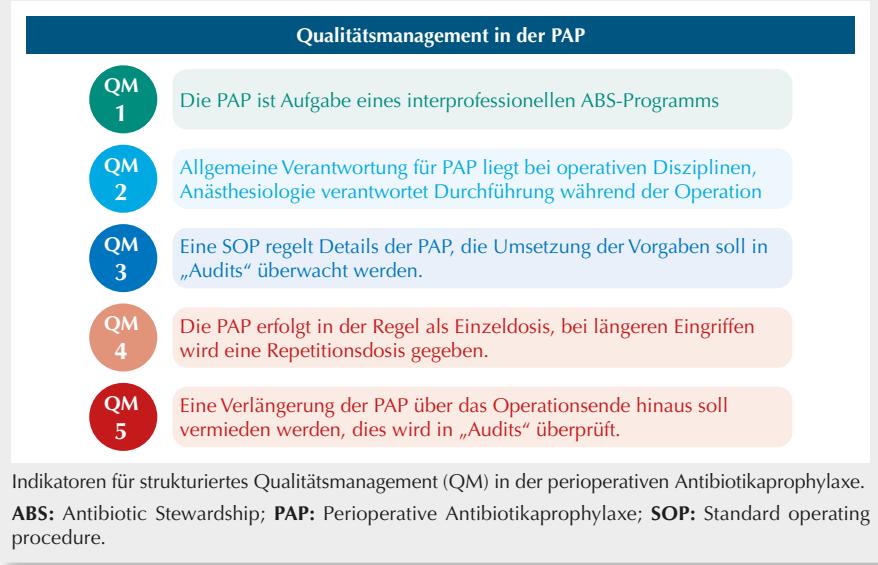
- nach der individuellen Indikation,
- nach der Substanzwahl,
- nach einer individualisierten Dosierung sowie
- nach dem optimalen Zeitpunkt der PAP-Gaben vor und während der Operation.

Diese zentralen Aspekte finden sich auch in den fünf Qualitätsindikatoren, die die S3-Leitlinie nennt (Abb. 1).

Da Antibiotika aufgrund ihrer **ökologischen Kollateralschäden** allerdings nebenwirkungsreiche Medikamente sind, gehört zum rationalen Umgang mit der PAP auch der Versuch, die Antibiotikaeexposition auf das **geringste mögliche Maß** zu reduzieren [9]. Im Vordergrund steht eine Abwägung, ob die PAP im konkreten Fall indiziert ist, sowie die strenge Begrenzung der Antibiotikagabe auf die Dauer der Operation in der überwiegenden Mehrheit der Fälle. Von einer korrekt durchgeführten perioperativen Antibiotikaprophylaxe geht wahrscheinlich kein nennenswertes Risiko einer Resistenzinduktion aus [10] und es gilt, eine **optimale Balance von positiven und negativen Effekten** der Antibiotikaexposition anzustreben.

Während der Effekt der PAP auf die Prävention von Infektionen im Operationsfeld bei vielen Eingriffen gut belegt ist [11], ist ihre Wirksamkeit zur Verhinderung anderer postoperativer Infektionen wie Pneumonie, Harnwegsinfektion oder katheterassoziierte Blutstrominfektion infolge einer Erregerstreuung bisher nicht ausreichend durch Studien belegt. Dies ist erwähnenswert, da immer noch Missverständnisse exis-

Abbildung 1



tieren, welche Ziele die Antibiotikaprophylaxe bei operativen Eingriffen verfolgt. Gleichzeitig muss anerkannt werden, dass der präventive Wert der PAP nicht immer in gleicher Weise gegeben ist. So ist bei Eingriffen mit einer hohen Keimbela stung in Operationsgebieten (Kategorie „clean-contaminated“, z. B. Darmeingriffe, siehe unten) eine größere Risikoreduktion durch die Prophylaxe zu erwarten als bei „sauberen“ Eingriffen [12].

Der Antibiotikaeinsatz bei der PAP ist klar abzugrenzen von der Therapie bereits bestehender Infektionen.

In vielen Situationen wird ein operativer Eingriff zur Fokussierung einer Infektion erfolgen. Die systemische Antibiotikagabe verfolgt in dieser Situation keine prophylaktische, sondern eine therapeutische Intention. Postoperativ wird die Antibiotikatherapie in diesen Fällen in der Regel fortgesetzt.

Indikationsstellung der PAP

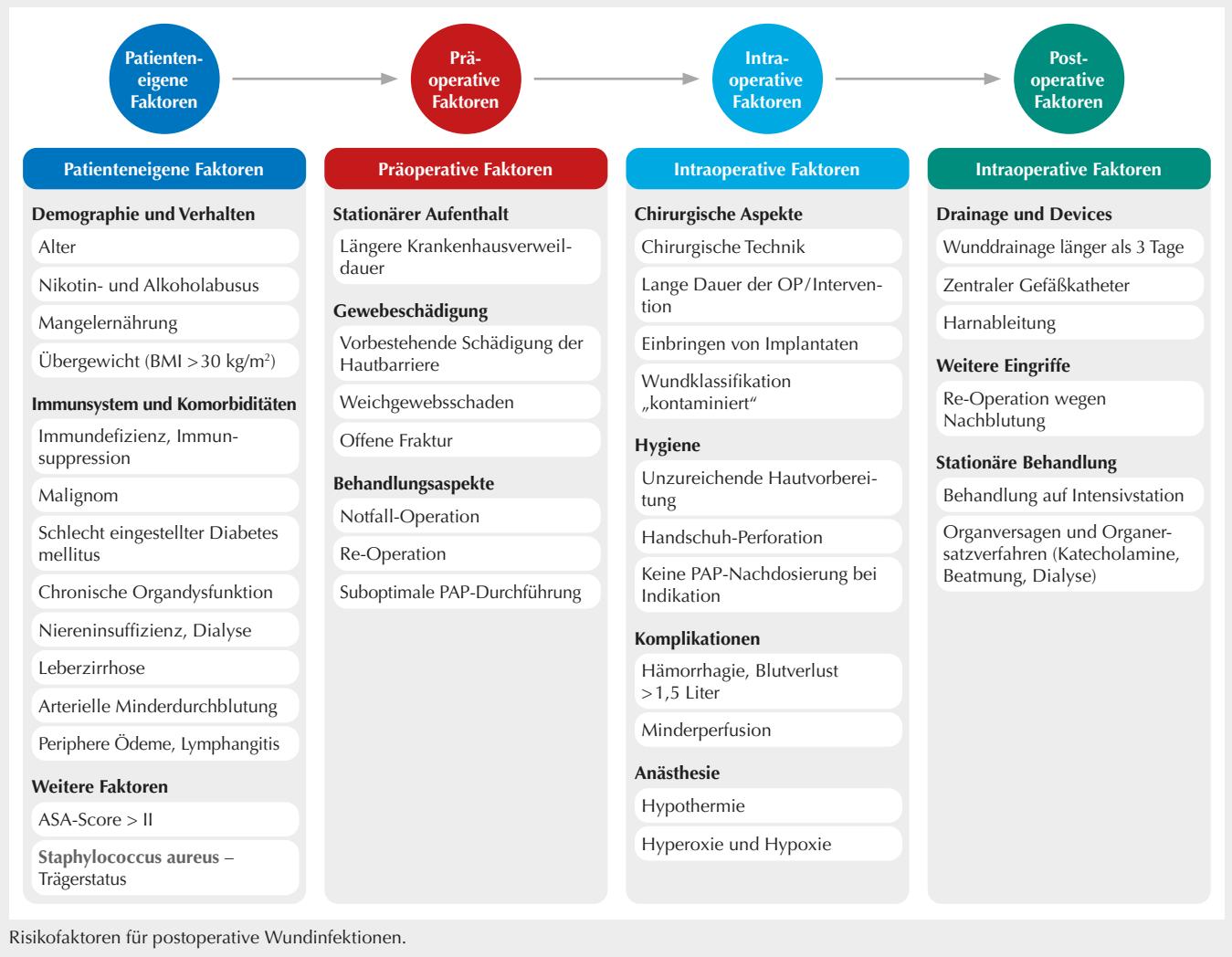
Das individuelle Risiko für eine postoperative Wundinfektion ergibt sich aus einer Reihe von patienteneigenen und operationsbedingten Risikofaktoren, die bei der Indikationsstellung der PAP berücksichtigt werden müssen [4]. In

Abbildung 2 sind wichtige Risikofaktoren zusammengefasst. Nicht alle dieser Risiken können perioperativ modifiziert werden. Eine wichtige Rolle spielt die **bakterielle Erregerlast des Operationsfelds** (Wundklassifikation, Kontaminationsklasse), die eine detaillierte Be trachtung erfordert.

Kontaminationsklassen von Operationen (Wundklassifikation)

In Abhängigkeit der **bakteriellen Kontamination** einer Wunde werden typischerweise vier **Klassen** unterschieden, die mit einem unterschiedlichen Risiko der Wundinfektion assoziiert sind. Diese Einteilung ist auch auf chirurgische

Abbildung 2



Wunden anwendbar, die durch einen geplanten und korrekt durchgeführten Eingriff verursacht werden.

- Eingriffe im nicht mikrobiell kolonisierten oder kontaminierten sowie entzündlich nicht veränderten Gewebe werden der Kategorie „sauber/aseptisch“ („clean“) zugeordnet. Es erfolgt intraoperativ keine Eröffnung mikrobiell besiedelter Hohlraumsysteme. Während der Operation wird mit einwandfreier chirurgischer Technik gearbeitet, am Ende des Eingriffs ist ein primärer Wundverschluss möglich. Typische Beispiele für diese Kategorie sind Operationen an den Weichgeweben (Haut, Subkutangewebe), dem Bewegungsapparat (Knochen, Gelenke, Muskulatur), den Gefäßen und dem ZNS.
- Hier von unterschieden werden Operationen der Kategorie „sauber-kontaminiert“ („clean-contaminated“). Bei diesen Eingriffen erfolgt eine Eröffnung von Hohlorganen, deren innere Schleimhautoberfläche ein ortsständiges Mikrobiom trägt. Alle Operationen des Respirations-, Gastrointestinal- oder Urogenitaltrakts fallen in diese Gruppe. Auch bei einwandfreier chirurgischer Technik und primärem Wundverschluss ist das bakterielle Inokulum im Operationsgebiet durch die physiologische Erregerkolonisation der Schleimhäute größer als bei sauberen Eingriffen. Dies bedingt ein **höheres Risiko der postoperativen Wundinfektion**. Beispiele sind Eingriffe am Verdauungstrakt, urologische Operationen sowie Eingriffe in der HNO- und Thoraxchirurgie.
- Im Falle von frischen traumatischen Wunden, akuten Entzündungen im OP-Gebiet sowie unkontrollierter intraoperativer Verschmutzung (z. B. durch akzidentellen Austritt von Darminhalt) wird die Kategorie „kontaminiert“ („contaminated“) verwendet. Im Alltag ist es oft schwierig, eine klare Abgrenzung zur letzten Kategorie „schmutzig/infiziert“ („dirty/infected“) zu ziehen, bei der definitionsgemäß

eine manifeste Infektion vorliegt. Trotz fließender Übergänge ist es bei den beiden letztgenannten Wundkategorien relativ deutlich, dass Antibiotika eher zur **Therapie** eingesetzt werden und nicht mehr zur Prophylaxe.

Eine PAP wird empfohlen für alle Eingriffe der Kategorie „sauber-kontaminiert“, da hier eine intraoperative Kontamination der Wunde kaum verhindert werden kann. In der Eingriffskategorie „sauber“ kann teilweise auf eine Prophylaxe verzichtet werden, allerdings ist hier die Bewertung der patienten- und eingespezifischen Risikofaktoren erforderlich. Eine generelle Empfehlung zur Gabe einer Antibiotikaprophylaxe besteht in der Kategorie „sauber“ für alle Operationen mit **Einbringen von Implantaten** sowie bei Nutzung einer **extrakorporalen Zirkulation** (Herz-Lungen-Maschine, ECMO). Ergänzend zu den genannten Situationen wird eine PAP für „saubere“ Eingriffe ebenfalls empfohlen bei Patientinnen und Patienten mit einem **individuell hohen Infektionsrisiko** aufgrund einer **Immunsuppression**.

Substanzwahl bei der PAP

Allgemeine Grundsätze

Die Auswahl der Antibiotika zur PAP orientiert sich in erster Linie an den **typischen Erregern** der Wundinfektion der jeweiligen Eingriffe [4]. Hierbei spielen die **ortsständigen Mikrobiome** eine entscheidende Rolle, da sie die wichtigste Quelle der postoperativen Infektionserreger sind. Aus dieser Überlegung heraus ergibt sich auch die Notwendigkeit, in bestimmten Situationen auch **Kolonisationen mit multiresistenten Erregern** zu berücksichtigen. Ergänzend ist die Substanzwahl beeinflusst von medikamentösen Unverträglichkeiten, insbesondere von Allergien auf Antibiotika.

Staphylococcus aureus ist bei vielen Operationen der wichtigste Erreger der postoperativen Wundinfektion.

Dies gilt insbesondere bei Eingriffen der Kategorie „sauber“, bei denen die **Hautflora** als vordringliche Erregerquelle infrage kommt. Aber auch bei Operationen am Respirations-, Gastrointestinal- und Urogenitaltrakt ist **S. aureus** an postoperativen Infektionen beteiligt, da operative Zugangswege meistens über einen Hautschnitt erfolgen. Allein bei endoskopischen Eingriffen (z. B. Endourologie) spielt **S. aureus** nur eine geringe Rolle, da er kein typischer Kolonisator innerer Schleimhäute ist. Beim überwiegenden Teil der Operationen kommen daher in erster Linie Antibiotika zum Einsatz, die eine gute Wirkung auf **S. aureus** haben. Dies sind Cephalosporine der ersten (Cefazolin) und zweiten (Cefuroxim) Generation sowie Aminopenicilline in Kombination mit einem β -Lactamaseinhibitor (BLI; Ampicillin/Sulbactam oder Amoxicillin/Clavulansäure). Im Falle von Clindamycin, welches bei Penicillinallergie häufig als Ausweichsubstanz eingesetzt wird, konnte über die letzten Jahre eine ungünstige Resistenzentwicklung bei **S. aureus** beobachtet werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass in vielen Regionen Deutschlands eine Resistenzrate von 20–30 % von Clindamycin und **S. aureus** vorliegt [4]. Dies beeinträchtigt die Wirksamkeit dieser Substanz für den empirischen Einsatz in der Prophylaxe [12].

Bei Eingriffen der Kategorie „sauber-kontaminiert“, die durch Kontakt mit inneren Schleimhautoberflächen gekennzeichnet sind, müssen **lokale Mikrobiome** in der Substanzwahl der PAP berücksichtigt werden. Dies sind in erster Linie **gramnegative Enterobacterales** (Gastrointestinaltrakt, Harntrakt) sowie **Anaerobier** (Oropharynx, Dickdarm). In diesen Situationen ist **Cefuroxim** eine gängige Option. Aufgrund der allgemeinen Resistenzsituation rät die S3-Leitlinie ausdrücklich davon ab, ohne detaillierte Kenntnis der lokalen Resistenzlage in dieser Situation Cefazolin, Ampicillin/Sulbactam oder Amoxicillin/Clavulansäure einzusetzen, da die Wirksamkeit dieser Substanzen gegenüber Enterobacterales über Jahre

abgenommen hat. Müssen (gramnegative) Anaerobier in das Spektrum der PAP eingeschlossen werden, sollte **Metronidazol** zusätzlich zum Cephalosporin verabreicht werden. Diese Kombination ist nicht nötig bei Einsatz von Aminopenicillinen/BLI, die eine ausreichende Wirkung gegen anaerobe Erreger besitzen.

Sonderfall *S. aureus* – Rolle der Dekolonisation

S. aureus ist bei vielen Eingriffen der wichtigste Erreger der postoperativen Wundinfektion. Ergänzend zu einer wirksamen PAP spielen **Maßnahmen der präoperativen Dekolonisation** eine wachsende Rolle in der Prävention dieses klinischen Problems. Die S3-Leitlinie empfiehlt für Eingriffe mit Wundinfektionsrisiko durch *S. aureus* von >3 % eine abteilungsspezifische Festlegung, ob ein **präoperatives Screening** aller Patientinnen und Patienten sinnvoll ist [4]. Dieses soll sowohl methicillinsensible als auch methicillinresistente Spezies erfassen und bei Nachweis der Besiedelung einen Versuch der Dekolonisation nach sich ziehen. Der Fokus derartiger Empfehlungen lag bisher im Bereich der Herzklappenchirurgie [13] und der Endoprothetik, der potentielle Indikationsbereich wächst allerdings, da positive Effekte der Dekolonisation auch bei anderen Operationen eine Rolle spielen [14,15]. Krankenhäuser stehen nun vor der Herausforderung, eine lokale Strategie zu entwickeln. Dies wird in erster Linie diejenigen operativen Disziplinen betreffen, die elektiv **Fremdmaterial** implantieren, unter anderem die Knochenchirurgie, plastische Chirurgie, Senologie, Gefäßchirurgie und Herzchirurgie. Voraussetzung ist in jedem Fall die Kenntnis der „eigenen“ Wundinfektionsraten inklusive der auslösenden Erreger. Nachfolgend müssen die Abläufe des Screenings und die Umsetzung der Dekolonisation festgelegt werden. Derartige Projekte werden nur in einer **interprofessionellen Kooperation** (Chirurgie, Mikrobiologie/Hygiene, Pflege) gelingen.

Erweiterung der PAP bei Kolonisation mit multiresistenten Erregern

Bei **Kolonisation mit multiresistenten Erregern** (MRE) muss eine individuelle Abwägung erfolgen, ob die gezielte Erweiterung der Antibiotikaprophylaxe erforderlich ist. Die Grundüberlegung hierbei ist, dass eine Zunahme der Resistenz eine Abnahme der Wirksamkeit der PAP bedingt [12]. Die Verbreiterung des erreichten bakteriellen Spektrums durch Anpassung der Substanzwahl wird häufig als **targeted PAP** (tPAP) bezeichnet. Voraussetzung für eine tPAP ist normalerweise ein **präoperativer Erregernachweis inklusive Sensibilitäts- testung**. Allerdings hängt die Kenntnis einer Kolonisation davon ab, ob lokal ein Screening auf multiresistente Erreger implementiert ist oder andere entsprechende Vorbefunde vorliegen. Während ein Screening auf **methicillinresistente Stämme** (MRSA) zumindest als risikobasiertes Screening in vielen Häusern erfolgt, ist eine systematische Suche nach gramnegativen MRE und **Vancomycin-resistenten Enterokokken** (VRE) normalerweise nur in besonderen Risikobereichen (z. B. Intensivstationen) etabliert. Vor diesem Hintergrund werden die Voraussetzungen für eine tPAP wahrscheinlich selten gegeben sein, da der Kolonisationsstatus individueller Patientinnen und Patienten nicht bekannt ist. Ein weiterer Anlass für die Einführung einer tPAP ist eine **hohe lokale Prävalenz bestimmter MRE**, die als relevant für die postoperative Wundinfektion angesehen werden. Ein Beispiel wäre ein MRSA-Anteil von >20–30 % bei Infektionen mit *S. aureus*. Bei Betrachtung der nationalen Resistenzlage in Deutschland erscheint es aktuell unwahrscheinlich, dass diese Situation eintritt [16,17].

Ein generelles Problem der tPAP ist ein Mangel an guten prospektiven Untersuchungen, die einen Effekt des erweiterten Prophylaxespektrums belegen. Es scheint derzeit auch eher unwahrscheinlich, dass diese Daten in naher Zukunft erhoben werden, da aufwändige und teure Studien hierzu erforderlich wären [18]. Letztlich muss das

Behandlungsteam eine individuelle Abwägung vornehmen, welche Strategie für betroffene Patientinnen und Patienten sinnvoll ist.

Multiresistente Kolonisation – MRSA

Wegen der besonderen Relevanz von *S. aureus* hat eine Kolonisation mit **methicillinresistente Stämme** (MRSA) wichtige Auswirkungen auf die Substanzwahl der PAP. Falls eine Dekolonisation nicht gelingt oder organisatorisch nicht möglich ist (dringliche Eingriffe), ist eine **Erweiterung der PAP um ein MRSA-wirksames Antibiotikum** erforderlich [4,19]. Die größte Erfahrung diesbezüglich existiert mit dem Glykopeptid **Vancomycin**, welches zusätzlich zur sonst üblichen PAP gegeben wird. Bei Vancomycin ist zu berücksichtigen, dass eine Bolusgabe über 10–15 Minuten, wie sie bei β -Lactamen problemlos möglich ist, nicht erfolgen darf. Bei zu rascher intravenöser Zufuhr von Vancomycin kann es zu einem **Red-Man-Syndrom** kommen, welches einer allergischen Reaktion ähnelt, allerdings keine echte Allergie ist. Aus diesem Grund ist eine dosisabhängige Verlängerung der Infusion auf 60–120 Minuten erforderlich. Dies macht es kaum möglich, die Gabe von Vancomycin im Rahmen der Narkoseeinleitung vorzunehmen, da die Infusion bei Hautschnitt abgeschlossen sein soll. In dieser Situation muss daher eine gut abgesprochene Planung der OP-Abläufe erfolgen, damit die Infusion bereits auf der Station oder in einer Holding Area im Operationstrakt begonnen werden kann.

Leider ist die wissenschaftliche Evidenz für den Einsatz anderer MRSA-wirksamer Antibiotika (Linezolid, Daptomycin, Co-trimoxazol etc.) in der PAP sehr gering. Aus diesem Grund bleibt Vancomycin weiterhin die Substanz der Wahl bei MRSA-wirksamer Antibiotikaprophylaxe. Abweichungen von dieser Praxis sollten lokal abgestimmt und standardisiert werden.

Multiresistente Kolonisation – MRGN

Bei **multiresistenten gramnegativen Erregern** (MRGN) stehen Enterobacteriales im Vordergrund der Abwägungen

bezüglich einer tPAP. **Pseudomonas aeruginosa**, **Stenotrophomonas maltophilia** und **Acinetobacter baumannii** sind keine häufigen Erreger der Wundinfektion, daher finden sie bei der Antibiotikaprophylaxe (unabhängig von ihrer Sensibilität) in der Regel keine Berücksichtigung.

Die tPAP fokussiert erregerseitig vor dringlich auf Enterobakteriales mit einer Resistenz gegenüber Drittgenerations-Cephalosporinen (z. B. Ceftriaxon, Cefotaxim) ± Piperacillin/Tazobactam [20]. Glücklicherweise ist eine Resistenz gegenüber Carbapenemen epidemiologisch derzeit relativ selten, kann aber in Einzelfällen vorkommen. Die durch eine MRGN-Kolonisation betroffenen Eingriffsgebiete sind der Urogenital- und Teile des Gastrointestinaltrakts, wo bei Nachweis der resistenten Erreger die individuelle Anpassung der Prophylaxe zu erwägen ist. Typischerweise kommen in der tPAP Carbapeneme zum Einsatz (Ertapenem, Meropenem), wenn eine Wirksamkeit dieser Substanzklasse nachgewiesen wurde. Die Erweiterung des PAP-Spektrums wird aktuell empfohlen bei Pankreasresektionen, Kolonresektionen, der transrektalen Prostatabiopsie sowie bei Transplantationen von Leber und Niere [4,21,22].

Multiresistente Kolonisation – VRE

Es existiert nur wenig Literatur zur Vorbeugung einer Infektion mit **Vancomycin-resistenten Enterokokken** (VRE) durch eine tPAP [4,19]. Eine Nischenindikation ist bei der Lebertransplantation gegeben, falls präoperativ eine Kolonisation bekannt ist. Die Substanzwahl beschränkt sich auf Daptomycin und Linezolid, die zusätzlich zur üblichen Antibiotikaprophylaxe verabreicht werden.

Substanzwahl bei Allergie auf Antibiotika

In Studien liegt der Anteil von Patientinnen und Patienten, die bei Befragung eine Antibiotikaallergie angeben, bei ca. 5–15 % [23,24]. Meistens wird eine „Penicillinallergie“ berichtet, was für die Nutzung von β -Lactamen in der PAP ein Problem darstellt. Eine detaillierte all-

ergologische Testung ist praktisch nicht verfügbar, so dass die Objektivierung der Patientenangaben durch eine strukturierte Untersuchung nur in Einzelfällen gelingen wird. Es bleibt ein hohes Maß an Unsicherheit, mit der im klinischen Alltag umgegangen werden muss.

Um das Risiko einer allergischen Reaktion zu vermeiden, kommen bei Angabe einer Penicillinallergie typischerweise Antibiotika aus anderen Substanzklassen zum Einsatz, z. B. Clindamycin, Vancomycin oder Chinolone (Ciprofloxacin, Levofloxacin). Leider ist mittlerweile gut belegt, dass die Alternativsubstanzen mit einem **deutlich höheren Risiko der postoperativen Wundinfektion** assoziiert sind und auch andere **ökologische Kollateralschäden** auslösen können (Resistenzentwicklung, Infektionen mit *Clostridioides difficile*) [25–27]. Daher muss der Einsatz der Alternativsubstanzen im Einzelfall abgewogen werden und sollte nicht als generelle Strategie zum Einsatz kommen.

Bei genauerer Betrachtung (Anamnese und ggf. allergologische Testung) ergibt sich ein deutlich differenzierteres Bild der Penicillinallergie. In einem nicht unerheblichen Teil der Fälle ergibt sich eigentlich kein ernsthafter Verdacht auf eine allergische Reaktion. Unerwünschte Symptome während einer zurückliegenden Antibiotikatherapie werden oft fälschlicherweise als Allergie berichtet, obwohl dies nicht zutrifft. Typische Beispiele hierfür sind Übelkeit, Durchfall oder Kopfschmerzen. Selbst Hautveränderungen sind kein eindeutiger Beleg für eine allergische Sensibilisierung. Viele Infektionen im Kindesalter gehen mit Exanthenen einher und eine (möglicherweise unnötige) Antibiotikatherapie steht in keinem kausalen Zusammenhang mit dem Hauthausschlag.

Neben falschen anamnestischen Angaben gibt es selbstverständlich **echte Allergien**, die sich in unterschiedlichen Schweregraden manifestieren. Von unangenehmen Arzneimittlexanthenen bis hin zur lebensbedrohlichen Anaphylaxie und schweren Hautreaktionen spannt sich ein breites Spektrum auf. Ein zentrales Anliegen bei Angabe einer Peni-

cillinallergie ist daher der Versuch einer **anamnestischen Risikostratifizierung** [24]. Hierdurch können die meisten Patientinnen und Patienten verlässlich in eine von drei Risikogruppen eingeteilt werden. So können einige Patientinnen und Patienten identifiziert werden, die **sehr wahrscheinlich keine Allergie** haben und daher ohne Einschränkungen die geplanten Substanzen erhalten können. Dann können Fälle erkannt werden, bei denen **eine allergische Reaktion zwar wahrscheinlich** ist, diese allerdings mit **eher milden Symptomen** einherging (z. B. verzögertes Arzneimittlexanthem, urtikarielles Exanthem). Zuletzt kann man die Patientinnen und Patienten erkennen, die eine **schwere allergische Reaktion** (Anaphylaxie, Angioödem, schwere Hautreaktion) erlitten haben und bei denen daher die auslösenden Antibiotika eindeutig kontraindiziert sind. Die anamnestische Befragung muss sich pragmatisch auf einige wichtige **Red Flags** fokussieren (Abb. 3).

Die Risikoeinteilung wird in einem nächsten Schritt ergänzt durch eine Abschätzung, ob bei Hinweisen auf eine echte Allergie die Verwendung von nicht kreuzreaktiven β -Lactamen möglich ist. Dies wird vor allem in der Gruppe mit nicht schweren Reaktionen zum Tragen kommen. Ziel ist es, die Nutzung von Ausweichpräparaten auf das geringste mögliche Maß zu reduzieren und möglichst häufig trotz Angabe der Penicillinallergie ein β -Lactam geben zu können. Die S3-Leitlinie enthält detaillierte Angaben sowohl zur anamnestischen Stratifizierung bei Angabe einer Penicillinallergie als auch zur Abschätzung der **potentiellen Kreuzreakтивität** zwischen β -Lactamen [4]. Auf Basis dieser Kategorisierung wird es oft ohne größeres Risiko möglich sein, Cephalosporine in der PAP einzusetzen. Aktuell wird dieses Vorgehen ausdrücklich unterstützt durch Empfehlungen allergologischer Fachgesellschaften [24].

Es muss explizit herausgestellt werden, dass diese Praxis, die sich von der traditionellen Vermeidung aller β -Lactame unterscheidet, in jedem Fall sinnvoll ist. Eine Strategie der Risikovermeidung

Abbildung 3

„Red Flags“ bei anamnestischer Angabe einer Antibiotikaallergie

Anaphylaxie (Typ-I-Reaktion)	Bullöse Veränderungen von Haut und Schleimhäuten (Typ-IV-Reaktion)	DRESS-Syndrom Drug Reaction with Eosinophilia and Systemic Symptoms (Typ-IV-Reaktion)
<ul style="list-style-type: none"> • Urtikaria • Vasodilatation, Schock • Schwellung der oberen Atemwege mit Atemwegsverlegung • Akuter Bronchospasmus • Bewusstlosigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Hautnekrose und Blasenbildung • Schleimhautbeteiligung (Mund, Augen, Genitalien) • Fieber und Allgemeinzustandsverschlechterung 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgedehnte Hautausschläge • Eosinophilie • Fieber und Lymphknotenschwellungen • Beteiligung innere Organe (Leber, Nieren, Herz) • Teils deutliche Verzögerung nach Exposition (Wochen)
Stevens-Johnsons-Syndrom (SJS) lokalisiert, <10 % Körperoberfläche		
Toxische epidermale Nekrose (TEN) flächig, >30 % Körperoberfläche		

Anamnestische Warnhinweise („Red Flags“) für schwere allergische Reaktionen.

durch unkritischen Einsatz der Alternativantibiotika ist nicht der sichere Ausweg aus dem **Problem Antibiotikaallergie**. Die gut belegten Nachteile der Ausweichsubstanzen (Wundinfektionen, ökologische Kollateralschäden) müssen gegen die Allergierisiken abgewogen werden.

Pharmakologie der PAP – Dosis und zeitliche Aspekte

Dosis der PAP

Dosierung und Applikationszeitpunkte spielen eine wichtige Rolle für den gewünschten präventiven Effekt von Antibiotika in der PAP.

In den Geweben des Operationsfelds soll während des Eingriffs eine ausreichende Konzentration der Substanz aufgebaut und aufrechterhalten werden, damit eine Wirkung gegen eingetragene Bakterien erreicht wird. In erster Linie ist hier die **Dosis des Antibiotikums ausschlaggebend**, aufgrund der kontinuierlichen Umverteilung und Elimination spielt aber auch die **Dauer des Eingriffs**

mit der damit einhergehenden Abnahme der Gewebe- und Plasmakonzentration eine wichtige Rolle.

In praktisch allen Studien zur Pharmakologie von Antibiotika hat das **Körpergewicht** entscheidenden Einfluss auf die Substanzkonzentrationen. Während eine individualisierte gewichtsbasierte Dosierung in der Pädiatrie gut etabliert ist, wird bei Erwachsenen oft mit Standarddosen gearbeitet. Es ist allerdings naheliegend, dass bei hohen Körpergewichten eine Dosissteigerung erforderlich ist, um eine Unterdosierung zu vermeiden. Die Schwelle zur Erhöhung der Dosis ist in der Literatur nicht einheitlich und wird meist mit 100–120 kg angegeben. Ob die Orientierung am Body Mass Index (BMI) eine präzisere Anpassung erlaubt, ist unklar, wahrscheinlich ist der Blick auf das aktuelle Körpergewicht als pragmatischer Ansatz passend.

In Situationen, in denen gewichtsadaptiert eine Dosissteigerung sinnvoll ist, wird die Initialdosis der β -Lactame und von Metronidazol typischerweise verdoppelt.

Die aktuelle AWMF-Leitlinie differenziert dies weiter, indem für **Cefuroxim** eine Verdoppelung auf 3 g empfohlen wird, während für **Cefazolin** lediglich eine Dosissteigerung von 2 g auf 3 g angegeben wird. Obwohl diese Empfehlungen sich an publizierten pharmakokinetischen Untersuchungen orientieren, stellt sich die Frage, ob der pragmatische Ansatz der Verdoppelung aller β -Lactame eine eher alltagstaugliche Lösung darstellt. Die Gefahren einer Überdosierung scheinen bei der PAP gering, außerdem wäre es bei Cefazolin erforderlich, neben den gängigen 2-g-Gebinden auch die 1-g-Dosis vorzuhalten. Keine explizite Empfehlung enthält die Leitlinie für andere Penicilline und Cephalosporine. Allerdings scheint es logisch, dass auch diese Substanzen (z. B. Ampicillin/Sulbactam, Ceftriaxon, Carbapeneme etc.) als β -Lactame ähnlichen pharmakologischen Mechanismen unterliegen. Daher sollte auch hier im Einzelfall auf eine **höhere Initialdosis** gewechselt werden.

Zeitpunkt der präoperativen Gabe

Die erste Gabe der PAP soll so erfolgen, dass eine ausreichende Verteilung der Substanzen in die Gewebe des Operationsgebiets erfolgen kann.

Hierzu sollte die Infusion des Antibiotikums vor Hautschnitt komplett erfolgt sein. Die Gabe erfolgt als Bolusinfusion über 10–20 Minuten. Die PAP-Leitlinie gibt als **optimalen Applikationszeitpunkt 30–60 Minuten vor Operationsbeginn** an [4]. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die Infusion innerhalb von 60 Minuten vor Hautschnitt beendet ist. Eine engere Fassung dieses Zeitraums ist wahrscheinlich nicht erforderlich, wie in einer großen Multizenterstudie belegt werden konnte [28]. Ob die Effektivität der PAP durch eine zu kurz vor Operationsbeginn erfolgte Gabe beeinträchtigt wird, ist unklar. Es erscheint allerdings sinnvoll, auf eine vollständige Infusion der Dosis vor Hautschnitt zu achten.

Intraoperative Repetitionsdosis der PAP

Ab Beginn der präoperativen Gabe beginnen physiologische **Verteilungs- und Eliminationsprozesse**, die zum Abfallen der Antibiotikakonzentration am Wirkort führen. Daher muss im Verlauf des Eingriffs entschieden werden, ob eine **Repetitionsdosis** erforderlich ist, um eine Unterdosierung zu vermeiden. Hierbei bietet die **Halbwertszeit** der jeweiligen Antibiotika eine wichtige Orientierung.

Es wird empfohlen, nach Ablauf von zwei Halbwertszeiten eine Repetitionsdosis zu verabreichen, wenn der Eingriff nicht beendet ist.

Hierzu muss ab dem Zeitpunkt der präoperativen Gabe gerechnet werden, nicht ab dem Hautschnitt. Die Wiederholungsdosen werden auch bei Patientinnen und Patienten mit hohem Körpergewicht nicht gesteigert, die Standarddosen werden als ausreichend angesehen.

Die Halbwertszeit vieler typischer PAP-Medikamente ist vergleichsweise kurz. Bei den gängigen β -Lactamen liegt sie im Bereich von 60 bis 90 Minuten, was bedeutet, dass 2–3 Stunden nach präoperativer Gabe eine zweite Dosis in Erwägung gezogen werden muss. Einige Studien belegen, dass die Repetitionsdosis in nicht unerheblichem Ausmaß vergessen wird [29]. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen der nicht gegebenen Wiederholungsdosis und dem Entstehen postoperativer Wundinfektionen [30]. Daher ist es wichtig, das Thema **Repetitionsdosis** als wichtigen Aspekt der Qualitätssicherung bei der PAP zu berücksichtigen [4].

Dauer der perioperativen Antibiotikaprophylaxe

Die PAP soll während der Phase der **chirurgischen Barrierestörung** dazu beitragen, dass ein Erregereintrag in die Operationswunde möglichst nicht zu einer postoperativen Wundinfektion führt. Die Antibiotikagabe ist somit **anlassbezogen** und sollte nur so lange

verabreicht werden, wie die Operation andauert. Umfangreiche Untersuchungen belegen, dass eine **Verlängerung der Antibiotikagabe keine Vorteile** bringt [31], sondern eher unerwünschte Nebenwirkungen erzeugt [32]. Es besteht daher breiter Konsens, dass die perioperative Antibiotikaprophylaxe in den meisten Fällen kurz vor der Operation beginnt und bei Ende des Eingriffs nicht fortgesetzt wird. Nur in wenigen Situationen existiert belastbare Evidenz, dass eine Verlängerung der PAP auf eine Dauer von ca. 24–48 Stunden mit einer weiteren Reduktion des Wundinfektionsrisikos einhergeht.

Verlängerung der PAP – Ausnahmen

Bei folgenden Eingriffen kann eine Verlängerung der PAP sinnvoll sein:

Herzchirurgie

Bei **Eingriffen mit Einsatz der Herz-Lungen-Maschine** suggerieren ältere Metaanalysen positive Effekte einer PAP über 24–48 Stunden [33,34]. Diese Empfehlung findet sich auch in aktuellen europäischen Leitlinien zur perioperativen Medikation in der Herzchirurgie [35]. Leider hat sich seit Publikation der genannten Metaanalysen wenig neue Evidenz ergeben. Eine vor Jahren angekündigte prospektive Studie zur weiteren Untermauerung dieser Praxis ist bisher nicht abgeschlossen [36]. Neben der Verlängerung der PAP soll in dieser Studie auch die Frage beantwortet werden, ob die Kombination aus β -Lactam (Cephalosporin) und Vancomycin der Mono-Prophylaxe überlegen ist.

Prostatabiopsie

Eine **Prostatabiopsie** kann über zwei Zugangswege erfolgen, die sich in ihrer Wundkategorisierung voneinander unterscheiden. Während die **transrektale Biopsie** als „clean-contaminated“ gilt, ist die **transperineale Biopsie** eher der Kategorie „clean“ zuzuordnen. Entsprechend existieren unterschiedliche Empfehlungen bezüglich der Antibiotikaprophylaxe. Während eine PAP bei transperinealer Biopsie oft verzichtbar ist, muss bei transrektaler Gewebepunktion immer ein Antibiotikum verabreicht

werden. In dieser Situation wird auch eine ungewöhnlich lange Prophylaxe empfohlen, die bei oraler Gabe sogar bis zu drei Tage umfasst (Beginn 24 Stunden vor Biopsie bis zu 48 Stunden danach). Allerdings ist eine eindeutige Bewegung zur transperinealen Biopsie erkennbar, so dass der transrektale Zugangsweg zukünftig weniger relevant sein wird.

Offene Frakturen und andere (schwere) Verletzungen

Bei offenen Frakturen kann durch unkontrollierten Eintrag von Erregern in den Knochen eine **Osteomyelitis** entstehen. In vielen Fällen besteht eine Beteiligung von osteosynthetischen Fremdmaterialien, die zur Versorgung der Fraktur eingebracht werden. Für diese Infektionsentität hat sich die Bezeichnung **frakturassoziierte Infektion (fracture-related infection, FRI)** etabliert [37]. Die FRI ist im Management komplex, erfordert häufig operative Sanierungen und geht mit wochenlanger Antibiotikatherapie einher. Daher besitzt die Prävention einen großen Stellenwert. Ob die Gabe von Antibiotika bei offenen Frakturen korrekt als **Prophylaxe** bezeichnet wird oder eher eine **präemptive Therapie** darstellt, ist für den klinischen Alltag unerheblich. In der Breite wird der Begriff der Prophylaxe verwendet, zudem geht die aktuelle S3-Leitlinie ausdrücklich auf das Thema ein [4].

Für **erst- und zweitgradige offene Frakturen** wird im Zusammenhang der operativen Versorgung eine PAP von maximal 24 Stunden empfohlen. Eine längere Gabe von Antibiotika ist bei **drittgradig offenen Frakturen** erforderlich, hier wird ein Zeitraum von 72 Stunden vorgegeben. Ein weiterer Unterschied besteht im Spektrum der verwendeten Antibiotika. Während für erst-/zweitgradig offene Frakturen Cefazolin oder Cefuroxim ausreichend sind, wird das Erregerspektrum bei drittgradig offenen Frakturen deutlich erweitert. Die S3-Leitlinie empfiehlt Piperacillin/Tazobactam, wodurch im Vergleich zu den schmalen Cephalosporinen mehr gramnegative Erreger inklusive **Pseudomonas aeruginosa** erreicht werden. Internationale Empfehlungen erreichen diese Erweiterung durch Kom-

bination von z. B. Cefazolin mit einem Aminoglykosid (Gentamicin etc.).

Neben offenen Frakturen gibt es eine Reihe weiterer traumatologischer Situationen, in denen eine Antibiotikaprophylaxe im klinischen Alltag häufig eingesetzt wird [38,39]. Beispiele sind **Schädel-Hirn-Traumata**, **Frakturen des Gesichtsschädels**, **penetrierende Verletzungen** (z. B. Stich- und Schusswunden) sowie **Verbrennungen**. Während bei Verbrennungen außerhalb operativer Eingriffe und manifester Wundinfektionen keine prophylaktischen Antibiotika erforderlich sind, ist bei einigen anderen Entitäten eine Antibiotikaprophylaxe sinnvoll. Allerdings ist auch hierbei eine zeitliche Begrenzung auf 24–48 Stunden möglich und anzustreben. Hilfreich kann im Einzelfall die Festlegung der Wundkategorie sein. Chirurgisch kontrollierte Verletzungen der Kategorie „**clean-contaminated**“ sind anders einzuschätzen als Wunden, die eher „**dirty/infected**“ sind. Ein Beispiel hierfür sind **intraabdominelle Hohlorganperforationen mit unkontrolliertem Austritt von Darminhalt**. Hier verschwimmt die Grenze zur manifesten intraabdominalen Infektion, die eine Antibiotikatherapie erfordert.

Mammachirurgie mit Nutzung von Implantaten

Bei **Operationen an der Brustdrüse mit Verwendung von Implantaten** besteht eine eindeutige Indikation zur Gabe einer PAP [4]. Ein kontroverses Thema ist allerdings die Dauer der Antibiotikaprophylaxe. Ältere amerikanische Empfehlungen raten zu einer maximalen Dauer der PAP von 24 Stunden, nennen aber als mögliche Ausnahme dieser Regel Situationen, in denen Drainagen verbleiben [40]. Dies hat dazu geführt, dass eine verlängerte PAP von >24 Stunden eher unkritisch bei größeren Eingriffen der Brustchirurgie eingesetzt wird [41]. Unklar bleibt allerdings, ob dieses Mehr an Antibiotika mit einem verbesserten Outcome einhergeht. Während Kohortenstudien diskrete Vorteile einer über Tage verlängerten Antibiotikaprophylaxe berichteten [42], konnten prospektive Studien keine überzeugenden positiven Effekte zeigen. Das Vorhandensein einer

Drainage scheint als Entscheidungskriterium eher keine Relevanz zu besitzen [43]. Neben der Prävention kurzfristiger infektiöser Komplikationen werden Antibiotika in der implantatbasierten Brustchirurgie auch eingesetzt, um das mittel- bis längerfristige Risiko der **Kapselfibrose** zu senken. Auch hier ist der positive Effekt der antiinfektiven Prophylaxe offenbar begrenzt [44].

Zusammengefasst weist die verfügbare Evidenz eher darauf hin, dass eine über Tage verlängerte perioperative Antibiotikaprophylaxe in der Brustchirurgie nicht sinnvoll ist.

Die deutsche S3-Leitlinie empfiehlt für rekonstruktive bzw. aufbauende Brustoperationen daher eine PAP von 24 Stunden [4]. Ob diese Praxis zu weniger Wundinfektionen führt, bleibt Gegenstand intensiver Diskussionen. Es existieren durchaus prospektive Studien, die auch den Effekt einer 24-stündigen PAP kritisch hinterfragen und nur intraoperative Gaben suggerieren [45].

Pankreaschirurgie

Pankreasresektionen gehen mit einem hohen Risiko an postoperativen Wundinfektionen einher. Vor allem tiefe Infektionen können gravierende Folgen nach sich ziehen (**sekundäre Peritonitis**). Seit vielen Jahren wird daher eine kontroverse Diskussion geführt, ob bei diesen Eingriffen eine aggressivere PAP gerechtfertigt ist, die ein breiteres Spektrum umfasst und verlängert verabreicht wird [46]. Die aktuelle Evidenzlage deutet darauf hin, dass dies in der Tat sinnvoll ist. Viele Untersuchungen konnten belegen, dass **gestaute und teils intervenierte Gallengänge** im Vergleich zum Normalzustand eine **veränderte mikrobielle Kolonisation** aufweisen. Diese umfasst vor allem gramnegative Enterobakterien und Enterokokken und es besteht eine Korrelation der Kolonisationsflora mit der postoperativen Infektionsflora. Eine hierauf abgestimmte, breitere Antibiotikaprophylaxe zeigte sich in einer Metaanalyse als vorteilhaft im Vergleich zur Standard-PAP [47]. Ebenso positiv scheint der Effekt einer auf 24 Stunden bis maximal 48 Stunden verlängerten

Prophylaxe zu sein [48,49]. Schließlich belegte eine 2023 veröffentlichte prospektive Untersuchung die Vorteile einer verlängerten und breiteren PAP bei Pankreasresektionen [50]. Auch wenn noch nicht alle Fragen diesbezüglich abschließend beantwortet sind [51], scheint eine Verlängerung und Verbreiterung der perioperativen Antibiotikaprophylaxe in der Pankreaschirurgie gerechtfertigt.

Organtransplantationen

Bei der Transplantation solider Organe existiert nur wenig prospektive Evidenz, die unterschiedliche Strategien bei der PAP untersucht [52]. Für den Alltag bieten daher vor allem Expertenempfehlungen eine Orientierung [53]. Es besteht weitgehender Konsens, dass die Grundregeln der normalen Antibiotikaprophylaxe auch in der Transplantationsmedizin gelten. Obwohl die PAP regulär verlängert empfohlen wird, handelt es sich in der Mehrzahl der Situationen um eine Dauer von 24 Stunden bis maximal 48 Stunden. In ausgewählten Fällen wird auch eine **targeted PAP** bei Kolonisation mit multiresistenten Erregern als sinnvoll erachtet.

Qualitätsmanagement bei der PAP

Die PAP ist eine Routinemaßnahme in der Betreuung operativer Patientinnen und Patienten und sollte daher weitgehend standardisiert werden [4].

Allgemeinverbindliche Regelungen vereinfachen alltägliche Abläufe, reduzieren Fehler und steigern die Patientensicherheit. Auf Ebene eines Krankenhauses muss daher eine **SOP (standard operating procedure)** erstellt werden, in der wichtige Eckpunkte der PAP geregelt werden (Indikationen, Substanzwahl, Applikationszeitpunkt, Repetitionsdosen, Dauer der Antibiotikaprophylaxe). Die Erarbeitung der SOP sollte **interprofessionell** erfolgen und neben den operativen Disziplinen die Anästhesiologie, Mikrobiologie/Hygiene und die Krankenhausapotheke einbinden.

Die Beschäftigung mit dem Thema **perioperative Antibiotikaprophylaxe** ist eine wichtige Aufgabe für Antibiotic Stewardship (ABS)-Programme im Krankenhaus. Dies wird in der S3-Leitlinie explizit erwähnt und als separate Empfehlung formuliert [4]. Aufgaben eines ABS-Teams umfassen hierbei nicht nur die Mitarbeit bei der Erstellung von Standards, sondern auch die regelmäßige Überprüfung der Umsetzung im Alltag (Audits). Die PAP-Leitlinie enthält detaillierte Hinweise für diese Arbeit und nennt fünf Qualitätsindikatoren, die überprüft werden sollen (Abb. 1). Neben allgemeinen Regelungen (Verantwortlichkeiten) sind einige gut überprüfbare spezifische Details enthalten (z. B. Dosierungen, Verlängerung der PAP). Für die praktische Durchführung finden sich in der Leitlinie konkrete Anweisungen und Checklisten.

Die perioperative Antibiotikaprophylaxe – Probleme im Alltag?

Eigentlich sollte es ohne größere Probleme möglich sein, eine vernünftige, evidenzbasierte Praxis der PAP zu implementieren. Es existieren Leitlinien, es herrscht keine grundsätzliche Uneinigkeit über die Sinnhaftigkeit der Maßnahme und die Eckpunkte der Antibiotikaprophylaxe sind nicht sonderlich kompliziert. Dass es trotzdem reichlich Optimierungsmöglichkeiten gibt, wird schon im einleitenden Kapitel der deutschen S3-Leitlinie erwähnt: „**Studien konnten zeigen, dass die Antibiotikagabe zur Prävention postoperativer Infektionen zu einem erheblichen Teil nicht gemäß den publizierten, evidenzbasierten Empfehlungen angewendet wird.**“ Alle Kolleginnen und Kollegen, die sich mit der PAP beschäftigen, werden diese Einschätzung bestätigen können.

Das wichtigste Problem in der alltäglichen Nutzung der PAP ist zweifellos die inadäquate Verlängerung der Gabe über die Operation hinaus.

Trotz fehlender wissenschaftlicher Belege für positive Effekte erhofft man sich von einem intensivierten Einsatz von Antibiotika eine Reduktion infektiöser Komplikationen. In einer deutschen Punktprävalenzuntersuchung zur Häufigkeit nosokomialer Infektionen und des Antibiotikagebrauchs im Krankenhaus wurde erhoben, dass 13,7 % der Antibiotika im stationären Sektor für die Indikation **perioperative Prophylaxe** eingesetzt werden [2]. Mehr als ein Drittel dieses Volumens (5,2 % des Gesamtverbrauchs) wird als **Mehrfachverabreichung an mehreren Tagen** verordnet. Obwohl dieser Anteil im Vergleich zu einer Voruntersuchung deutlich zurückgegangen ist [54], könnte hier ca. 5 % des gesamten stationären Antibiotikavolumens in Deutschland eingespart werden. Auch international betrachtet ist die inadäquate Verlängerung der PAP in vielen Ländern ein Problem, wobei große Unterschiede im Ausmaß dieses Fehlverhaltens beobachtet werden [55, 56].

Neben der unnötig verlängerten PAP gibt es weitere Optimierungsmöglichkeiten, wie immer wieder in Beobachtungsstudien berichtet wird [56–58]. Auch Substanzwahl, gewichtsbasierte Dosisanpassungen, die Gabe vor Hautschnitt und die zeitgerechte intraoperative Repetition bieten Ansatzpunkte zur Verbesserung. Hier sind **Punktprävalenzanalysen** hilfreich, um Einblicke in den eigenen Alltag zu erhalten. Mit Ausnahme der Verlängerung der PAP liegen praktisch alle dieser Themen im Einflussbereich der Anästhesiologie, die daher eine wichtige Rolle spielt. Die S3-Leitlinie bietet auch für diese Arbeit umfangreiche Hinweise [4]. Dass ein Engagement zur Verbesserung der PAP-Praxis erfolgreich sein kann, wird durch Studien belegt [59], allerdings scheint der längerfristige Effekt auch davon abzuhängen, dass das Thema immer wieder angegangen wird [60].

Zusammenfassung

Die perioperative Antibiotikaprophylaxe dient der Prävention postoperativer Wundinfektionen und die Anästhesio-

logie trägt einen großen Teil der Verantwortung an der korrekten Umsetzung dieser Maßnahme. Ein wichtiges Dokument zur Steuerung dieser Aufgabe ist die S3-Leitlinie zur PAP, die Ende 2024 publiziert wurde. Neben den klassischen Eckpunkten der Prophylaxe (gewichtsbasierte Dosierung, Gabe vor Schnitt, Dauer) rückt die Leitlinie einige Aspekte in den Vordergrund, die in Zukunft einer vermehrten Aufmerksamkeit bedürfen. Dies sind die Substanzwahl bei Kolonisation mit multiresistenten Erregern, der Umgang mit der anamnestischen Angabe der Penicillinallergie und der Stellenwert der intraoperativen Repetitionsdosis. Zur optimalen Umsetzung der PAP sind standardisierte Abläufe und regelmäßige Audits durch Antibiotic-Stewardship-Programme unerlässlich. Nur so können Optimierungspotentiale identifiziert werden. Die neue S3-Leitlinie bietet eine wissenschaftlich fundierte Basis für eine rationale PAP-Praxis und sollte konsequent in den klinischen Alltag implementiert werden.

Korrespondenzadresse

**Dr. med.
Christian Lanckohr,
EDIC**



Antibiotic Stewardship (ABS)-Team
Institut für Hygiene
Universitätsklinikum Münster
Robert-Koch-Straße 41
48149 Münster, Deutschland

Tel.: 0251 83-44058

E-Mail:
Christian.lanckohr@ukmuenster.de
ORCID-ID: 0000-0003-2822-8122

Literatur

- Eckmann C, Kramer A, Assadian O, Flessa S, Huebner C, Michnacs K, et al: Clinical and economic burden of surgical site infections in inpatient care in Germany: A retrospective, cross-sectional analysis from 79 hospitals. *PLoS One* 2022;17:e0275970
- Aghdassi SJS, Hansen S, Peña Diaz LA, Gropmann A, Saydan S, Geffers C, et al: Healthcare-Associated Infections and the Use of Antibiotics in German Hospitals-Results of the Point Prevalence Survey of 2022 and Comparison With Earlier Findings. *Dtsch Arztebl Int* 2024;121:277–283
- Herrmann T, Spieth P, Richter T: Einfluss der Anästhesie auf chirurgische Wundinfektionen. *Anaesthesiologie* 2024;73:423–432
- Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e. V. (DGHM): AWMF-S3-Leitlinie Perioperative und Periinterventionelle Antibiotikaprophylaxe. Langversion 5.0 – September 2024. AWMF-Registernummer: 067–009
- KRINKO: Prävention postoperativer Wundinfektionen: Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert-Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2018;61:448–473
- Wolfhagen N, Boldingh QJJ, Boermeester MA, de Jonge SW: Perioperative care bundles for the prevention of surgical-site infections: meta-analysis. *Br J Surg* 2022;109:933–942
- Calderwood MS, Anderson DJ, Bratzler DW, Dellinger EP, Garcia-Houchins S, Maragakis LL, et al: Strategies to prevent surgical site infections in acute-care hospitals: 2022 Update. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2023;44:695–720
- Seidelman JL, Mantyh CR, Anderson DJ: Surgical Site Infection Prevention: A Review. *JAMA* 2023;329:244–252
- Long DR, Cifu A, Salipante SJ, Sawyer RG, Machutta K, Alverdy JC: Preventing Surgical Site Infections in the Era of Escalating Antibiotic Resistance and Antibiotic Stewardship. *JAMA Surg* 2024;159:949–956
- Cohen ME, Salmasian H, Li J, Liu J, Zachariah P, Wright JD, et al: Surgical Antibiotic Prophylaxis and Risk for Postoperative Antibiotic-Resistant Infections. *J Am Coll Surg* 2017;225:631–638.e3

- Bowater RJ, Stirling SA, Lilford RJ: Is antibiotic prophylaxis in surgery a generally effective intervention? Testing a generic hypothesis over a set of meta-analyses. *Ann Surg* 2009;249:551–556
- Teillant A, Gandra S, Barter D, Morgan DJ, Laxminarayan R: Potential burden of antibiotic resistance on surgery and cancer chemotherapy antibiotic prophylaxis in the USA: a literature review and modelling study. *Lancet Infect Dis* 2015;15:1429–1437
- Delgado V, Ajmone Marsan N, de Waha S, Bonaros N, Brida M, Burri H, et al: 2023 ESC Guidelines for the management of endocarditis. *Eur Heart J* 2023;44:3948–4042
- Troeman DPR, Hazard D, Timbermont L, Malhotra-Kumar S, van Werkhoven CH, Wolkewitz M, et al: Postoperative *Staphylococcus aureus* Infections in Patients With and Without Preoperative Colonization. *JAMA Netw Open* 2023;6:e2339793
- Troeman DPR, Hazard D, van Werkhoven CHW, Timbermont L, Malhotra-Kumar S, Wolkewitz M, et al: Association of *Staphylococcus aureus* Bacterial Load and Colonization Sites With the Risk of Postoperative *S. aureus* Infection. *Open Forum Infect Dis* 2024;11:ofae414
- Baum JHJ, Dörre A, Reichert F, Noll I, Feig M, Eckmanns T, et al: Changes in incidence and epidemiology of antimicrobial resistant pathogens before and during the COVID-19 pandemic in Germany, 2015–2022. *BMC Microbiol* 2025;25:51
- Noll I, Eckmanns T, Sin MA: Trends bei Bakteriämien 2016–2020: Sinkende Antibiotikaresistenzen. *Dtsch Arztebl International* 2022;119:529–536
- Temkin E, Margalit I, Nutman A, Carmeli Y: Surgical antibiotic prophylaxis in patients colonized with multidrug-resistant Gram-negative bacteria: practical and conceptual aspects. *J Antimicrob Chemother* 2021;76:i40–i46
- Righi E, Mutters NT, Guirao X, Del Toro MD, Eckmann C, Friedrich AW, et al: European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases/European Committee on infection control clinical guidelines on pre-operative decolonization and targeted prophylaxis in patients colonized by multidrug-resistant Gram-positive bacteria before surgery. *Clin Microbiol Infect* 2024;30:1537–1550
- Rohde AM, Zweigner J, Wiese-Posselt M, Schwab F, Behnke M, Kola A, et al: Prevalence of third-generation cephalosporin-resistant *Enterobacteriales* colonization on hospital admission and ESBL genotype-specific risk factors: a cross-sectional study in six German university hospitals. *J Antimicrob Chemother* 2020;75:1631–1638
- Righi E, Mutters NT, Guirao X, Del Toro MD, Eckmann C, Friedrich AW, et al: ESCMID/EUCIC clinical practice guidelines on perioperative antibiotic prophylaxis in patients colonized by multidrug-resistant Gram-negative bacteria before surgery. *Clin Microbiol Infect* 2023;29:463–479
- Righi E, Scudeller L, Mirandola M, Visentin A, Mutters NT, Meroi M, et al: Colonisation with Extended-Spectrum Cephalosporin-Resistant *Enterobacteriales* and Infection Risk in Surgical Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *Infect Dis Ther* 2023;12:623–636
- Wurpts G, Aberer W, Dickel H, Brehler R, Jakob T, Kreft B, et al: Guideline on diagnostic procedures for suspected hypersensitivity to beta-lactam antibiotics: Guideline of the German Society for Allergology and Clinical Immunology (DGAKI) in collaboration with the German Society of Allergology (AeDA), German Society for Pediatric Allergology and Environmental Medicine (GPA), the German Contact Dermatitis Research Group (DKG), the Austrian Society for Allergology and Immunology (OGAI), and the Paul-Ehrlich Society for Chemotherapy (PEG). *Allergol Select* 2020;4:11–43
- Brockow K, Pfützner W, Wedi B, Wurpts G, Trautmann A, Kreft B, et al: Recommendations on how to proceed in case of suspected allergy to penicillin/beta-lactam antibiotics: Position paper of the German Society for Allergology and Clinical Immunology (DGAKI) in cooperation with the German Society for Pediatric Allergology (GPA), Austrian Society for Allergology and Immunology (OGAI) and the Swiss Society for Allergology and Immunology (SGAI). *Allergol Select* 2025;9:28–39
- Kuriakose JP, Vu J, Karmakar M, Nagel J, Uppal S, Hendren S, et al: beta-Lactam vs Non-beta-Lactam Antibiotics and Surgical Site Infection in Colectomy Patients. *J Am Coll Surg* 2019;229:487–496
- Fernandes AR, Farrokhyar F, Eskicioglu C, Ciccotelli W, Forbes SS: Surgical site infection rates are higher among elective colorectal surgery patients receiving non-beta-lactam-based antimicrobial

- prophylaxis: A retrospective chart review. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2023;44:881–884
27. Norvell MR, Porter M, Ricco MH, Koonce RC, Hogan CA, Basler E, et al: Cefazolin vs Second-line Antibiotics for Surgical Site Infection Prevention After Total Joint Arthroplasty Among Patients With a Beta-lactam Allergy. *Open Forum Infect Dis* 2023;10:ofad224
28. Weber WP, Mujagic E, Zwahlen M, Bundi M, Hoffmann H, Soysal SD, et al: Timing of surgical antimicrobial prophylaxis: a phase 3 randomised controlled trial. *Lancet Infect Dis* 2017;17:605–614
29. Bertschi D, Weber WP, Zeindler J, Stekhoven D, Mechera R, Salm L, et al: Antimicrobial Prophylaxis Redosing Reduces Surgical Site Infection Risk in Prolonged Duration Surgery Irrespective of Its Timing. *World J Surg* 2019;43:2420–2425
30. Wolfhagen N, Boldingh QJJ, de Lange M, Boermeester MA, de Jonge SW: Intraoperative Redosing of Surgical Antibiotic Prophylaxis in Addition to Preoperative Prophylaxis Versus Single-dose Prophylaxis for the Prevention of Surgical Site Infection: A Meta-analysis and GRADE Recommendation. *Ann Surg* 2022;275:1050–1057
31. de Jonge SW, Boldingh QJJ, Solomkin JS, Dellinger EP, Egger M, Salanti G, et al: Effect of postoperative continuation of antibiotic prophylaxis on the incidence of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 2020;20:1182–1192
32. Branch-Elliman W, O'Brien W, Strymish J, Itani K, Wyatt C, Gupta K: Association of Duration and Type of Surgical Prophylaxis With Antimicrobial-Associated Adverse Events. *JAMA Surg* 2019;154:590–598
33. Lador A, Nasir H, Mansur N, Sharoni E, Biderman P, Leibovici L, et al: Antibiotic prophylaxis in cardiac surgery: systematic review and meta-analysis. *J Antimicrob Chemother* 2012;67:541–550
34. Mertz D, Johnstone J, Loeb M: Does duration of perioperative antibiotic prophylaxis matter in cardiac surgery? A systematic review and meta-analysis. *Ann Surg* 2011;254:48–54
35. Jeppsson A, Rocca B, Hansson EC, Gudbjartsson T, James S, Kaski JC, et al: 2024 EACTS Guidelines on perioperative medication in adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2024; 67:ezae355
36. van Oostveen RB, Romero-Palacios A, Whitlock R, Lee SF, Connolly S, Carignan A, et al: Prevention of Infections in Cardiac Surgery study (PICS): study protocol for a pragmatic cluster-randomized factorial crossover pilot trial. *Trials* 2018;19:688
37. Metsemakers WJ, Moriarty TF, Morgenstern M, Marais L, Onsea J, O'Toole RV, et al: The global burden of fracture-related infection: can we do better? *Lancet Infect Dis* 2024;24:e386–e393
38. Appelbaum RD, Farrell MS, Gelbard RB, Hoth JJ, Jawa RS, Kirsch JM, et al: Antibiotic prophylaxis in injury: an American Association for the Surgery of Trauma Critical Care Committee clinical consensus document. *Trauma Surg Acute Care Open* 2024;9:e001304
39. Cocolinli F, Sartelli M, Sawyer R, Rasa K, Ceresoli M, Viaggi B, et al: Antibiotic prophylaxis in trauma: Global Alliance for Infection in Surgery, Surgical Infection Society Europe, World Surgical Infection Society, American Association for the Surgery of Trauma, and World Society of Emergency Surgery guidelines. *J Trauma Acute Care Surg* 2024;96:674–682
40. Alderman A, Gutowski K, Ahuja A, Gray D, Postmastectomy Expander Implant Breast Reconstruction Guideline Work G: ASPS clinical practice guideline summary on breast reconstruction with expanders and implants. *Plast Reconstr Surg* 2014;134:648e–655e
41. Warren DK, Nickel KB, Hostler CJ, Foy K, Han JH, Tolomeo P, et al: Surgeon choice in the use of postdischarge antibiotics for prophylaxis following mastectomy with and without breast reconstruction. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2021;42:467–470
42. Warren DK, Peacock KM, Nickel KB, Fraser VJ, Olsen MA, Program CDC Prevention Epicenter Program: Postdischarge prophylactic antibiotics following mastectomy with and without breast reconstruction. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2022;43:1382–1388
43. Sattar AK, Masroor T, Martins RS, Zahid N, Shahzad H, Soomro R, et al: Impact of Postoperative Antibiotic Prophylaxis on Surgical Site Infections Rates After Mastectomy with Drains but Without Immediate Reconstruction: A Multicenter, Double-Blinded, Randomized Control Superiority Trial. *Ann Surg Oncol* 2023;30:5965–5973
44. Liu P, Song Y, Chen Z, Zhang Z, Li Z: Efficacy of antibiotic prophylaxis for reducing capsular contracture in prosthesis-based breast surgery: a systemic review and meta-analysis. *Updates Surg* 2024;76:1183–1194
45. Gahm J, Ljung Konstantinidou A, Lagergren J, Sandelin K, Glimåker M, Johansson H, et al: Effectiveness of Single vs Multiple Doses of Prophylactic Intravenous Antibiotics in Implant-Based Breast Reconstruction: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open* 2022;5:e2231583
46. Charles A, Malani PN: Informing a Rational Approach to Antimicrobial Prophylaxis in Open Pancreatoduodenectomy. *JAMA* 2023;329:1556–1557
47. Pham H, Chen A, Nahm CB, Lam V, Pang T, Richardson AJ: The Role of Targeted Versus Standard Antibiotic Prophylaxis in Pancreatoduodenectomy in Reducing Postoperative Infectious Complications: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Surg* 2022;275:315–323
48. Droog DDM, Groen JV, de Boer MGJ, van Prehn J, Putter H, Bonsing BA, et al: Prolonged antibiotic prophylaxis after pancreatoduodenectomy: systematic review and meta-analysis. *Br J Surg* 2023;110:1458–1466
49. Ma X, He Q, Chen Y, Lu Y, Zhu P, Zhang J, et al: Antibiotic prophylaxis after 48 h postoperatively are not associated with decreased surgical site infections and other healthcare associated infections in pancreatic surgery patients: a retrospective cohort study. *Antimicrob Resist Infect Control* 2023;12:138
50. D'Angelica MI, Ellis RJ, Liu JB, Brajcich BC, Gönen M, Thompson VM, et al: Piperacillin-Tazobactam Compared With Cefoxitin as Antimicrobial Prophylaxis for Pancreatoduodenectomy: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2023;329:1579–1588
51. Park LJ, D'Souza D, Kazi T, Rodriguez F, Griffiths C, McKechnie T, et al: Comparing cefazolin/ metronidazole, piperacillin-tazobactam, or cefoxitin as surgical antibiotic prophylaxis in patients undergoing pancreaticoduodenectomy: A retrospective cohort study. *J Surg Oncol* 2024;129: 1413–1419
52. Chan S, Ng S, Chan HP, Pascoe EM, Playford EG, Wong G, et al: Perioperative antibiotics for preventing post-surgical site infections in solid organ transplant recipients. *Cochrane Database Syst Rev* 2020;8:CD013209
53. Abbo LM, Grossi PA, AST ID Community of Practice: Surgical site infections: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant* 2019;33:e13589

54. Behnke M, Aghdassi SJ, Hansen S, Diaz LAP, Gastmeier P, Piening B: The Prevalence of Nosocomial Infection and Antibiotic Use in German Hospitals. *Dtsch Arztebl Int* 2017;114:851–857
55. Plachouras D, Käki T, Hansen S, Hopkins S, Lyytikäinen O, Moro ML, et al: Antimicrobial use in European acute care hospitals: results from the second point prevalence survey (PPS) of healthcare-associated infections and antimicrobial use, 2016 to 2017. *Euro Surveill* 2018;23:1800393
56. Cabral SM, Harris AD, Cosgrove SE, Magder LS, Tamma PD, Goodman KE: Adherence to Antimicrobial Prophylaxis Guidelines for Elective Surgeries Across 825 US Hospitals, 2019-2020. *Clin Infect Dis* 2023;76:2106–2115
57. Bardia A, Treggiari MM, Michel G, Dai F, Tickoo M, Wai M, et al: Adherence to Guidelines for the Administration of Intraoperative Antibiotics in a Nationwide US Sample. *JAMA Netw Open* 2021;4:e2137296
58. Ierano C, Thursky K, Marshall C, Koning S, James R, Johnson S, et al: Appropriateness of Surgical Antimicrobial Prophylaxis Practices in Australia. *JAMA Netw Open* 2019;2:e1915003
59. Chorafa E, Iosifidis E, Tsiodras S, Skoutelis A, Kourkouni E, Kopsidas I, et al: Perioperative antimicrobial prophylaxis in adult patients: The first multicenter clinical practice audit with intervention in Greek surgical departments. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2021;42:702–709
60. Dimopoulou A, Kourlaba G, Chronopoulou I, Avloniti A, Mavrijiannaki E, Georgopoulos I, et al: Sustainment of perioperative antimicrobial prophylaxis guidelines in children following discontinuation of an educational intervention to support stewardship. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2024;1–3.