

IN DIESEM KAPITEL

Infektionslehre

Standardhygiene

Desinfektion und Sterilisation

Epidemiologie und Impfungen

Kapitel 1

Infektionslehre, Epidemiologie und Hygiene – ein paar Grundlagen

In diesem Kapitel erfahren Sie etwas über die Infektionslehre und lernen wichtige epidemiologische Begriffe kennen. Dazu werden Sie mit den Themen Hygiene, Sterilisation und Desinfektion vertraut gemacht und im Anschluss noch über Impfungen informiert. Also, viel zu tun – packen Sie es an!

Infektionslehre

Mit guten mikrobiologischen Kenntnissen können Sie viel Gutes tun und Schlimmes verhindern. Als Einstieg in das Thema gibt es dafür eine Auswahl der wichtigsten epidemiologischen Begriffe, quasi medizinische Mikrobiologie häppchenweise! Danach lernen Sie den diagnostischen Weg mit all seinen Fallstricken kennen. Sie werden sehen, wie man mit kleinen Fehlern die mikrobiologische Diagnostik noch vor ihrem Beginn bereits scheitern lassen kann und welche wichtigen Grundregeln der Sicherheit im Labor Sie nie aus den Augen verlieren sollten. Das ist quasi das »Rüstzeug«, das Sie für den Rest des Buchs begleiten wird.

Leben retten und wirtschaftlich denken?

Besuchen Sie den Unterricht von Ärzten aus verschiedenen Fachrichtungen, erscheint es häufig so, als würden diese Fachärzte das jeweils vertretene Fach für das Wichtigste von allen halten. Das ist offensichtlich Unsinn (es sei denn, Sie haben gerade einen Mikrobiologen vor sich, dann stimmt es natürlich). Warum aber finden wir, dass die Mikrobiologie die spannendste und wichtigste Disziplin überhaupt ist? Sehen Sie selbst:

- ✓ Infektionen ereignen sich überall. In jeder medizinischen Teildisziplin spielen Mikroorganismen eine wichtige Rolle, sei es die eitrige Wunde beim Chirurgen, die Borreliose beim Neurologen oder Scharlach beim Kinderarzt. Was noch vor 100 Jahren oft zum Tod führte, lässt sich heute schnell und einfach behandeln.
- ✓ Sie können mit Antibiotika kausal therapieren, unterdrücken also nicht nur Symptome oder betreiben Schadensbegrenzung. Nein, Sie sind meistens wirklich kurativ tätig. Wenn Sie nur schnell genug die Zeichen erkennen und zuordnen können, wird der Patient tatsächlich vollständig geheilt. Erreger erkannt – Erreger behandelt – Infektion beendet – Problem gelöst. Spätschäden gibt es meist erst nach länger andauernden Infektionen.
- ✓ Wenn Sie Infektionen verhüten, erkennen und behandeln, lindern Sie Leid und retten Leben. Sie schützen Angehörige, vom neugeborenen Töchterchen bis hin zum Großvater mit Leukämie. In Ihrer Dienststelle tragen Sie Verantwortung für die Gesundheit Ihrer Mitarbeiter. Auch im privaten Umfeld sind Grundkenntnisse zu Erkältung, Brechdurchfall und Geschlechtskrankheiten von Vorteil.
- ✓ Sie finden es manchmal anstrengend, das Erregerspektrum der vielen Substanzen zu lernen? Wozu gibt es denn die bequemen Breitspektrum-Antibiotika mit Wirksamkeit »gegen alles«? Denken Sie daran: Die gezielte Therapie mit kluger Auswahl einer Substanz mit schmalem Erregerspektrum ist nicht nur billiger und besser wirksam, sondern vermindert darüber hinaus noch den Selektionsdruck für multiresistente Erreger. Eine sinnvolle Antibiotikatherapie ist eine Investition in die Zukunft.



Investieren Sie Zeit und Mühe in Ihre Kenntnisse über Prävention, Diagnostik und Behandlung von Infektionen. Egal, was Sie später einmal tun werden, seien Sie versichert: Es lohnt sich in jedem Fall!

Fachbegriffe – Ihr epidemiologisches Rüstzeug

Es gibt in der Infektiologie und Epidemiologie viele (mitunter synonyme) Fachbegriffe. Manchmal hat sich auch hierzulande die englische Bezeichnung für einige Begriffe durchgesetzt. Einen kleinen Überblick gibt Tabelle 1.1.

Begriff und Synonym	Bedeutung und Beispiel
<p>Endemie Durchseuchung</p>	<p>Durchschnittliche Häufigkeit, mit der eine bestimmte Infektion auftritt. Hängt ab von geografischen Gegebenheiten und vom untersuchten Kollektiv.</p> <p>Beispiel: Malaria ist in Kenia endemisch, im Bayerischen Wald nicht.</p> <p>Beispiel: Blutspender sind seltener HIV-positiv als i.v.-Drogenabhängige.</p>
<p>Epidemie Ausbruch; Outbreak</p>	<p>Örtlich und zeitlich begrenzte Häufung von Infektionen, also oberhalb des sonst üblichen endemischen Niveaus. Oft gibt es dafür eine gemeinsame Quelle oder eine Infektionskette. Wenn das im Krankenhaus passiert, die Meldepflicht für Ausbrüche von nosokomialen Infektionen nicht vergessen!</p> <p>Beispiel: Bei einem Restaurantbesuch erwerben alle Gäste eine Salmonellose.</p> <p>Beispiel: Kontaminiertes Kontrastmittel wird bei mehreren Patienten angewendet.</p>
<p>Epidemiologie</p>	<p>Vorkommen, Verbreitung und Verteilung von (Infektions-)Krankheiten in Gruppen oder in der Gesamtbevölkerung. Gibt es deskriptiv (rein beschreibend), analytisch (auf Ursachenforschung angelegt) und experimentell (sehr spannend).</p> <p>Beispiel: Bestimmung der Häufigkeit einer Pneumokokken-Meningitis mit einem bestimmten Serotyp vor und nach Einführung eines entsprechenden Impfstoffs.</p>
<p>Fall-Kontroll-Studie</p>	<p>Ermittlung von Risikofaktoren für ein bestimmtes Ereignis/eine bestimmte Infektion. Zur Ursachenforschung wird nun jedem »Fall« eine, besser noch zwei oder drei »Kontrollen« zugeordnet (matching), also ein Patient, der mutmaßlich die gleiche Chance für eine Infektion hatte, aber dann doch keine bekam (siehe Abbildung 1.1). Häufig werden zur Kontrolle Personen mit gleicher Aufenthaltsdauer und Erkrankungsschwere ausgewählt. Dann vergleichen Sie, wie häufig die Gruppen einzelnen Risikofaktoren ausgesetzt waren, und ermitteln das Quotenverhältnis (Odds-Ratio oder OR). Denken Sie daran: Jede Eigenschaft, die Sie »matchen«, ist per Definition in beiden Gruppen gleich und fällt als Risikofaktor aus.</p> <p>Beispiel: Kontakt zu Schwester Stefanie hatten 11 der 12 Patienten mit Sepsis, aber keiner der 24 Kontrollpatienten ... vermutlich ist es eine gute Idee, sich die Arbeitsweise von Schwester Stefanie einmal genauer anzusehen.</p>
<p>Fehler der ersten Art α-Fehler</p>	<p>Eine bestimmte Irrtumswahrscheinlichkeit (oft werden dafür 5 % angesetzt). Es wird akzeptiert, dass in Studien zufällig ein »Unterschied« ermittelt wird, den es in Wirklichkeit gar nicht gibt.</p> <p>Beispiel: Beim ersten Münzwurf liegt eine Seite oben (100 %). Zweiter Wurf: gleiche Seite (Chancen waren 50 %, oha!). Dritter Wurf: Wieder die gleiche Seite (25 %, nanu?). Vierter Wurf ... (12,5 %, Moment mal!). Fünfter Wurf ... (6,25 %, nee, das glaub ich jetzt nicht mehr). Fällt die Münze auch beim sechsten Mal hintereinander auf die gleiche Seite, wäre dies mit 3,125 % (< 5 %) »statistisch signifikant«. Beweist uns das jedoch, dass Betrug im Spiel ist und die Münze leichter auf die eine Seite fällt als auf die andere? Nein, tut es nicht! Es kann noch immer Zufall sein – es ist nur eben sehr unwahrscheinlich.</p>

Begriff und Synonym	Bedeutung und Beispiel
Fehler der zweiten Art β-Fehler	<p>Eine Studie kommt nicht zu einem signifikanten Ergebnis, obwohl in Wahrheit ein Unterschied besteht, doch der wird versehentlich übersehen (betrifft insbesondere kleine Gruppen). Oft werden dafür – ziemlich magere – 80 % veranschlagt.</p> <p>Beispiel: Überdenken wir für einen Moment unsere Ansprüche als Konsument: Ein Feuermelder erkennt 20 % der Brände nicht, oder jeder fünfte Schwangerschaftstest bleibt negativ, obwohl der Bauch der Mama schon wächst. Wären Sie mit so einer Produktqualität zufrieden? Viele Studien begnügen sich damit ...</p>
Hygiene	<p>Lehre der Verhütung von (Infektions-)Krankheiten und der Festigung der Gesundheit. Gar nicht erst krank werden – was für ein prima Ansatz!</p> <p>Beispiel: Skalpelle erst sterilisieren, dann damit operieren.</p>
Infektion	<p>Eindringen eines Erregers in einen Wirt mit anschließender Vermehrung. Oft merkt man das (symptomatisch), aber nicht immer (asymptomatisch).</p> <p>Beispiel: Eiter läuft aus der schmerzhaften Wunde, das ist wohl kaum zu übersehen.</p> <p>Beispiel: Dauerausscheider enteritischer Salmonellen merken davon nichts.</p>
Infektiosität	<p>Fähigkeit eines Erregers, in einem Wirt eine Infektion hervorzurufen. Dazu ist eine minimale Anzahl an Erregern erforderlich: die Infektionsdosis. Das sagt noch nichts darüber aus, ob es sich dabei um eine gefährliche Infektion handelt.</p> <p>Beispiel: Für Durchfall sind 10^2 (= 100) – hoch infektiöse – Noroviren oder 10^6 (= 1.000.000) – also wenig infektiöse – enteritische Salmonellen erforderlich.</p>
Inzidenz	<p>Anzahl neu aufgetretener Erkrankungen (Infektionen) in einem bestimmten Zeitraum, bezogen auf die Anzahl aller Personen, die hätten erkranken können. Bestimmt wird die Inzidenz durch Kohortenstudien und ergibt eine Maßzahl für das spezifische Erkrankungsrisiko.</p> <p>Beispiel: Pro Jahr ereignen sich in einer Stadt mit 100.000 Einwohnern 12 neue Infektionen mit Syphilis. Die Inzidenz beträgt damit 12/100.000 pro Jahr.</p>
Kohortenstudie	<p>Untersuchung eines Ergebnisses bei bekannter Exposition (Beobachtungsgruppe vs. Kontrollgruppe). Meist passiert dies prospektiv, also beginnend jetzt und dann fortlaufend (siehe Abbildung 1.1). Man erhält so das relative Risiko (RR).</p> <p>Beispiel: Stationen A und B hatten stets gleich häufig Schimmelpilzinfektionen. Jetzt bekommt die Station A eine neue raumlufttechnische (RLT-)Anlage. Mal schauen, ob sich nun was ändert ...</p>

Begriff und Synonym	Bedeutung und Beispiel
Kolonisation Besiedlung	Vorhandensein des Erregers, ohne dass es zur Infektion kommt. Mal vorübergehend (transient), mal dauerhaft (chronisch). Kann bei Gelegenheit in eine Infektion übergehen und zur Transmission auf weitere Personen führen. Beispiel: In Abstrichen von Wunden werden Mikroorganismen gefunden, doch die klinischen Infektionszeichen (Rötung, Schwellung, Überwärmung, Schmerz) fehlen.
Kontamination Verunreinigung	Zeitweiliges Vorkommen von Erregern auf Menschen oder Gegenständen , ohne weitere Vermehrung. Kann ebenfalls Quelle von Transmissionen sein. Beispiel: Das Koloskop ist nach der Darmspiegelung stark kontaminiert und bedarf daher vor seiner nächsten Verwendung einer suffizienten Aufbereitung.
Meta-Analyse	Studie, die mehrere gleichartige Studien systematisch zusammenfasst. Die Aussagekraft erhöht sich dabei, weil ja die Gesamtfallzahl steigt (Abbildung 1.2). Beispiel: Mehrere Studien mit jeweils 20 bis 30 Patienten haben ähnliche Ergebnisse, doch jede für sich verfehlt ein signifikantes Ergebnis. Nimmt man jedoch nun alle Patienten zusammen, gelingt es plötzlich.
Pandemie	Vermehrtes Auftreten von Infektionen ohne räumliche Begrenzung . Beispiel: Infektionen mit Influenza (Grippe) oder Coronaviren ziehen um die Welt.
Pathogenität	Fähigkeit eines Erregers, in einem Wirt tatsächlich eine merkliche Erkrankung hervorzurufen. Wird durch besondere Eigenschaften (Pathogenitätsfaktoren) des Erregers bedingt und bestimmt den Manifestationsindex , also den Anteil der erkennbar erkrankten Patienten nach Kontakt zum Erreger. Das kann durchaus von Art (Mensch vs. Tier) und Eigenschaften (Immungesundheit) des Wirts abhängen. Beispiel: Masern sind hoch pathogen; unerkannte Maserninfektionen gibt es kaum. Beispiel: Poliomyelitis ist wenig pathogen; sehr viele Infektionen sind subklinisch und bleiben daher unbemerkt.
Prädiktiver Wert Vorhersagewert (positiv beziehungsweise negativ)	Verlässlichkeit , mit der das vorliegende Testergebnis auch tatsächlich zutreffend ist. Der positive prädiktive Wert ist die Anzahl der richtig positiven / (Anzahl der richtig positiven + Anzahl der falsch positiven). Der negative prädiktive Wert ist entsprechend die Anzahl der richtig negativen / (Anzahl der richtig negativen + Anzahl der falsch negativen). Die Zahlen entnehmen sie dabei der Vierfeldertafel (Tabelle 1.2).

Begriff und Synonym	Bedeutung und Beispiel
	<p>Beispiel: Der HIV-Test ist positiv – ist der Patient tatsächlich HIV-positiv? Sie kennen zwar die Sensitivität und Spezifität des Tests, aber das allein genügt nicht! Sie müssen auch die Prävalenz kennen, also den Anteil HIV-positiver Personen in dem Kollektiv, das Sie gerade untersuchen. Klingt erst mal schwierig? Wir entwirren das einmal: Wir nehmen an, dass der Test, den Sie verwenden, eine Sensitivität von 90 % und eine Spezifität von ebenfalls 90 % hat. Das klingt ja im ersten Moment gar nicht so übel. Nun testen Sie damit 1.000 Patienten der Drogenambulanz. Der tatsächliche Anteil HIV-positiver Patienten liegt bei 50 % (also 500 positive gegenüber 500 negativen Patienten). Der positive prädiktive Wert ergibt für dieses Kollektiv $450 / (450 + 50) = 90\%$. Das entbindet zwar noch nicht von einem unabhängigen Kontrolltest, aber ein positives Ergebnis ist schon ziemlich verlässlich und glaubhaft. Nun aber testen Sie mit dem genau dem gleichen (!) Test 1.000 Blutspender. Der Anteil HIV-positiver Personen ist hier mit geschätzt 1 % deutlich geringer (in ihrem neuen Kollektiv gibt es in Wahrheit also nur noch 10 positive und dafür 990 negative Personen). Der positive prädiktive Wert sinkt plötzlich auf $9 / (9 + 99) = 8\%$. Weil nämlich so wenige richtig positive Personen vorhanden sind, schlagen die relativ vielen falsch positiven Testergebnisse stark zu Buche. Ein positiver Test ist hier mit großer Wahrscheinlichkeit nur ein Messfehler.</p>
Prävalenz	<p>Anteil aktuell Betroffener an der Gesamtzahl der Personen, unabhängig davon, seit wann oder wie lange sie noch krank sein werden. Sie halten heute bei einer Gruppe von Personen nach einem Merkmal Ausschau (Querschnittstudie).</p> <p>Beispiel: »Allgemeine Verkehrskontrolle! Haben Sie vor Fahrtantritt Alkohol getrunken?« Die Prävalenz angetrunkenen Fahrer betrug am Samstag um 3:15 Uhr morgens traurige 7 % (14 von 200).</p>
Querschnittstudie	<p>Einzeitige Untersuchung (Momentaufnahme) eines Merkmals in einer Population (siehe Abbildung 1.2), so als ob Sie ein Foto der derzeitigen Situation machen. Kostet relativ wenig, ist relativ schnell durchgeführt, liefert Ihnen die Prävalenz. All das sagt Ihnen jedoch nichts zum Verlauf und zum Infektionsrisiko.</p> <p>Beispiel: Die Nasen von allen 30 Patienten einer Station werden abgestrichen. Bei 12 Patienten wird <i>Staphylococcus aureus</i> nachgewiesen. Nächste Woche kann das (gleiche Station aber andere Patienten) schon wieder ganz anders aussehen.</p>
Sensitivität	<p>Fähigkeit, Kranke richtigerweise als krank zu erkennen (siehe auch Tabelle 1.2). Sie wird in der Vierfeldertafel wie folgt berechnet: Anzahl richtig positiv / (Anzahl richtig positiv + Anzahl falsch negativ).</p> <p>Beispiel: Die Blickdiagnose für Bluthochdruck ergibt eine Sensitivität von 62 %, das heißt, die alleinige Betrachtung von 100 Personen mit hohem Blutdruck würde insgesamt 62 Betroffene mit hochrotem Kopf (richtigerweise) erkennen und 38-mal zu einer (falsch) negativen Einschätzung kommen, weil der Kopf eben nicht immer rot wird. Das Auge ist hier unzureichend – zum Glück gibt es Blutdruckmessgeräte.</p>

Begriff und Synonym	Bedeutung und Beispiel
Spezifität	<p>Fähigkeit, Gesunde richtigerweise als gesund zu erkennen (siehe auch Tabelle 1.2). Sie wird in der Vierfeldertafel wie folgt berechnet: Anzahl richtig negativ / (Anzahl richtig negativ + Anzahl falsch positiv).</p> <p>Beispiel: Ihnen wird ein Hund vorgestellt mit der Behauptung, er fresse nur Bockwürste der Firma A, aber den Anbieter B würde er verschmähen. Wie spezifisch ist er wirklich? Sie legen dem Hund 100 Würstchen hin (jeweils 50 von Hersteller A und 50 von Hersteller B), und siehe da, er frisst alle 50 Würstchen von Hersteller A und 15 Würstchen von Hersteller B. Die Spezifität beträgt damit $35 / (15 + 35) = 70\%$. Ganz so wählerisch ist der Hund also doch nicht.</p>
Störfaktor Confounder	<p>Eine Kovariable ist sowohl mit der Exposition als auch dem Ergebnis (outcome) assoziiert, ohne aber ursächlich für das Ergebnis zu sein.</p> <p>Beispiel: Lungenkrebs wird bei Kaffeetrinkern gehäuft beobachtet, aber nicht, weil Kaffee karzinogen wäre, sondern weil Kaffeetrinker auch häufiger Raucher sind.</p>
Surveillance	<p>Fortlaufende systematische Erfassung, Analyse und Interpretation von (Infektions-)Daten. Finden sich zum Beispiel im eigenen Bereich Auffälligkeiten im Vergleich mit anderen Bereichen, müssen Sie schauen, was Sie noch besser machen können. Das muss dann geändert werden, und man überprüft, ob es genutzt hat. Wichtig: Die Ergebnisse müssen an die Betroffenen zurückgemeldet werden, sonst hat der Regelkreis nämlich ein Loch – und das mag er nicht.</p> <p>Beispiel: Die hohe Sepsisrate einer Intensivstation fällt auf. In der Besprechung mit den Ärzten stellen sich Fehler bei der Anlage zentraler Gefäßkatheter heraus. Jetzt wird es richtig gemacht – und erfreulicherweise sinkt die Infektionsrate signifikant.</p>
Transmission Übertragung	<p>Erreger finden ihren Weg von einer Person zur nächsten. Fällt oft erst auf, wenn der Erreger bei mehreren Personen gefunden wird. Dann ist die Zuordnung von »Spender« und »Empfänger« meist nur noch unter Berücksichtigung der Epidemiologie möglich.</p> <p>Beispiel: Herr Müller bringt einen multiresistenten Erreger mit ins Krankenhaus. Wenige Tage später finden Sie den Erreger auch bei Herrn Meier und Frau Schulze.</p>
Typisierung	<p>Vergleich von Erregereigenschaften, um auf einen gemeinsamen Ursprung (Klonalität) schließen zu können. Schnell und einfach kann dies phänotypisch geschehen, indem man Spezies, Biochemie und Antibiogramme vergleicht; leider ist das Ergebnis meist noch ziemlich unsicher. Besser sind aufwendigere (und teurere) genotypische Verfahren, die DNA-Abschnitte miteinander vergleichen.</p> <p>Beispiel: Gleiche Antibiogramme bei vier sehr sensiblen Stämmen eines <i>Escherichia coli</i> bei vier Patienten – das beweist noch gar nichts. Erst ein hochdiskriminatives Verfahren wie etwa die Pulsfeld-Gelelektrophorese, eine Genomsequenzierung oder die PCR definierter Genabschnitte kann einen Zusammenhang beweisen oder natürlich auch ausschließen.</p>

Begriff und Synonym	Bedeutung und Beispiel
Verzerrung Bias	Ein systematischer Fehler verschiebt die Messergebnisse stets in die gleiche Richtung, weil unbewusst bestimmte Ergebnisse bevorzugt worden sind. Beispiel: Kontrollen waren im Mittel kränker als Testpersonen (Selektionsbias). Beispiel: »Signifikante« Ergebnisse werden häufiger publiziert (Publikationsbias). Beispiel: »Unangenehme« Erlebnisse bleiben besser in Erinnerung (Recall-Bias).
Virulenz	Wird durch Virulenzfaktoren des Erregers hervorgerufen und kennzeichnet die Erkrankungsschwere . Reicht von »gar nicht bemerkt« bis hin zu »ganz schlimm und gleich tot«. Auch hier nehmen Eigenschaften des Wirts (vor allem das Immunsystem) Einfluss auf das Geschehen. Beispiel: Rhinoviren sind wenig virulent, Erkältungen sind zwar lästig, aber in aller Regel nicht wirklich schlimm. Beispiel: Tollwutviren sind hochvirulent; die Erkrankung endet immer (!) tödlich!

Tabelle 1.1: Fachbegriffe der Epidemiologie und Infektionslehre

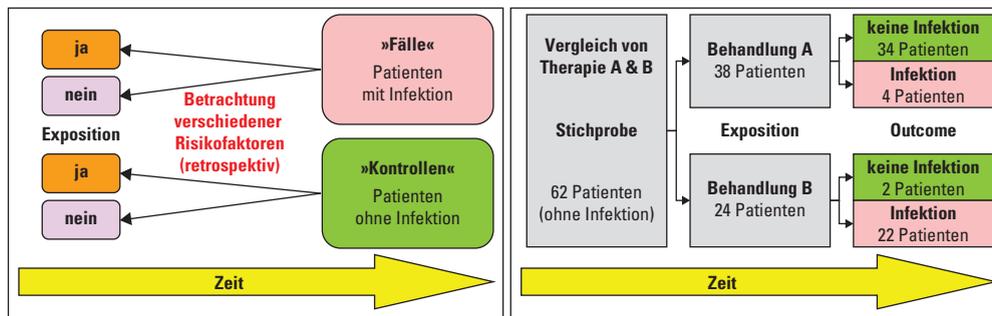


Abbildung 1.1: Fall-Kontroll-Studie und Kohortenstudie. Links: Infektionen haben sich ereignet (»Fälle«), aber was war bei Patienten ohne Infektionen (»Kontrollen«) anders? Rechts: Neue Maßnahme A wird mit der Standardmaßnahme B in zwei Studienarmen (Kohorten) verglichen. Behandlung A ist hier vermutlich vorteilhafter.

Meta-Analyse und Querschnittstudie: ein Beispiel

In dieser Meta-Analyse soll zum Beispiel das relative Risiko für eine Infektion im Vergleich zur alten Methode ermittelt werden. Insgesamt vier Studien haben die Methode getestet und wurden berücksichtigt. Sie werden jeweils durch einen waagerechten Strich und ein Quadrat gekennzeichnet (linker Teil der Abbildung 1.2).

Ein relatives Risiko von 1 bedeutet, dass beide Maßnahmen genau gleich gut/schlecht sind; kleinere Zahlen sprechen für einen Vorteil, größere Zahlen für einen Nachteil der neuen Methode. Die Länge des Strichs markiert die Genauigkeit, mit der eine Aussage getroffen werden kann (**Konfidenzintervall**). Irgendwo in diesem Bereich liegt der tatsächliche Unterschied

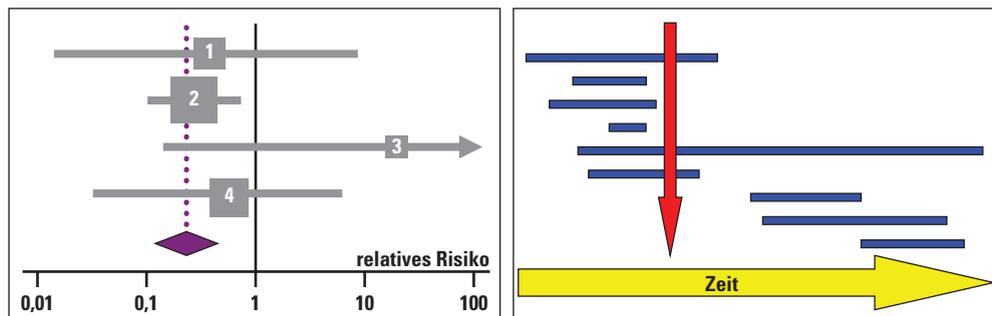


Abbildung 1.2: Meta-Analyse und Querschnittstudie. Links: Meta-Analyse (violette Raute) aus vier Studien (graue Quadrate). Rechts: Die Querschnittstudie betrachtet nur einen bestimmten Zeitpunkt (roter Pfeil). Blau: gesamter Zeitraum, in dem ein Individuum das gesuchte Merkmal trägt

der beiden Maßnahmen. Die Größe des Quadrats entspricht der Anzahl der in die einzelnen Studien jeweils eingeschlossenen Patienten. Studien mit vielen Patienten (große Quadrate wie Studie 2) liefern meistens verlässlichere Ergebnisse (kurze Striche). In jeder Studie, deren Strich das relative Risiko von 1 kreuzt (hier: Studien 1, 3 und 4) schneidet die neue Studie »nicht signifikant« besser/schlechter ab, denn es könnte ja sein, dass der Unterschied den Faktor 1 ausmacht (und wir alle wissen, dass sich nicht viel ändert, wenn man eine Zahl mit 1 multipliziert ...). Nur die Studie 2 liefert bereits für sich ein signifikant besseres Ergebnis.

Werden nun aber alle vier Studien zusammengefasst, steigt die Gesamtzahl der Patienten und verbessert damit die Verlässlichkeit der Aussage (das ist natürlich nur zulässig, wenn die Studienbedingungen in allen Studien gleich waren). Das Ergebnis ist die violette Raute. Sie ist ziemlich schmal (also sehr verlässlich) und zeigt einen signifikanten Vorteil der neuen Methode, denn sie liegt vollständig links des relativen Risikos von 1. Insgesamt ergibt sich in dieser Meta-Analyse aus vier Studien ein relatives Risiko von etwa 0,4 (logarithmische Darstellung beachten!).

Im rechten Teil von Abbildung 1.2 ist das Prinzip der Querschnittstudie dargestellt. Jeder blaue waagerechte Strich entspricht einem Patienten mit dem gesuchten Merkmal, zum Beispiel einem multiresistenten Erreger. Position und Länge der Striche zeigen den Zeitraum und die Dauer des individuellen Trägertums an. Nun wird zu einem frei gewählten Zeitpunkt (roter Pfeil) nach eben diesem multiresistenten Erreger gesucht, und bei drei Patienten wird er tatsächlich auch gefunden. Auf einer Station mit 30 Betten ergäbe sich damit eine Prävalenz von $3 / 30 = 10\%$. Hätten Sie jedoch kurz vorher geschaut, hätten Sie sechs Patienten mit diesem Merkmal ($6 / 30 = 20\%$) entdeckt; nur wenig später war die Prävalenz plötzlich viel niedriger ($1 / 30 = 3\%$), weil zum Beispiel Patienten entlassen oder verlegt wurden oder gestorben sind. Für ein gutes Bild von der tatsächlichen Situation sollten Querschnittstudien daher regelmäßig wiederholt werden.

Die Vierfeldertafel

Weil sie doch manches Mal zur Bewertung neuer Tests und Verfahren benötigt wird, hier einmal die Vierfeldertafel als Kreuztabelle (Tabelle 1.2). Dabei muss durch frühere

Untersuchungen bereits bekannt sein, ob Patienten wirklich krank sind oder nicht. Dann können Sie folgendermaßen rechnen:

- ✓ Sensitivität = $a / (a + c)$
- ✓ Spezifität = $d / (b + d)$
- ✓ positiver prädiktiver Wert = $a / (a + b)$
- ✓ negativer prädiktiver Wert = $d / (c + d)$

	krank	gesund	gesamt
Test positiv	a	b	(a + b)
Test negativ	c	d	(c + d)
gesamt	(a + c)	(b + d)	(a + b + c + d)

Tabelle 1.2: Prinzip der Vierfeldertafel

Alles gelesen? Sehr tapfer! Ab jetzt wird es in diesem Kapitel von Seite zu Seite einfacher!

Der diagnostische Weg

Der diagnostische Weg (Abbildung 1.3) setzt sich aus **Präanalytik**, der eigentlichen **Analytik** (also echte Labortätigkeit) und **Postanalytik** zusammen. Die einzelnen Schritte greifen dabei wie die Glieder einer Kette ineinander. Wenn es an einer Stelle hapert, ist schnell der klinische Erfolg der ganzen Diagnostik gefährdet.

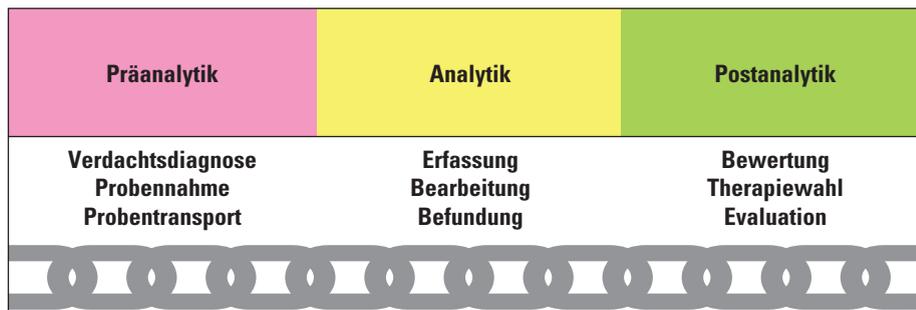


Abbildung 1.3: Der diagnostische Weg

Die Präanalytik beschreibt all das, was vor der Ankunft einer Probe im mikrobiologischen Labor passiert – und da passiert schon eine ganze Menge, also viele Gelegenheiten, die ganze Diagnostik unbrauchbar zu machen. Im Labor haben Sie naturgemäß nur mittelbar Einfluss auf die Qualität der Präanalytik. Aber dennoch gibt es einige Dinge, auf die Sie bei der Ankunft der Probe achten sollten, um wenigstens zu retten, was noch zu retten ist.



Tragen Sie stets **Handschuhe**, wenn Sie neu eingesendete Proben auspacken. Sie wissen nämlich nicht, wie blutig die Hände des Chirurgen beim Abstrich waren. Ein schief aufgeschraubter Deckel, ein Riss in der Wandung ... und schon ist das Material vollständig ausgelaufen. Sie wollen das wirklich nicht an Ihren Händen kleben haben.

Verdachtsdiagnose

Der Patient stellt sich mit irgendeinem Problem vor und wird untersucht. Jetzt ist der Moment, daran zu denken, ob Infektionen eine Rolle spielen könnten. Auch der Mitarbeiter im mikrobiologischen Labor kann zur Verdachtsdiagnose beitragen, indem er alle ihm verfügbaren Informationen nutzt (Reiseland, HIV-Status, Schwangerschaft, Immunstatus, Probenkonsistenz, antibiotische Vorbehandlung ...).

- ✓ Sie erhalten eine Lungenspülung von einem Patienten nach Nierentransplantation mit akuter Pneumonie. Untersuchungsauftrag: »Standardbakteriologie«. Fragen Sie sicherheitshalber einmal nach, ob nicht versehentlich die Suche nach *Pneumocystis jirovecii* vergessen wurde (oft ist nämlich genau das passiert).
- ✓ Sie erhalten von der Station eine dünnflüssig-blutige Stuhlprobe. Anforderung: »Standardbakteriologie«. Möglicherweise wünscht sich der Einsender jedoch in Wahrheit die Suche nach »pathogenen Darmbakterien« wie Salmonellen, Shigellen und Yersinien. Nachfragen lohnt sich manchmal.

Probennahme – im Karpfenteich kann man keine Forellen fangen

Wurde bei der Probennahme an alle relevanten Erreger gedacht? Sehr gut! Ist nun auch das richtige Material in ausreichender Menge vorhanden? Das prüfen Sie ebenfalls!

- ✓ Auf dem Zettel ist **Patient** »Meier« vermerkt, auf dem Probenröhrchen aber klebt der Name von Patient »Meyer«. Nahe dran und doch vorbei. Von wem stammt die Probe nun tatsächlich, und was soll mit ihr geschehen? Zeit für ein klärendes Gespräch.
- ✓ Dem Einsendeschein zufolge besteht ein Verdacht auf **Malaria**, denn der Patient war lange in Kenia. Im Labor erreicht Sie jedoch statt EDTA-Blut ein Röhrchen mit Serum. So wird das nix. Fordern Sie eine neue Probe an.
- ✓ Sie suchen nach **Filarien** im Blut, die sich dort vorzugsweise tagsüber aufhalten. Die Probe wurde laut Begleitzettel jedoch gegen Mitternacht gewonnen. Auch so etwas sollte mit dem Einsender besprochen werden.
- ✓ Sie erhalten 250 µL **Liquor** und dazu Untersuchungsaufträge, für die mindestens 600 µL notwendig wären. Was hat nun Priorität, wenn nicht alle Wünsche erfüllt werden können? Und schon wieder haben sie den Telefonhörer am Ohr ...



Nehmen Sie Kontakt mit dem Einsender auf bei unklarer **Patientenidentität**, wenn Material und Anforderung inhaltlich nicht zusammenpassen, bei suboptimaler **Materialgewinnung** oder wenn nicht alle **Zielanforderungen** erfüllt werden können.

Probentransport – gut verpackt ist halb verschickt

Die Kreativität beim Versand von Proben erscheint mitunter grenzenlos. Auch hier gibt es mehrere gute Gründe für ein freundliches Telefonat. Schauen Sie doch mal:

- ✓ Das Hüftgelenkspunktat wurde in einer Blutkulturflasche versenkt? Damit ist ein mikroskopisches Direktpräparat nicht mehr möglich.
- ✓ Die Wand des Röhrchens ist gebrochen und das Pleurapunktat ist partiell ausgelaufen? Jetzt kann es zu einer Verunreinigung der Probe gekommen sein.
- ✓ Die Urinprobe ist dem Einsendeschein zufolge bereits 72 Stunden vor ihrem Eintreffen im Labor gewonnen worden? Die Anzahl der Erreger in dieser Probe hat mit der Anzahl der Erreger zum Zeitpunkt der Probennahme nicht mehr viel gemein (was bei einer quantitativen Analyse ziemlich ärgerlich ist).
- ✓ Ein Liquor wird Ihnen in der Kühlbox gebracht? Der kulturelle Nachweis von Meningokokken ist damit fast unmöglich geworden.



Achten Sie auf die richtige Auswahl des **Probengefäßes** (Art, Sterilität, Unversehrtheit) und die **Transportbedingungen** (Zeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt). Weisen Sie darauf hin, falls eine der folgenden Eigenschaften zutrifft, denn für diese Personengruppen sind gegebenenfalls noch weitere Vorgaben zu beachten:

- ✓ Schwangerschaft
- ✓ Immunschwäche (ganz gleich, ob angeboren oder erworben)
- ✓ sonstige schwere Grunderkrankung (fragen Sie im Zweifelsfall einfach nach)

Laborsicherheit – to do or not to do

Es kann so einiges im Labor passieren. Die wichtigsten Grundregeln der Laborsicherheit sollten Sie unbedingt kennen! Das in Abbildung 1.4 links dargestellte gelb-schwarze Zeichen



Abbildung 1.4: Hinweisschilder im Labor. Links: Warnschild »Biologische Gefahr«. Mitte: Verbotsschilder »Rauchen verboten« und »Essen und Trinken verboten«. Rechts: Gebotsschilder »Schutzhandschuhe«, »Schutzkittel«, »Schutzbrille« und »Händedesinfektion«

an einer Tür sagt Ihnen, dass dahinter mit Krankheitserregern hantiert wird. Grundsätzlich ist in solchen Räumen das Essen, Trinken und Rauchen verboten (und kein klar denkender Mensch käme hoffentlich auf die Idee, das zu tun).

In Abhängigkeit von Erreger und Gefahrstoff können **Schutzmaßnahmen** erforderlich sein: geschlossener (!) Schutzkittel, Schutzhandschuhe oder Schutzbrille. Die meisten Erreger sind empfindlich gegenüber Alkohol; die Bedeutung der Händedesinfektion kann daher an dieser Stelle gar nicht oft genug betont werden. Die Einteilung der Erreger kann je nach Infektions- und Ausbreitungsrisiko sowie Therapiemöglichkeiten in vier **biologische Risikogruppen** (BSL für »Biosafety Level« siehe Tabelle 1.3) erfolgen.

Risikogruppe (Biosafety Level)	Beschreibung	Beispiel
BSL 1	Infektion beim Menschen ist unwahrscheinlich.	nicht-pathogene <i>Escherichia coli</i>
BSL 2	Infektionsrisiko im Labor ist gegeben. Prävention und/oder Therapie sind möglich.	Salmonellen, Mumps-Virus
BSL 3	Risiko schwerer Infektionen im Labor. Ausbreitung des Erregers auf die Bevölkerung denkbar. Prävention und/oder Therapie sind möglich.	Milzbrand, Tuberkulose
BSL 4	Risiko schwerer Infektionen im Labor. Ausbreitung des Erregers auf die Bevölkerung ist wahrscheinlich. Prävention und/oder Therapie ist hier nur sehr eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich.	Ebola-Virus, Pocken-Virus

Tabelle 1.3: Biologische Sicherheitsstufen im mikrobiologischen Labor



Menschen fassen sich immer wieder unbewusst ins eigene Gesicht und übertragen damit Erreger von ihren Händen auf Mund, Nase und Augen. Vermeiden Sie das im Labor!

Gefahrstoffe im Labor – Säure, Gift und Feuer

Es gibt auch Gefahrstoffe im Labor, die entsprechend gekennzeichnet sein müssen (Abbildung 1.5). Die Abkürzung »**CMR**« beschreibt krebserregende, mutagene und/oder fruchtschädigende Stoffe (**C**arcinogenic, **M**utagenic, toxic to **R**eproduction). Die übrigen Symbole sind eigentlich selbsterklärend. Informieren Sie sich bitte vor Ort über die zulässigen Mengen an Gefahrstoffen sowie über die Vorgaben zu deren Handhabung, Bevorratung (geschlossene Schränke, Abluftsysteme, Lagerung nicht über Kopfhöhe) und Entsorgung. Und wenn doch einmal ein Missgeschick passiert? Melden Sie jeden Laborunfall! Zu Ihrem Schutz und zum Schutz aller anderen Mitarbeiter.



Abbildung 1.5: Gefahrstoffsymbole: 1: »explosiv«, 2: »reizend/ätzend«, 3: »gesichert CMR-sensibilisierend«, 4: »möglicherweise CMR-sensibilisierend«, 5: »komprimierte Gase«, 6: »giftig/sehr giftig«, 7: »umweltgefährlich«, 8: »oxidierend/brandfördernd« und 9: »entzündlich«

Standardhygienemaßnahmen

Standardhygienemaßnahmen sind die Grundlage der Infektionsverhütung und gelten daher immer. Um den Sinn und Zweck der Maßnahmen zu verstehen, ist es allerdings hilfreich, zu wissen, wie Bakterien und Viren von A nach B kommen.

Übertragungswege der Infektionserreger: Fass mich nicht an!

Sie können im Elektronenmikroskop noch so lange suchen, aber Sie werden bei Bakterien und Viren keine Beinchen oder Flügel finden. Dafür können sie prima an Fingern oder Gegenständen kleben bleiben. Dieses Konzept der Kontaktaufnahme hat sich aus der Sicht der kleinen Freunde offensichtlich bewährt und ist mit großem Abstand der häufigste und damit wichtigste Übertragungsweg im Krankenhaus. Dies kann **direkt** von Mensch zu Mensch erfolgen, dann haben meistens die Mitarbeiter ihre Finger im Spiel. Eine Übertragung kann aber auch **indirekt** über kontaminierte Oberflächen, Medizinprodukte oder andere Gegenstände passieren.

Tröpfchen – wie weit kann man spucken?

Manche husten, andere pusten, wieder andere Menschen haben eine feuchte Aussprache. Wann immer wir den Mund öffnen, ergießt sich vor uns ein Reigen an Partikeln mit Mikroorganismen. Entscheidend für die Transmission eines Erregers ist jedoch, ob diese kleinen bemannten Flugkörper auch tatsächlich ihr Ziel erreichen. Das wiederum hängt von der Partikelgröße ab; die »goldene Grenze« liegt hier bei etwa 5 µm. Größere Partikel gelten als **Tröpfchen** und haben verstanden, wie Schwerkraft funktioniert. Sie fallen dementsprechend rasch zu Boden und bilden dort eine ungefährliche Pfütze. Der Spuckradius ist hier auf etwa 1,5 Meter begrenzt (Abbildung 1.6). Machen Sie es daher wie auf der Autobahn: Abstand halten!

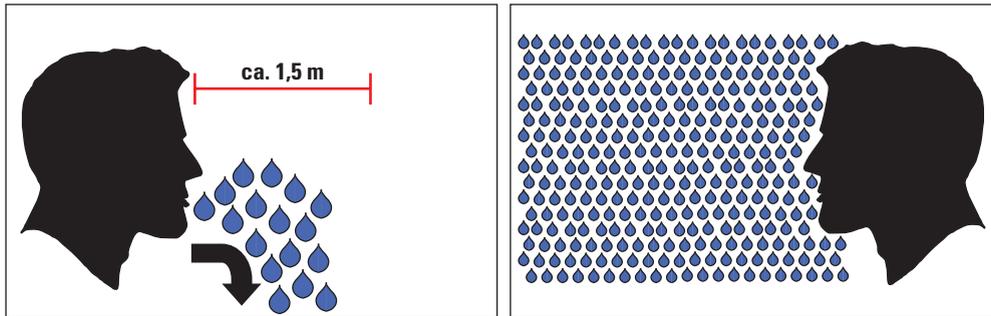


Abbildung 1.6: Übertragung durch Tröpfchen und Tröpfchenkerne. Links: Tröpfchen (Distanz beschränkt sich auf etwa 1,5 Meter). Rechts: Aerosol (Distanz ist nahezu uneingeschränkt)

Aerosole – es liegt was in der Luft ...

Tröpfchenkerne ($<5 \mu\text{m}$) hingegen scheren sich nicht um die Schwerkraft. Diese kleinen Partikel bleiben über lange Zeit und weite Strecken einfach in der Schwebe und werden anschließend vom Winde verweht. Der Infizierte kann also weit entfernt sein oder den Raum bereits verlassen haben – dennoch ist eine Übertragung möglich. Es gibt nicht viele Erreger, die sich auf diese Weise verbreiten. Typische Beispiele sind die Sporen von *Aspergillen*, *Mycobacterium tuberculosis* sowie das *Varizella-Zoster-Virus* (Volksmund: »Windpocken«).



Halten Sie doch einfach drei Plätze Abstand, wenn das nächste Mal in der Straßenbahn jemand neben Ihnen hustet. Ist es eine Tröpfcheninfektion, sind Sie weit genug weg; erfolgt die Übertragung per Aerosol, können Sie ohnehin nichts dagegen tun.

Erreger in der Umwelt

Für Immungesunde ist Natur pur eine wundervolle Sache. Für stark Immungeschwächte (Hämatologie, Onkologie oder nach Organtransplantationen) lauern dort jedoch Gefahren und Probleme – und das auch im Krankenhaus!

Trinkwasser

In den meisten älteren Gebäuden haben es sich **Legionellen** im Leitungssystem des Trinkwassers bequem gemacht und können im Einzelfall schwere Infektionen der Lunge hervorrufen (siehe auch Kapitel 4). Für immunsupprimierte Patienten werden daher die Leitungen regelmäßig mit heißem Wasser oder Chlor desinfiziert und gründlich gespült. Alternativ kann man auch bakteriendichte Filter an den Wasserhahn schrauben.

Staub und Luft

Schimmelpilze, insbesondere **Aspergillen**, machen sich durch die Luft auf den Weg, werden inhaliert und – es mag kaum überraschen – wählen ebenfalls die Lunge als willkommene Eintrittspforte in den Körper (siehe dazu auch Kapitel 20). Die Letalität der invasiven Aspergillose ist mit $>50\%$ sehr hoch. Darum haben Topfpflanzen, Nüsse, Gewürze, große

Mengen an Papier und andere organische Materialien im Patientenzimmer in der Phase der akuten Neutropenie nichts verloren. Im Gegenzug wird die Zuluft in der raumlufttechnischen (RLT-)Anlage durch Hochleistungsfilter gereinigt und mit Überdruck oder einer Schleuse der Einstrom ungereinigter Außenluft verhindert.

Schlamperei im Suppentopf – bringt Essen wieder hoch zum Kopf

Auch Lebensmittel können die Ursache einer (häufig gleich mehrfachen) nosokomialen Infektion sein. Es kommt zwar in Krankenhäusern hierzulande nur selten vor, aber daran denken sollte man bei Salmonellen, *Bacillus cereus* oder *Clostridium perfringens*.

Noch viel seltener, aber in exotischeren Gegenden durchaus möglich sind nosokomiale Infektionen durch **Vektoren**, wenn sich beispielsweise die Anopheles-Mücke ins Patientenzimmer verirrt hat und auch im Krankenhaus für neue Malariafälle sorgt.

Hygienemaßnahmen



Ein Krankenhaus in Wien im 19. Jahrhundert: Frisch entbundene Mütter sterben wie die Fliegen am **Kindbettfieber**. Auf allen Stationen? Nein, nur dort, wo sie von Medizinstudenten untersucht wurden – und zwar unmittelbar nachdem diese im Rahmen ihrer Ausbildung Leichen obduziert hatten. Die Letalität nebenan auf der Station der Hebammenschülerinnen, die keine Leichen obduzieren, ist viel niedriger. Chefarzt Ignaz Semmelweis ordnet an, dass sich alle Studenten nach Obduktionen die Hände in Chlorkalk waschen müssen, und siehe da: Die Sterblichkeitsrate der Wöchnerinnen sinkt rapide von 12,3 % auf 2,5 %. Später ordnet er an, die Hände vor Kontakt zu den Müttern immer so zu waschen ... und schon halbiert sich die Sterblichkeitsrate gleich nochmals. Das war die Geburtsstunde der **Händehygiene**.

Nachdem nun die Hände als wichtigster Überträger von Erregern im Krankenhaus entlarvt worden sind, liegt es nahe, die Erreger, die sich auf ihnen tummeln, unschädlich zu machen. Kollege Semmelweis hat's doch sehr erfolgreich vorgemacht: Sorgfältige Händedesinfektion betreiben, und schon sterben weniger Patienten. Für die regelhafte **Händedesinfektion** werden meist Lösungen mit einem Alkoholgehalt von etwa 60 bis 75 Vol. % verwendet.

Händehygiene – lieber in Alkohol als in Unschuld waschen

Nehmen Sie eine großzügige Portion und verreiben Sie diese gleichmäßig für mindestens 30 Sekunden. Ihre Haut muss dabei die ganze Zeit über **vollständig benetzt** sein. Kleine Hände brauchen viel, große Hände brauchen sehr viel! Möglicherweise entdecken Sie dabei sogar Problemzonen, die Sie bislang noch gar nicht kannten (Abbildung 1.7):

- ✓ Handrücken und Fingerzwischenräume
- ✓ Fingerkuppen und Ansätze der Fingernägel
- ✓ Daumen (Sie glauben ja gar nicht, wie oft die Daumen vergessen werden)

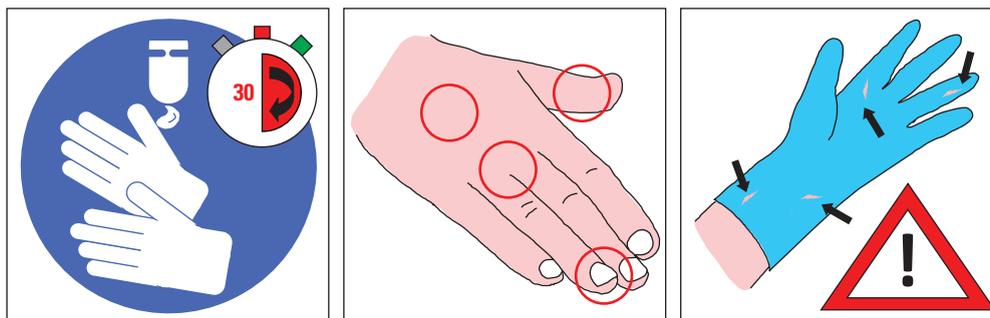


Abbildung 1.7: Händedesinfektion. Links: Mindestens 30 Sekunden die Haut benetzen. Mitte: Problemzonen beachten. Rechts: Händedesinfektion auch nach der Verwendung von Schutzhandschuhen



Die »Fünf Momente der Händedesinfektion« laut Weltgesundheitsorganisation (WHO):

- ✓ vor Patientenkontakt
- ✓ vor aseptischen Tätigkeiten
- ✓ nach Kontakt mit potenziell infektiösen Materialien
- ✓ nach Patientenkontakt
- ✓ nach Kontakt mit der unmittelbaren Patientenumgebung

Kostenlos hier noch einen weiteren Punkt, der gern vergessen wird:

- ✓ nach dem Ablegen von Handschuhen, denn die können kleine Löcher haben!



Die gewöhnliche Händedesinfektion hat allerdings auch **Erregerlücken**. Folgende Spezialfälle kommen im Klinikalltag regelmäßig vor und müssen daher bekannt sein:

- ✓ Bei unbehüllten Viren, wie Noroviren und Adenoviren, ist ein Präparat mit höherem Alkoholgehalt erforderlich. Dann besonders auf gute Hautpflege achten, denn ohne die regelmäßige Verwendung einer rückfettenden Creme trocknet die Haut leicht aus.
- ✓ Alkohol wirkt nicht spozid. Bei bakteriellen Sporenbildnern (zum Beispiel *Clostridioides difficile*) können Sie daher mit einer alkoholischen Händedesinfektion nicht viel ausrichten. Hier heißt die Devise daher »back to basics«: Hände gründlich mit Wasser und Seife waschen.



Manche Mitarbeiter berichten über **Unverträglichkeiten** bestimmter Händedesinfektionsmittel. Der eigentliche Wirkstoff (Alkohol) ist dabei in aller Regel nicht das Problem; vielmehr sind es beigemengte Farb- oder Duftstoffe, die die Hautreaktionen und Allergien verursachen. Abhilfe schafft dann die Umstellung auf Präparate ohne solche Zusätze, die fast alle Hersteller ebenfalls anbieten.

Handschuhe

Arbeiten Sie doch mal im Garten, aber ziehen sie nur einen Handschuh an. Welche Hand wird hinterher wohl schmutziger aussehen? Wer das verstanden hat, versteht auch, warum bei zu erwartendem Kontakt zu Infektionserregern Handschuhe zum Selbstschutz empfohlen werden. Die Keimlast auf der eigenen Haut wird auf diese Weise deutlich gesenkt. Aber kleine Risse in den Handschuhen ermöglichen es dennoch einigen Mikroorganismen, bis auf die Haut zu gelangen. Daher auch nach Verwendung von Handschuhen Hände desinfizieren.

Schutzkittel – Garant für eine weiße Weste

Hiermit ist ein zusätzlicher Kittel über der sonst üblichen Arbeitskleidung gemeint, um eben diese vor Verunreinigungen zu schützen. Aus naheliegenden Gründen wird er ebenfalls bei zu erwartender großer Erregerlast empfohlen. Außerdem kommt der Schutzkittel zur Versorgung von Patienten mit »Problemkeimen« zum Einsatz.

Schutzmasken und Brillen – bitte kein Vermummungsverbot!

Kostengünstig und für Infektionserreger via Tröpfchen gut geeignet ist der gemeine Mund-Nasen-Schutz (der übrigens so heißt, weil er auch die Nase bedecken sollte). **Filtering-Face-Piece**-(FFP-)-Masken haben je nach Ausführung einen deutlich höheren Abscheidegrad für Partikel und werden zum Schutz vor Aerosolen empfohlen. Im Regelfall werden FFP-2-Masken verwendet, nur bei sehr gefährlichen Erregern wie zum Beispiel multiresistenter Tuberkulose sollte zur Sicherheit FFP-3 gewählt werden.



FFP-Masken erhöhen zwangsläufig den Atemwiderstand für ihren Träger. Das kann bei längerer Verwendung lästig werden. Masken mit einem **Ausatemventil** erleichtern dem Träger zumindest das Ausatmen. Falls jedoch ein infizierter Patient mit einer FFP-Maske ausgestattet werden soll, nehmen sie natürlich keine (!) Maske mit Ausatemventil, denn sonst können Sie sich die Maske ja auch gleich sparen!

Gerne vergessen: Auch über die Schleimhäute im Bereich der Augen können Erreger eindringen. Bei der Gefahr von Blutspritzern unbedingt an die **Schutzbrille** denken.

Scharfabwurf – das infektiologische Eigentor

Es ist doch wirklich nicht so schwer: Für scharfe Gegenstände (Nadeln, Kanülen und Klengen) gibt es stichsichere Entsorgungsbehältnisse. Räumen Sie alle gefährlichen Utensilien nach Arbeitsende auf! Versuchen Sie nicht, eine bereits volle Box noch weiter zu füllen – nehmen Sie stattdessen eine neue!



Keinesfalls und niemals stülpen Sie die Schutzkappe wieder über eine bereits benutzte Kanüle, denn dieses **Recapping** ist der sicherste Weg zur Nadelstichverletzung! Zum Glück kommen immer häufiger sogenannte Sicherheitskanülen zum Einsatz, bei denen der scharfe Anteil unmittelbar nach seiner Verwendung von Kunststoff ummantelt werden kann.

Desinfektion und Sterilisation

Hier lernen Sie verschiedene Möglichkeiten zur Inaktivierung von Erregern kennen und erfahren, welche wichtigen Wirkungslücken einzelne Substanzen haben. Das Robert-Koch-Institut teilt Medizinprodukte in drei Kategorien ein (siehe Abbildung 1.8):

- ✓ **unkritisch** (es findet nur Kontakt mit intakter Haut statt)
- ✓ **semikritisch** (es kommt zum Kontakt mit Schleimhäuten)
- ✓ **kritisch** (physiologische Barrieren werden verletzt, Kontakt zu Blut ist möglich)

Alle kritischen Medizinprodukte müssen vor ihrer Verwendung am Menschen sterilisiert worden sein, bei den anderen beiden Kategorien genügt eine sachgerechte Desinfektion.

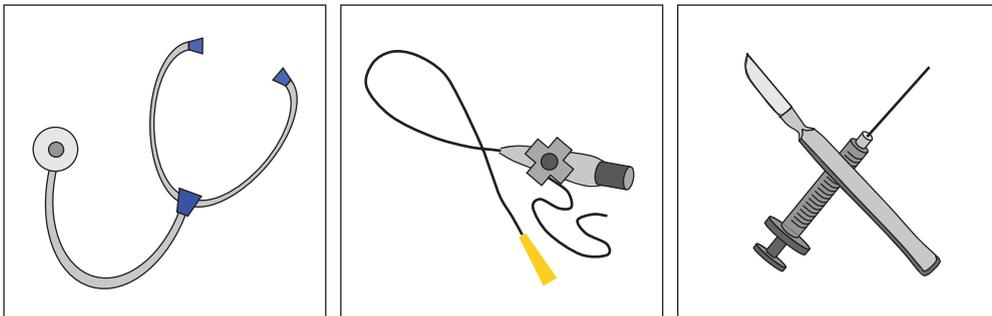


Abbildung 1.8: Einteilung von Medizinprodukten hinsichtlich ihrer Aufbereitung. Links: unkritisch (nur externe Anwendung). Mitte: semikritisch (interne Anwendung, aber dabei nicht verletzend). Rechts: kritisch (invasive oder penetrierende Anwendung)

Desinfektionsverfahren – die chemische Qual der Wahl



Bei einer Desinfektion wird die Anzahl der vorhandenen Infektionserreger so weit reduziert, dass eine Infektionsgefahr ausgeschlossen ist. Dafür wird eine Reduktion der Keimlast um **fünf Log-Stufen**, das heißt um 99,999 %, gefordert.

Es gibt so viele Wirkstoffe zur Desinfektion in so vielen verschiedenen Präparaten von so vielen Herstellern. Tabelle 1.4 zeigt die häufigsten Wirkstoffe und Einsatzbereiche.

Die chemische Desinfektion ist zwar der Regelfall, doch sollen hier die physikalischen Verfahren zur Behandlung von Wasser nicht unterschlagen werden:

- ✓ **Erhitzen** (mindestens 70 °C, besser noch: Abkochen)
- ✓ Bestrahlung mit **UV-Licht**
- ✓ **Filter** mit einer Porengröße < 0,2 µm

	Bakterien	Sporen	Pilze	Viren	Haut	Schleimhaut	Fläche	Instrumente
Alkohol	X		X	(X) ¹	X	X	(X) ²	
Iod	X	X	X	X	X	X		
Chlorhexidin	(X) ³		(X) ³	(X) ³	X	X		
Octenidin	X		X	X	X	X		
Wasserstoffperoxid	X	X	X	X	X	X	X	X
Peressigsäure	X	X	X	X			X	X
Formaldehyd	X	X	X	X			X	X
Natriumhypochlorit	X	X	X	X			X	X
Chlordioxid	X	X	X	X			X	X
Chlor	X	X	X	X				X
Ozon	X	X	X	X				X

Tabelle 1.4: Auswahl von Desinfektionsmitteln und deren vorrangigen Anwendungsgebiete (¹für unbehüllte Viren sind höhere Konzentrationen erforderlich; ²aus Brandschutzgründen nur für Flächen bis maximal 1 m² verwenden; ³in niedriger Konzentration nur eingeschränkt/unsicher wirksam)

Sterilisationsverfahren

Bei einer Sterilisation werden durch eine Reduktion von **sechs Log-Stufen** alle vermehrungsfähigen Mikroorganismen abgetötet. Aber wie soll man dieser Definition gerecht werden? Einerseits heißt es für die Sterilisation, dass alles tot sein muss – dann heißt es wiederum, dass bei mehr als 1.000.000 Erregern doch noch einer übrig bleiben darf ... Der kluge Kopf findet die Lösung schnell: Dann muss die Keimzahl vor der Sterilisation wohl kleiner als eine Million sein. Wenn Sie also ein völlig verdrehtes Medizinprodukt sterilisieren wollen, auf dem sich gegenwärtig viele Milliarden von Erregern befinden, müssen Sie es eben vorher sorgfältig reinigen. Eine Portion Hundekot wird durch einen Aufenthalt im Dampfsterilisator vermutlich zu einem ganz besonders unappetitlichen Haufen, nur steril ist er danach sicher noch nicht.

Mit »steril« ist es wie mit »schwanger«: ja oder nein. Es gibt kein »fast steril« und kein »bisschen steril«. Abhängig vom zu sterilisierenden Produkt haben Sie nun verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl, und wie so oft haben alle Verfahren ihre Vor- und Nachteile.

Autoklavieren – Hochdrucksaua für die Kleinsten

Der Autoklav ist das mit Abstand häufigste Sterilisationsgerät. Sein Prinzip ähnelt dem heißen Dampfkochtopf unter Druck. Der Ablauf ist wie folgt:

- ✓ Kammer mit verpacktem Sterilgut befüllen und verschließen
- ✓ Luft entfernen und vollständig durch gesättigten, gespannten Dampf ersetzen
- ✓ 134 °C und 3 bar Druck für 5 min oder 121 °C bei 2 bar Druck für 20 min

Aufgabe des Wasserdampfs ist es dabei, die Hitzeenergie besser auf das Sterilgut zu übertragen. Sie kennen den Effekt vielleicht vom Aufguss in der Sauna: Die absolute Temperatur im Schwitzkammerchen bleibt dabei gleich, aber mit dem Dampf in der Luft merken Sie plötzlich, wie heiß es wirklich im Raum ist.

Heißluftsterilisation

Dampf ist gerade mal aus? Macht nix, dann brauchen Sie eben mehr Hitze. Heizen Sie hoch, bis Sie Temperaturen wie im heimischen Backofen erreichen:

- ✓ 160 °C für 120 min oder 170 °C für 60 min oder 180 °C für 30 min

Ethylenoxid und Formaldehyd – für thermische Weicheier

Die meisten Kunststoffe würden bei so hohen Temperaturen vermutlich zu einer unansehnlichen Masse schrumpeln. Für solche Fälle ist eine Begasung mit Ethylenoxid (EO) ein »Plan B«. Es durchdringt dabei die Umverpackung und wirkt dann direkt auf dem Sterilgut. Danach muss jedoch auch wieder die Ausgasung (Desorption) abgewartet werden, denn das Zeug ist leider **hochentzündlich, giftig und krebserregend** (kanzerogen). Dafür genügen aber bereits 60 °C. Man kann eben nicht alles haben.

Formaldehyd kennen Sie bereits in wässriger Lösung als Desinfektionsmittel. Sie können es aber auch **gasförmig** zur Sterilisation verwenden. Auch bei dieser Form der chemischen Sterilisation kommt man bereits mit 60 °C hin. Leider ist auch Formaldehyd ein eher unangenehmer Wirkstoff mit Allergie- und Krebsrisiko.

Plasmasterilisation – der junge Exot mit großer Zukunft

Ein Generator überführt Wasserstoffperoxid oder Peroxyessigsäure im elektrischen Feld in Plasmaform. Dabei entstehen eine abtötende (mikrobizide) UV-Strahlung, Ionen und freie Radikale. Alles passiert fast bei Raumtemperatur mit relativ geringem Druck. Nach nur wenigen Minuten ist der Vorgang auch schon abgeschlossen.

Strahlensterilisation

Elektronenstrahlung oder radioaktive γ -Strahlung kann ebenfalls zur Sterilisation verwendet werden. Die Industrie macht das gern bei der Herstellung steriler Einwegartikel (Spritzen und Kanülen), im Krankenhaus nutzt man es nur selten.

Sterilitätsprüfung – Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser

Die Pinzette sieht nach ihrem Besuch im Autoklaven noch genauso aus als vorher. Woher wissen Sie eigentlich, dass die Sterilisation auch erfolgreich verlaufen ist? Dazu gibt es interne Kontrollinstrumente. Wenn Sie wissen wollen, wie schnell Sie fahren, schauen Sie auf Ihren Tacho. Manchmal gesellt sich dann noch überraschend die polizeiliche Radaranlage als unabhängige externe (und mitunter kostspielige) Kontrollinstanz hinzu. So ähnlich ist es

bei der Sterilisation: Physikalische Parameter wie Zeit, Druck und Temperatur werden einerseits vom Gerät selbst kontinuierlich kontrolliert, gesteuert und dokumentiert. Zudem kann man sie mit **Thermologgern**, die man mit in die Sterilisationskammer gibt, in regelmäßigen Intervallen unabhängig prüfen.

Chemische Kontrolle – Muster aus dem Nichts

Bei einer Sterilisation verfärben sich chemo-chromatische Indikatoren, die auf der Verpackung angebracht wurden: Streifen werden dunkel, oder ein Sicherheitslogo erscheint, wenn Hitze und Dampf lange genug eingewirkt haben.

Biologische Kontrolle – der absolute Härtestest

Bakterielle Sporen sind eine wirklich harte Nuss. Wenn diese erfolgreich abgetötet wurden, hat auch nichts anderes überlebt. Also testet man regelmäßig Sporenpäckchen: einfach mit in die Kammer legen und hinterher prüfen, ob noch Kameraden zum Leben zu erwecken sind. Wenn nichts mehr anwachsen will, ist alles gut (oder besser: alles tot).

Epidemiologie nosokomialer Infektionen

Dieser Abschnitt stellt die häufigsten Krankenhausinfektionen vor, inklusive Herkunft der Erreger, Risikofaktoren und klinischen Konsequenzen. Sie werden lernen, was ein nosokomialer Ausbruch ist und was Sie dann unbedingt tun sollten. Insbesondere **endogene Infektionen**, bei denen der Erreger aus der patienteneigenen Flora stammt, sind auch unter bestmöglichen Bedingungen nicht vollständig vermeidbar. Etwa 70 % der nosokomialen Infektionen sind endogene Infektionen. Bei **exogenen Infektionen** hingegen wird der Erreger neu an den Patienten herangetragen. Diese Infektionen hätten durch adäquate Hygienemaßnahmen in vielen Fällen verhindert werden können.

Nosokomiale Infektionen und ihre Ursachen

Man ist schon krank und muss ins Krankenhaus ... und wird dort noch kränker ... oder stirbt sogar. Das klingt nicht gut. Grund genug, sich mit **Krankenhausinfektionen** eingehender zu beschäftigen. Eine nosokomiale (griech. »nosokomeio« = Krankenhaus) Infektion liegt dann vor, wenn sie im **zeitlichen Verlauf** des Aufenthalts in einem Krankenhaus, in einer Pflegeeinrichtung oder bei einer ambulanten Behandlung erworben wurde. Bereits bestehende Infektionen und Infektionen in der Inkubationsphase sind demzufolge nicht nosokomialen Ursprungs.



Mit Verdacht auf einen akuten Herzinfarkt wird ein Mann 10 Tage lang stationär behandelt. An Tag 6 wird er von seiner erkälteten Ehefrau besucht. An Tag 8 läuft auch beim Patienten die Nase. Ist das eine nosokomiale Infektion? Ja, ist

es! Warum? Die Erkältung des Gatten war zum Zeitpunkt der Aufnahme weder vorhanden noch in der Inkubation; er hat sie im zeitlichen Verlauf des Aufenthalts in einem Krankenhaus erworben (die Frage nach Schuld und Vermeidbarkeit ist dabei unerheblich).



Der Anteil vermeidbarer nosokomialer Infektionen beträgt etwa 20 bis 25 %. 2011 wurde dazu eine große bundesweite Prävalenzstudie durchgeführt (siehe Abbildung 1.9). Bei 3,8 % der insgesamt 41.539 untersuchten Patienten in 132 Krankenhäusern lag eine Infektion vor, das heißt, dass auf einer durchschnittlichen Station mit 30 Betten statistisch immer (!) ein Patient mit einer nosokomialen Infektion liegt.

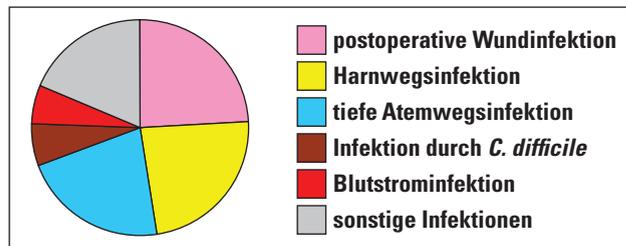


Abbildung 1.9: Verteilung der häufigsten nosokomialen Infektionen

Wundinfektion

Die Häufigkeit postoperativer Wundinfektionen hängt von sehr vielen Faktoren ab, wie dem Alter oder Gesundheitszustand des Patienten. Wichtig sind aber auch die Art des Eingriffs (Tabelle 1.5) und die **Ausgangskeimlast** (Wundkontaminationsklasse). Eine Hüftprothesenimplantation als aseptischer Eingriff mit geringem Risiko für eine sekundäre Infektion gehört dabei zur niedrigsten Risikoklasse (I). Eine Blinddarmoperation bei bereits perforiertem Appendix fällt in die höchste Risikoklasse (IV). **Fremdmaterial**, das im Patienten verbleibt, erhöht nochmals das Infektionsrisiko.

Art der Operation	kumulative Anzahl Operationen	Infektionen pro 100 Operationen
Spiegelung (Arthroskopie) des Kniegelenks	15.517	0,2
Kaiserschnitt (<i>Sectio caesarea</i>)	106.378	0,6
offene Entfernung des Blinddarms (Appendektomie)	499	6,4
sonstige offene Eingriffe am Dickdarm (Kolon)	29.629	9,1

Tabelle 1.5: Raten postoperativer Wundinfektionen (Quelle: Referenzdaten für 2017–2020 des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems (KISS) des Nationalen Referenzzentrums (NRZ) für die Surveillance von nosokomialen Infektionen)

Besonders häufig verursacht *Staphylococcus aureus* Wundinfektionen; bei Eingriffen im Bauch sind aber auch *Escherichia coli* und andere Darmbewohner ganz vorne mit dabei.

Harnwegsinfekt oder Pneumonie – mit dem Plastik kommen die Keime!

Der Harnwegsinfekt ist eine häufige nosokomiale Infektion, damit auch ein häufiger Grund für die Gabe von Antibiotika und zudem die häufigste Ursache der sekundären Sepsis. Häufige Erreger sind *Escherichia coli*, andere Enterobakterien und Enterokokken. Der **Harnwegskatheter** ist hier der entscheidende vermeidbare Risikofaktor, daher sollte die Indikation für seine Anlage und weitere Verwendung täglich neu streng gestellt werden. Tatsächliche **Indikationen** für einen Katheter sind:

- ✓ Harnretention (Unfähigkeit des Wasserlassens oder unvollständige Blasenentleerung)
- ✓ Monitoring der Urinausscheidung bei schwer kranken Patienten
- ✓ offene Wunden im Sakral- oder Perinealbereich
- ✓ Behandlung von Patienten im Finalstadium
- ✓ Inkontinenz-Management auf Wunsch des Patienten

Auch für nosokomiale Infektionen der tiefen Atemwege sind Fremdkörper wie zum Beispiel ein **Tubus** der entscheidende iatrogene Risikofaktor. Die Verwendung aktiver Befeuchtungssysteme birgt darüber hinaus bei nicht sachgerechter Bedienung die Gefahr des Eintrags neuer Erreger in die ungeschützte Lunge. Bei invasiv beatmeten Patienten auf Intensivstationen nimmt die Pneumonie sogar den Spitzenplatz ein, denn traditionell sind dort viele maschinell beatmete Patienten anzutreffen. Ganz oben im Erregerspektrum finden Sie *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Klebsiella pneumoniae*.

Blutstrominfektion

Betrachtet man nur die **primäre Sepsis** (Sepsis ohne Infektion an anderer Stelle), ereignen sich 90 % dieser Blutstrominfektionen bei Patienten mit einem zentralen vaskulären Katheter (ZVK). Die Hitliste der Erreger führen hier die Koagulase-negative Staphylokokken (zum Beispiel *Staphylococcus epidermidis*) und der Koagulase-positive *Staphylococcus aureus* an. Das Risiko für eine Sepsis steigt nochmals rasant bei infektiologisch kritischen Infusionen:

- ✓ **Blut und Blutprodukte**
- ✓ **totale parenterale Ernährung (TPN)** und andere lipidhaltige Parenteralia

Vermeiden Sie generell die Verwendung von Mehrdosenbehältnissen, wenn sie vom Hersteller explizit nur zur einmaligen Verwendung in den Handel gebracht wurden. Achten Sie unbedingt penibel auf eine aseptische Arbeitsweise (Händedesinfektion), wann immer Sie Infusionen zubereiten, verabreichen oder aus irgendeinem anderen Grund am Venenkatheter herumfummeln müssen.



Es gibt zweifellos gute Gründe für die Anwendung von Fremdkörpern an oder deren Implantation in den Patienten. Aber das Infektionsrisiko steigt auch dadurch. Notwendiges Plastik rettet Leben – der Verzicht auf unnötiges Plastik aber ebenfalls.

Clostridioides difficile – mit Antibiotika kommen die Probleme!

Außer durch fest installierte Fremdkörper kann es auch zu einem »Kollateralschaden« durch die Therapie mit **Antibiotika** kommen, wie zur Selektion von *Clostridioides difficile* in zuvor symptomlos besiedelten Patienten. Die Bakterien vermehren sich plötzlich rasant und produzieren große Mengen Toxine. Jetzt entweder das Antibiotikum absetzen oder zumindest auf eine Alternativsubstanz umschwenken, dann kehrt meist recht schnell auch wieder Ruhe ein. Ist jedoch beides nicht möglich, muss *Clostridioides difficile* zusätzlich behandelt werden, und zwar – wen wundert's? – ebenfalls mit Antibiotika. So wird also der Teufel mit dem Beelzebub ausgetrieben. Eine recht neue und etwas ungewöhnliche Behandlung stellt zudem die Stuhltransplantation dar (Fäkaler Mikrobiota-Transfer (FMT)). Ja, es ist genau das, was Sie gerade vermuten.

Für den Patienten ist die nosokomiale Infektion ein medizinisches Unglück, für das Krankenhaus im Zeitalter der Vergütung nach **Fallpauschalen** (Diagnosis Related Groups (DRG)) schnell ein ökonomisches Desaster (siehe Tabelle 1.6).

Infektion	Letalität	Verlängerung der Verweildauer
Wundinfektion	bis 15 %	7 bis 17 Tage
Harnwegsinfektion	< 1 %	3 bis 5 Tage
Pneumonie	bis 30 %	6 bis 20 Tage
Infektion durch <i>Clostridioides difficile</i>	bis 11 %	4 bis 10 Tage
Blutstrominfektion	bis 20 %	7 bis 10 Tage

Tabelle 1.6: Folgen nosokomialer Infektionen

Im Falle des Falls: Ausbruchsmanagement

Es gibt in Deutschland etwa 2.000 Krankenhäuser und pro Jahr werden mehr als 1.500 nosokomiale Ausbrüche aktenkundig. Hinzu kommt noch eine beträchtliche Dunkelziffer durch all jene Ausbrüche, die man zu melden vergaß. Und dann gibt es noch die unentdeckten Ausbrüche, bei denen die Übertragung der Erreger gar nicht bemerkt wurde. Jetzt wissen Sie, wie gut Ihre Chancen stehen, an so einem Geschehen selbst einmal teilhaben zu dürfen: Ihre Chancen stehen ziemlich gut! Überraschungen kommen nun einmal – na ja, überraschend. Ein nosokomialer Ausbruch ist nicht planbar. Sie können aber pro-aktive Schadensbegrenzung betreiben, indem Sie gut vorbereitet sind. Zusätzliche Tipps finden Sie auf der Homepage des Robert-Koch-Instituts www.rki.de.



Per Definition ist ein **Ausbruch** (= Epidemie oder Outbreak) »das gehäufte Auftreten nosokomialer Infektionen, bei denen ein epidemischer Zusammenhang wahrscheinlich ist oder vermutet wird«. Etwa 5 bis 10 % aller nosokomialen Infektionen werden im Rahmen von Ausbrüchen erworben. Unabhängig vom Erreger besteht für jeden nosokomialen Ausbruch eine **Meldepflicht** nach § 6 Abs. 3 IfSG.

Was also tun Sie nun, wenn Sie Grund zu der Annahme haben, dass sich bei Ihnen gerade ein Ausbruch ereignet? Das lässt sich nicht allgemeingültig beantworten, denn kaum ein Phänomen ist so vielgestaltig wie der nosokomiale Ausbruch. Die Voraussetzungen unterscheiden sich in verschiedenen Krankenhäusern erheblich voneinander, und das Ausmaß an Übertragungen ist von vielen Faktoren abhängig. Dazu nur einige Aspekte:

- ✓ Erregerspezies, -quelle und Transmissionsweg (dieser ist oft speziesspezifisch)
- ✓ Anzahl der belegten Betten pro Zimmer
- ✓ aktuelle Baumaßnahmen sowie Zustand von Klimaanlage und Trinkwassernetz
- ✓ Art der Abteilung und Immunstatus der Patienten
- ✓ Personalschlüssel
- ✓ Konsequenz bei der Händedesinfektion und Qualität des Reinigungsdienstes
- ✓ Aufbereitung von Sterilgut und anderen Medizinprodukten
- ✓ Einhaltung der Lebensmittelhygiene

Holzauge, sei wachsam!

Je früher Sie erkennen, dass bei Ihnen etwas im Argen liegt, umso besser für alle Beteiligten. Sind dabei Erreger im Spiel, denen Sie ohnehin tagtäglich begegnen wie *Staphylococcus aureus* oder *Escherichia coli*, oder ereignen sich zunächst nur sporadische Übertragungen, kann das Erkennen tatsächlich schwierig sein. Deutlich einfacher wird es bei der Häufung **seltener Spezies**, bei außergewöhnlichen **Resistenzen** (Multiresistenz) oder wenn es zu **schweren Infektionen** kommt. Stets sollte die Krankenhaushygiene informiert werden, sobald auch nur der Verdacht eines Ausbruchs besteht. Dies kann von der betroffenen Station ausgehen; manchmal erkennt aber auch das mikrobiologische Labor zuerst die Häufung des Nachweises eines bestimmten Erregers. Sie können auch eine Warnschwelle festlegen, bei deren Erreichen weitere Maßnahmen zu treffen sind.

Zuständigkeiten klären und Teamplayer finden!

Sie glauben, Sie könnten ganz allein und auf eigene Faust einen Ausbruch aufklären und beenden? Vergessen Sie es! Ausbruchsarbeit ist Team sport. Wie im Fußball kommt es darauf an, binnen kurzer Zeit die richtige Mannschaft zusammenzustellen und alle wichtigen Positionen optimal zu besetzen. Folgende Mitspieler brauchen Sie:

- ✓ **Krankenhaushygiene** (Hygieniker und Hygienefachkraft)
- ✓ **Stationsarzt**, hygienebeauftragter Arzt, Pflegedienstleitung, **Chefarzt**

- ✓ **Mikrobiologe** (unter Umständen auch externes Referenzzentrum zur Typisierung)
- ✓ **Krankenhausleitung** und/oder Ärztlicher Direktor
- ✓ **zuständige Behörde (Gesundheitsamt)**
- ✓ **gegebenenfalls weitere Mitarbeiter** (Reinigungsdienst, Physiotherapie oder Küchenpersonal)
- ✓ **Pressestelle** des Krankenhauses

Einer aus der Truppe, vorzugsweise derjenige mit der meisten Erfahrung (in der Regel dürfte dies der Hygieniker sein), leitet das Team. Bei dieser Person laufen alle Fäden zusammen. Die Teamleitung kennt immer den aktuellen Stand der Dinge, alle anderen bekommen ein Update bei regelmäßigen Treffen, anfangs häufig mehrmals am Tag, im Verlauf kann die Besprechungsfrequenz abnehmen. Sie müssen übrigens nicht auf einen Ausbruch warten, um diese Strukturen zu etablieren. Eine Zusammenstellung aller relevanten Entscheidungsträger in Friedenszeiten, und Sie sind für den Ernstfall gerüstet.

Ausbruchsaufklärung

Nun ist es passiert, der Ausbruch ist tatsächlich da. Alle sind nervös, alle sind verängstigt. Aber Sie wissen ja zum Glück, was nun zu tun ist. Also los, es gibt wirklich viel zu tun. Kochen Sie eine große Kanne Kaffee und teilen Sie der Familie mit, dass es heute später werden könnte. Was immer da vor sich geht und ganz egal, woher es rührt: Sie wollen, dass es sofort aufhört! Oft liegen zu diesem Zeitpunkt nur rudimentäre Informationen vor. Manchmal kennen Sie bereits den Namen des Erregers, manchmal bemerken Sie aber auch nur eine Häufung von Symptomen.

Patienten-Triage: sicher krank – vielleicht krank – nicht krank

Gibt es den begründeten Verdacht, dass hier gerade Infektionen von Mensch zu Mensch übertragen werden, ist es sinnvoll, **Personengruppen** zu definieren und voneinander räumlich zu **trennen**. Offenkundig Infizierte werden umgehend isoliert, entweder in Einzelzimmern oder, wenn es sehr viele sind, zu mehreren als Kohorte. Kontaktpatienten, die sich bereits in der Inkubationsphase befinden könnten, werden engmaschig überwacht und ebenfalls gesondert versorgt. Dabei kann es notwendig werden, in Mehrbettzimmern einzelne Betten brachliegen zu lassen (so sehr diese Entscheidung das Finanzcontrolling auch schmerzen mag). Abhängig von Erreger und Ausmaß des Problems kann unter diesen Bedingungen die Station weitergeführt werden, andernfalls wird sie eine Zeit lang – in Absprache mit der Abteilungsleitung – für jegliche (!) **Neuaufnahmen geschlossen**. Spätestens jetzt treten auch dem hartgesottensten Controller die Tränen in die Augen.

Mitarbeiter – Pflichtbewusstsein ja, aber wer krank ist, ist krank!

Werfen Sie doch mal einen Blick auf die Mitarbeiter vor Ort. Die sind ja auch nur Menschen und können daher auch erkranken. Personen mit offensichtlichen Symptomen werden sofort vom Dienst entbunden. Da die ja nun fehlen, muss der Personalschlüssel angepasst werden. Regelrecht luxuriös ist die Option, einen eigenen Mitarbeiterstamm temporär nur für Ausbruchspatienten vorzuhalten. Und wieder ist es von unschätzbarem Vorteil, wenn Sie die Krankenhausbetriebsleitung auf Ihrer Seite haben. Sie merken schon, ein Ausbruch kann sehr schnell eine sehr teure Angelegenheit werden ...

Handelt es sich um einen impfpräventablen Erreger wie zum Beispiel das Influenza-Virus, sollten vorzugsweise nur **geimpfte Mitarbeiter** die betroffenen Patienten versorgen. Klären Sie außerdem, ob hier gerade eine besondere Gefährdung für Schwangere vorliegen könnte. Sorgen Sie dafür, dass alle Standardhygienemaßnahmen (Händedesinfektion, Flächendesinfektion, Schutzkittel, Handschuhe und so weiter) noch konsequenter umgesetzt werden als ohnehin schon.

Gesundheitsamt als Freund und Helfer

Denken Sie bitte an die gesetzlich verankerte **Meldepflicht** für Ausbrüche. Bei der Mannschaftsaufstellung (siehe oben) wurde ein Ansprechpartner aus der zuständigen Gesundheitsbehörde bereits aufgeführt; jetzt ist der Zeitpunkt für einen Anruf. Das Amt steht auf Ihrer Seite, auch die Kollegen dort haben ein großes Interesse an einer schnellen Problemlösung. Manchmal beschleunigen amtliche Anordnungen sogar innerbetriebliche Entscheidungen und Prozesse. Machen Sie sich das zunutze und ziehen Sie zusammen am gleichen Strang. Im Verlauf der Untersuchung stellt sich heraus, dass alles nur falscher Alarm war? Es sah zwar zunächst aus wie ein Ausbruch, aber dann war es doch keiner, sondern nur ein Pseudoausbruch? Das ist ja wundervoll! Lassen Sie das bitte ebenfalls umgehend Ihr Gesundheitsamt wissen, und alle werden erleichtert sein.

Labor – sammle in der Not, denn dann hast du Zeit dazu

Ein mikrobiologisches Labor hebt die im Routinebetrieb nachgewiesenen Erreger bestenfalls wenige Tage auf und entsorgt sie dann. Im Ausbruchsfall sollten sie jedoch jederzeit und längerfristig verfügbar sein, um zum Beispiel eine **Typisierung** (siehe weiter unten) durchführen zu können. Klären Sie das mit dem Mikrobiologen. Sagen Sie außerdem dem kooperierenden Labor Bescheid, sobald der Ausbruch beendet ist, damit dort nicht weiterhin unnötig Erreger aufbewahrt werden.

Presse – Transparenz in geordneten Bahnen

Das Interesse von Funk und Fernsehen an nosokomialen Ausbrüchen ist traditionell enorm, denn auf der Titelseite ist immer noch kurzfristig ein Plätzchen frei für eine Sensationsmeldung. Klären Sie daher spätestens bei Ihrer allerersten Teamsitzung, wer die Medien über den aktuellen Sachstand informiert. Größere Krankenhäuser verfügen über eine eigene **Pressestelle**, da ist der Fall meist klar. Ansonsten ist häufig der Leiter des

Klinikums der Ansprechpartner für Journalisten. Niemand sonst gibt Informationen an die Zeitungen weiter! Das macht die Öffentlichkeitsarbeit für beide Seiten leichter, die Kommunikation erfolgt transparent und strukturiert, es gibt keine Gerüchte, und es entsteht auch nicht der Eindruck, irgendetwas könnte vertuscht werden. Stellen Sie gegenüber der Presse stets klar, was Sie bereits sicher wissen, was Sie nur vermuten und was als nächster Schritt geplant ist.

Falldefinition – Großzügigkeit zahlt sich aus

Sie brauchen eine Arbeitsgrundlage: eine Falldefinition. Sie wollen auf keinen Fall einen Fall verpassen. Fassen Sie diese Definition daher weit. Wenn Sie später klarer sehen, können Sie die ursprüngliche Falldefinition anpassen und die gesammelten Daten entsprechend bereinigen. Typische Parameter in einer Falldefinition sind:

- ✓ Ort (Station, Abteilung, Ambulanz oder auch das ganze Krankenhaus)
- ✓ Zeit (Aufenthaltsdauer im Krankenhaus/auf der Station, Zeitpunkt der Operation)
- ✓ Auftreten einer bestimmten Infektion oder Symptomatik
- ✓ Nachweis eines bestimmten Erregers

Sie erinnern sich: Infektionen gibt es nicht ohne **Inkubationszeit**. Kalkulieren Sie daher lieber ein paar zusätzliche Tage in die Definition ein.

Typisierung

Sie vermuten einen Ausbruch? Dann sollten Sie möglichst schnell bestätigen, dass es sich nicht nur um eine zufällige Häufung handelt, denn sonst machen Sie in den nächsten Tagen und Wochen viel Wind um nichts. Gerade bei wenig spektakulären Spezies sollten sie frühzeitig klären (lassen), ob die Erreger auch wirklich familiäre Wurzeln haben (also ob es sich um den gleichen Stamm oder Klon handelt).

Phänotypisierung – »quick & dirty«

Die Phänotypisierung vergleicht äußerliche Erscheinungsmerkmale der Erreger wie Spezies, Antibiogramme, Kulturmorphologie und biochemisches Profil. Das ist meist schnell zu klären und oft sogar der Ausgangspunkt der ganzen Untersuchung gewesen.

Verlassen Sie sich bitte auf keinen Fall auf das **Antibiogramm**. Dummerweise kann gerade hier der Schein böse trügen! Intrinsische Resistenzen gegen bestimmte Antibiotika kommen bei allen Stämmen einer Spezies vor. Dann ist es auch kein Wunder, wenn sie bei allen Isolaten zu finden sind; das beweist noch gar nichts. Andererseits gibt es auch induzierbare Resistenzen, die der Erreger erst nach später oder nur unter antibiotischer Therapie zeigt (exprimiert). In diesem Fall sehen Antibiogramme – noch – verschieden aus, obwohl die Kameraden sehr wohl zur gleichen Sippe gehören (Abbildung 1.10).

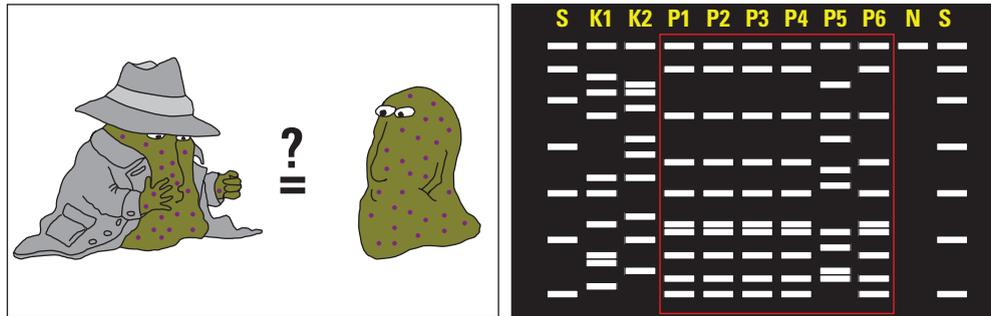


Abbildung 1.10: Phänotypisierung vs. Genotypisierung. Links: Gleiche Erreger erscheinen (fälschlicherweise) verschieden, Rechts: PFGE-Profil bakterieller DNA aus sechs Patienten (P1 bis P6). Fünf Proben sind identisch, nur P5 trägt einen nicht verwandten Keim. S = Standard zum Größenvergleich; K = Kontrollstamm, N = Negativkontrolle

Genotypisierung – ich ahnte es schon, es ist ein Klon

Die Genotypisierung vergleicht die Erbsubstanz der Erreger wie ein »Vaterschaftstest« für Mikroorganismen. Das ist sehr viel genauer, dafür recht aufwendig, teuer und dauert manchmal mehrere Tage. Eigentlich ist es wie beim Handwerker: gut, schnell & billig ... Nein, das geht nicht – Sie bekommen immer nur zwei dieser drei Wünsche erfüllt.

Ein sehr gutes Verfahren zur Unterscheidung ist die Pulsfeld-Gelelektrophorese (PFGE). Dabei wird die DNA von Bakterien an definierten Stellen durch Enzyme in etwa 20 sehr große Stücke zerschnitten, die dann im elektrischen Wechselfeld aufgetrennt und anschließend als Banden angefärbt werden. Sie lesen das Ergebnis immer von oben nach unten ab: Sehen Spalten gleich aus, ist davon auszugehen, dass es sich um den gleichen Erregerklon handelt. Damit ist eine Übertragung praktisch bewiesen (Abbildung 1.10). Neuere Verfahren, die den Vergleich überregionaler Erreger ermöglichen, sind die Multi-Locus-Sequenz-Typisierung (MLST) und das Whole Genome Sequencing (WGS).

Die »Linelist«

Dieser englische Begriff hat sich etabliert. Gemeint ist damit die schlichte Auflistung aller bislang bekannt gewordenen Fälle. Dies ist das zentrale Dokument Ihrer Untersuchung, denn alle mutmaßlich relevanten Informationen werden dort hinterlegt: Welcher Patient war im OP-Saal xyz? Wer wurde von Schwester F. B. betreut? Wer war zur Untersuchung im CT? Wer von den Patienten hatte Pudding als Dessert? Beim wem liegt (oder lag) ein Gefäßkatheter? Sie ahnen es schon: Diese Liste kann in jede Richtung beliebig erweitert werden und muss daher dem jeweiligen Ausbruch maßgeschneidert angepasst werden. Ergeben sich neue Verdachtsmomente, müssen die entsprechenden Daten von allen Fällen nachträglich erhoben werden. Gründlichkeit zahlt sich aus.

Epidemische Kurve – Blickdiagnose des Infektionswegs

Wenn Sie die Anzahl der Infektionsfälle über die Zeit auftragen, ergibt sich die **epidemische Kurve** (Abbildung 1.11). Der pfiffige Epidemiologe kann daraus manchmal bereits wichtige Hinweise auf Ursprung und Infektionsweg entnehmen.

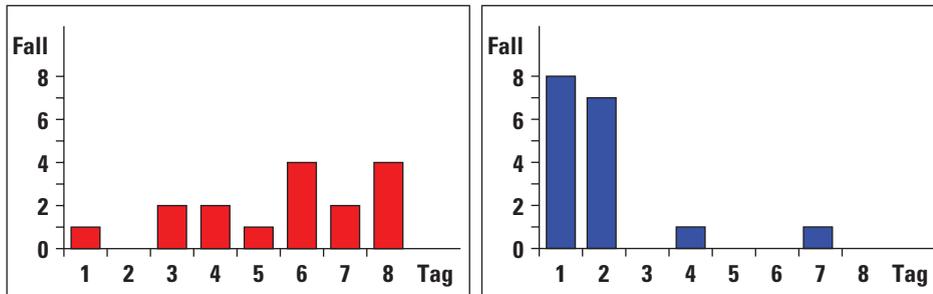


Abbildung 1.11: Beispiele für epidemische Kurven. Links: Hinweis auf Übertragung von Mensch zu Mensch 48 Stunden, nachdem am Tag 1 der Indexpatient aufgenommen wurde. Rechts: Hinweis auf eine externe Quelle, von der in kurzer Zeit viele Personen infiziert wurden

Risikofaktoranalyse – wer hat's, wer nicht?

Die Risikofaktoranalyse ist die Königsdisziplin der Ausbruchsanalyse: Sie vergleichen Ihre Fälle mit Kontrollen (Fall-Kontroll-Studie). Bei den **Kontrollen** handelt es sich um Patienten, die augenscheinlich die gleiche Chance hatten, krank zu werden, es aber aus irgendeinem Grund doch nicht geworden sind. Den Grund wollen Sie herausfinden. Streben Sie dabei ein Verhältnis von 1:3 bis 1:4 (Fälle:Kontrollen) an. Mehr Kontrollen bringen meist keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Wie finden Sie die Kontrollen? Das ist der schwerste Teil der Analyse. Oft werden bei ihrer Auswahl zu viele Charakteristika mit den zugeordneten Fällen abgeglichen (**Overmatching**). Sinnvolle Kriterien sind die **Erkrankungsschwere** sowie die »**Time at Risk**«: Die Aufenthaltsdauer der Kontrolle im Krankenhaus sollte wenigstens so lang sein wie die Aufenthaltsdauer des Patienten bis zum Beginn der Infektion. Oft werden auch diejenigen Personen als Kontrollen gewählt, die unmittelbar vor oder nach dem Fall in seinem Bett gelegen haben.



Wenn alle Fälle von Chirurg A operiert wurden und Sie suchen deshalb nur Kontrollen, die ebenfalls von Chirurg A operiert wurden, wird Chirurg A in beiden Gruppen – per Definition! – gleich häufig, nämlich zu 100 %, vertreten sein und scheidet damit als berechenbarer Risikofaktor aus. Ein typischer Fall von »zu viel gematcht«.

Publikation – aus Schaden wird man klug

Endlich! Der Ausbruch ist vorbei. Harte Tage und Wochen liegen hinter Ihnen. Nutzen Sie die Erkenntnisse zur zukünftigen Prävention. Implementieren Sie neue Hygienemaßnahmen.

Betreiben Sie eine engmaschige Infektionserfassung (**Surveillance**). Schreiben Sie Ihre Erfahrungen auf und veröffentlichen Sie diese, damit auch andere von Ihrem Wissen profitieren können. Die derzeit wohl größte Sammlung nosokomialer Ausbrüche ist die »**Worldwide Outbreak Database**«. Dort können Sie im Internet in sehr kurzer Zeit viele Informationen gezielt abfragen. Damit ist sie übrigens auch eine gute Hilfe bei einer akuten Ausbruchsuntersuchung.

Impfung – das Immunsystem manipulieren

Im letzten Teil dieses Kapitels lernen Sie die beiden Arten der Immunisierung (passiv und aktiv) und die Lebend- und Totimpfungen kennen. Aktuelle Informationen und Antworten auf alle weiteren Fragen zu empfohlenen Impfungen finden Sie auf der Internetseite der **Ständigen Impfkommision (STIKO)** des Robert-Koch-Instituts.

Impfen – ein großer Erfolg der Medizin

Warum sollte man heute überhaupt noch impfen? Viele der Erkrankungen, gegen die geimpft wird, gibt es in Deutschland doch gar nicht mehr (Kinderlähmung) oder treten nur noch selten auf (Mumps oder Masern) – könnten Sie denken. Fast jeder, der im Entferntesten etwas mit Medizin zu tun hat, bekommt diese Frage irgendwann einmal gestellt. Einer der Hauptgründe, warum diese Erkrankungen in Deutschland zum Glück fast verschwunden sind, ist – neben der verbesserten allgemeinen Lebensqualität – die Impfung. Die Ziele von Impfungen sind vielschichtig:

- ✓ **Schutz des Einzelnen** (Individualschutz) vor der Infektionserkrankung selbst, vor den Toxinen des Erregers und/oder vor Folgeerkrankungen.
- ✓ **Schutz des Embryos** oder des Fetus in der Schwangerschaft **und Neugeborener**.
- ✓ **Schutz empfänglicher Dritter und immunsupprimierter Patienten:** zum Beispiel Patienten mit schweren Defekten in der Immunabwehr oder Patienten, die Medikamente einnehmen müssen, die das Immunsystem schwächen.
- ✓ **Schutz von Kontaktpersonen** (übrigens: auch medizinisches Personal – inklusive der Kollegen im Labor – sollte sich impfen lassen).
- ✓ **Schutz der Gesellschaft** (Herdenimmunität). Infektionserkrankungen, die von Mensch zu Mensch übertragen werden, benötigen eine Mindestanzahl an empfänglichen Mitgliedern. Sind genügend Menschen gegen einen bestimmten Erreger geimpft oder anderweitig unempfindlich, ist die gesamte Population vor der Erkrankung geschützt. Dies funktioniert natürlich nur bei Erregern, für die es kein Reservoir außerhalb des Menschen gibt.
- ✓ **Elimination von Krankheiten.** Der große Traum der Menschheit, gefährliche Infektionserreger auszurotten, ist 1980 bisher nur bei den echten Pockenviren gelungen. Weitere erklärte Eradikationsziele der WHO betreffen Mumps, Masern und Röteln.

Eine Erkrankung kann nur dann durch eine Impfung ausgerottet werden, wenn der Mensch das einzige Reservoir ist.



Impfungen verhindern die Infektion mit dem Erreger nicht immer vollständig, manchmal noch nicht einmal die Erkrankung. Aber auch in diesen Fällen kann der Krankheitsverlauf zumindest deutlich abgemildert und die Häufigkeit von Komplikationen gesenkt werden.

Passive Immunisierung – den Job andere machen lassen

Bei der passiven Immunisierung werden dem Patienten **aufgereinigte Antikörper (AK, auch Immunglobuline** genannt) verabreicht. Diese werden meist in den Muskel gespritzt. Die Wirkung beginnt praktisch sofort; hält aber nur etwa fünf bis acht Wochen an. Beim Patienten wird hier durch den Impfstoff keine eigene AK-Bildung hervorgerufen, es besteht also kein dauerhafter Schutz. Durchgeführt wird die passive Immunisierung immer dann, wenn es schnell gehen muss, zum Beispiel:

- ✓ als **Postexpositionsprophylaxe** nach Kontakt. Dazu zählt die Gabe von AK zur Vermeidung von Tetanus bei unklarem Impfstatus des Patienten oder die Simultanimpfung, eine kombinierte passive-aktive Impfung gegen das Hepatitis-B-Virus von Neugeborenen mit HBsAG-positiven Müttern (das »HBV surface antigen« **HBsAG** findet sich auf der Oberfläche des Hepatitis-B-Virus). Auch nach Tierbissverletzungen werden gegebenenfalls prophylaktisch Tollwut-AK gegeben.
- ✓ als **Prophylaxe** vor Kontakt, zum Beispiel vor Fernreisen, wenn die Zeit für eine aktive Immunisierung zu knapp ist (wenige Tage vor Reisebeginn).

Aktive Immunisierung – alles selbst gebastelt!

Bei der aktiven Immunisierung kommt der Körper mit dem Erreger selbst oder einem für das Immunsystem erkennbaren (immunogenen) Bestandteil des Erregers (Oberflächen-Antigen oder einem Toxin) in Kontakt und muss sich damit aktiv auseinandersetzen. Das heißt, das Immunsystem muss selber AK bilden. Um eine voll ausgeprägte Erkrankung zu vermeiden, werden nur abgeschwächte Erreger (**Lebendimpfstoffe**) oder nur seine Bestandteile (**Totimpfstoffe**) verwendet. Heutige Impfstoffe sind so gut, dass das Risiko für Impfkomplicationen bei Weitem geringer ist als für Komplikationen bei der echten Erkrankung. Leichte Nebenwirkungen wie Fieber, Lymphknotenschwellung und auch Kopfschmerzen kommen jedoch durchaus vor und zeigen nur, dass das Immunsystem kräftig arbeitet und fleißig lernt, den Erreger zu bekämpfen.

Lebend- und Totimpfstoffe

Beide Arten sind aktive Impfstoffe, denn sie bringen den Körper dazu, selbst AK zu produzieren. Oft lösen sie eine lang anhaltende, mitunter lebenslange Immunität aus. Den aktuellen Stand zugelassener Impfstoffe finden Sie auf der Homepage des Paul-Ehrlich-Instituts (PEI) www.pei.de als Bundesinstitut für Impfstoffe und biomedizinische Arzneimittel.

Lebendimpfstoffe

Lebendimpfstoffe enthalten geringe Mengen eines **abgeschwächten Erregers**. Dieser Erreger wurde dabei so verändert, dass er sich zwar eine kurze Zeit lang noch vermehrt und vom Immunsystem erkannt werden kann, aber keine schwere Erkrankung mehr auslöst. Die Nachteile: Eine milde Erkrankung kann schon hervorgerufen werden, und das ist lästig. Vor allem bei Immungeschwächten können durchaus auch schwere Verläufe auftreten (gegebenenfalls Kontraindikationen beachten!). In seltenen Fällen kann der Erreger in seine gefährliche Form zurückmutieren. Auch werden manche Erreger aus dem Körper ausgeschieden und können dann andere ungeschützte Personen infizieren (zum Beispiel Rotaviren, Polio-Schluckimpfung). Doch es gibt auch Vorteile: Oft wird eine **mehrfache**, zum Teil **lebenslange Immunität** hervorgerufen, die nicht nur die IgG-AK im Blut, sondern auch die schleimhautassoziierten IgA-AK betrifft und eine zelluläre (T-Zell-vermittelte) Immunität hervorruft.

Totimpfstoffe

Totimpfstoffe enthalten nur inaktivierte, also abgetötete Erreger, Erregerbestandteile oder deren entgiftete Giftstoffe (Toxoide). Totimpfstoffe können sich im Körper daher nicht weiter vermehren oder ihn vergiften:

- ✓ **Ganzpartikel-/Ganzzell-Impfstoffe:** Der Erreger wird abgetötet (inaktiviert), zum Beispiel bei FSME und Influenza.
- ✓ **Spalt- und Proteinimpfstoffe:** Es werden nur einzelne Teile des Erregers verwendet, zum Beispiel bei Influenza und HBV.
- ✓ **Toxoid-Impfstoffe** sind entgiftete Toxine von Erregern. Sie werden verwendet, wenn nicht der Erreger selbst, sondern seine Toxine für die Erkrankung verantwortlich sind. Das ist zum Beispiel bei Tetanus, Diphtherie und Pertussis der Fall.
- ✓ **Konjugatimpfstoffe:** Manche Bakterien verfügen über eine dicke Polysaccharidkapsel (Pneumokokken, *Haemophilus influenzae* Typ B., Meningokokken), die nur eine schwache Immunantwort hervorrufen. Um die Immunreaktion ein wenig anzuheizen, werden diese Polysaccharide mit Proteinen gekoppelt (konjugiert), die dann das Immunsystem aus der Reserve locken.

Vektor- und mRNA-Impfstoffe – Die »New Kids on the Block«

Die »Neuen« haben durch Corona schon viel Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Innerhalb von noch nicht einmal einem Jahr nach der Sequenzierung der COVID-19-DNA im Januar 2020 wurden schon im Dezember des gleichen Jahrs neuartige Impfstoffe zugelassen und eine groß angelegte Impfkampagne gestartet. Beide machen sich den Vermehrungszyklus von Virus-RNA in der Zelle zunutze (siehe Abbildung 10.02). Bei den **Vektor-Impfstoffen** wird ein Trägervirus als Paketlieferant verwendet. Dieser Vektor ist ein Virus, das nichts mit der Erkrankung zu tun hat. Es enthält ein Stückchen Genmaterial von

dem Virus, gegen das geimpft werden soll. Dieses Stückchen RNA wird jetzt durch den Lieferdienst in die Zelle geschleust und von der zelleigenen Proteinfabrik abgelesen. Im Falle von COVID-19 wird ein sogenanntes Spike-Protein der Hülle hergestellt und aus der Zelle entlassen. Hier regt das Spike-Protein die körpereigenen Abwehrkräfte dazu an, spezifische Antikörper herzustellen. Es gibt auch vektorbasierte Impfstoffe gegen Dengue und Ebola.

An der Zweiten »Neuheit« wird schon seit den 1990er-Jahren geforscht, der **mRNA-Impfstoff**. Bei diesem Impfstofftyp wird die mRNA in winzige Fetttropfchen verpackt, die die mRNA in die Körperzelle schleusen. Ab hier läuft alles wie beim Vektor-Impfstoff ab. Die RNA-Stücke von beiden Impfstoffen werden nach getaner Arbeit von der Zelle abgebaut.



Mit der Zulassung dieser beiden neuen Impfstoffarten hofft man auf weitere Entwicklungen. Auf dem Wunschzettel stehen zum Beispiel bessere Grippeimpfstoffe oder Impfstoffe gegen HIV und Krebs. Diese mRNA-Impfstoffe lassen sich auch schnell anpassen, sollte das Virus eine neue Mutation erwerben und somit vor der alten »Version« des Impfstoffes flüchten können. Dummerweise muss dann halt (wie jetzt auch bei der Grippeimpfung) wieder aufgefrischt werden.

Lebendimpfstoffe sind in der **Schwangerschaft** und bei **Immunschwäche** häufig nicht zugelassen! Während der Schwangerschaft sollten generell nur dringend indizierte Impfungen (zum Beispiel Influenza-Totimpfstoff) durchgeführt werden. Bei immunsupprimierten Patienten sollten Sie insbesondere nach Totimpfungen gegebenenfalls den Impferfolg kontrollieren. Mitunter sind hier mehrfache Impfungen erforderlich, um einen verlässlichen Schutz aufzubauen.



Beachten Sie, dass es auch Low- oder Non-Responder bei Ihren Impfungen geben kann. Aus genetischen Gründen können **Low-Responder** nach einer Impfung nicht genug AK und **Non-Responder** sogar gar keine AK bilden. Das gilt aber nicht für alle Impfungen, die der Patient bekommen hat! Es kann sein, dass Ihr Patient nach einer Röteln-Impfung wie gewünscht genügend AK gebildet hat, auf die Hepatitis-B-Impfung aber nicht anspricht. Wie Sie im Einzelnen dann mit Low- oder Non-Respondern zu verfahren haben, können Sie auf der Internetseite des RKI nachlesen.

Impfempfehlungen

Für Impfempfehlungen ist die STIKO des Robert-Koch-Instituts in Berlin zuständig. Diese Empfehlungen werden regelmäßig überarbeitet, also schauen Sie doch mal auf ihre Internetseite. Bei der Grundimmunisierung werden häufig kombinierte Impfstoffe verabreicht, um die Anzahl der Injektionen bei Kindern so gering wie möglich zu halten. Eigenständig dürfen Sie natürlich keine Impfstoffe zusammenmischen, sondern müssen diese immer getrennt verabreichen.



Hühnereiweiß-Allergie: Impfstoffe, die in Hühnerembryonen (Influenza, Gelbfieber) oder in Hühnerfibroblasten (Mumps, Masern, Röteln, Tollwut, FSME) hergestellt werden, können – trotz bestmöglicher Aufreinigung – immer noch geringe Spuren von Hühnereiweiß enthalten. Patienten mit einer wirklich sehr schweren Allergie können dann tatsächlich darauf mit einem **anaphylaktischen Schock** reagieren. Diese Patienten sollten entweder gar nicht geimpft werden, oder Sie müssen sicherstellen, dass nach der Impfung eine notfallmedizinische Versorgung gegeben ist.



Vor jeder Auslandsreise sollten Sie sich über die nötigen empfohlenen Impfungen informieren. Informationen bekommen Sie über die Tropeninstitute, das Auswärtige Amt, das Zentrum für Reisemedizin (CRM) oder auch den Gesundheitsreiseführer der WHO. Auch einige Ärzte und Gesundheitsämter bieten eine Beratung an.