

Inhalative Therapieoptionen bei Lungenerkrankungen – für eine bessere Inhalationstechnik bei Patienten

Modul 1: Auswahl und korrekte Anwendung von Inhalationssystemen bei pneumologischen Erkrankungen

Dr. rer. nat. Nils Keiner, Universitätsklinikum Frankfurt, Frankfurt

Prof. Dr. med. Wolfram Windisch, Lehrstuhl für Pneumologie Universität Witten/Herdecke, Kliniken der Stadt Köln, Köln

VNR: 2760909008535870010 | Gültigkeitsdauer: 01.05.2019 – 01.05.2020

1. Einleitung

Asthma bronchiale und die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) zählen zu den weltweit häufigsten Atemwegserkrankungen [Buhl et al. 2017, Vogelmeier et al. 2018]. COPD stellt derzeit die vierthäufigste Todesursache dar und ihre Prävalenz wird in den kommenden Jahren voraussichtlich noch weiter steigen [Buhl et al. 2017]. Die Gründe dafür sind die anhaltende Exposition gegenüber COPD-Risikofaktoren wie Zigarettenkonsum und Luftverschmutzung sowie das zunehmend erhöhte Alter der Bevölkerung. Die Häufigkeit von Asthma liegt weltweit landesabhängig bei etwa 1 – 33% [Vogelmeier et al. 2018]. Es tritt in allen Altersgruppen und zunehmend bei Kindern auf, wohingegen COPD insbesondere ältere Menschen betrifft.

Die Grundlage der Behandlung bei Asthma und COPD, aber auch bei weiteren pneumologischen Erkrankungen wie Cystischer Fibrose, Bronchiolitis oder Bronchiektasen bildet die Inhalationstherapie. Durch diese Form der Verabreichung gelangen die Wirkstoffe, vorwiegend Bronchodilatoren und Kortikosteroide sowie Antibiotika und Antimykotika, schnell und in hoher Konzentration an ihren Wirkungsort in den tieferen Atemwegen. Systemische Beeinträchtigungen und Nebenwirkungen werden durch die lokale Wirkung minimiert.

Für die Inhalationstherapie steht mittlerweile eine Vielzahl an Geräten zur Verfügung. Die meisten davon sind handlich, leicht und transportabel und vermitteln den Patienten damit auch unterwegs die Sicherheit, für den Notfall gewappnet zu sein (Bedarfsmedikation). Dies trägt deutlich zu einer verbesserten Lebensqualität der Patienten bei und vereinfacht das Therapiemanagement.

Die Bedienung der Geräte kann sich im Einzelfall sehr unterscheiden. Ohne ausreichende Schulung besteht ein hohes Risiko für eine fehlerhafte Anwendung. So wenden lediglich 15% der Patienten ihr Gerät korrekt an [Rootmensen et al. 2010, Sriram und Percival 2016]. Folgen können ein suboptimales Krankheitsmanagement und eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes sein [Melani et al. 2011, Molimard et al. 2017]. Zudem kann die Adhärenz der Patienten geschwächt werden, wenn sie Schwierigkeiten mit der Bedienung ihres Inhalators haben [Barnes 2005, Rau 2005]. **Viele Fehler können leicht vermieden werden, indem die Patienten gut geschult und die Anwendungsweise der Inhalatoren regelmäßig kontrolliert werden [Keiner und Schaefer 2009].**

Jedoch ist nur etwa einem Drittel der behandelnden Ärzte bewusst, dass die Wahl des Inhalationsgerätes essenziell für den Therapieerfolg ist. Nur 45% der Ärzte überprüfen die Inhalationstechnik bei neu diagnostizierten Patienten [Hanania et al. 2018]. Ziel der vorliegenden Fortbildung ist es daher, die Diversität der aktuell verfügbaren Inhalationssysteme und Wirkstoffe abzubilden sowie über mögliche Fehler bei der Inhalation zu informieren und so zu deren Vermeidung beizutragen. Dies soll zukünftig die Wahl eines individuell geeigneten Inhalationssystems für die Patienten erleichtern. Es werden schnelle und effektive Möglichkeiten aufgezeigt, mit denen sich die meisten Fehler bei der inhalativen Therapie ausschließen lassen.

2. Verfügbare Inhalationssysteme und Wirkstoffe

2.1 Inhalationssysteme

Bei Inhalationssystemen lassen sich drei Hauptgruppen unterscheiden: Dosieraerosole, Trockenpulverinhalatoren und Vernebler (Abbildung 1). Für den Gebrauch im Alltag sind die kleinen und dadurch sowohl unauffälligen als

auch handlichen Dosieraerosole oder Pulverinhalatoren besonders gut geeignet. Die größeren Vernebler kommen vorwiegend bei Patienten zum Einsatz, die nicht willkürlich bzw. nicht koordiniert inhalieren können, wie Säuglinge oder ältere Menschen [Nelson 2016].

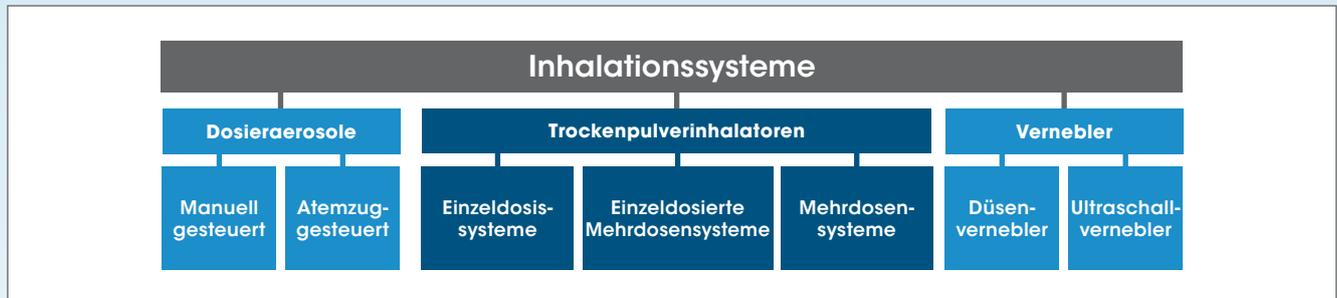


Abbildung 1: Einteilung der Inhalationssysteme.

2.1.1 Dosieraerosole

Dosieraerosole (*Metered Dose Inhaler* – MDI) sind meist treibgasbetrieben (*pressurized Metered Dose Inhaler* – pMDI). Als Treibgas dient heutzutage in der Regel Hydrofluoralkan (HFA). Treibgase werden vor allem bei älteren Medikamenten sowie bei der Akut- und Bedarfsmedikation eingesetzt. Die Wirkstoffe in Dosieraerosolen liegen in unterschiedlichen pharmazeutischen Formulierungen vor: Bei Suspensionsaerosolen sind die Wirkstoffe unter hohem Druck in flüssigem Treibgas suspendiert und in Lösungsaerosolen im Treibgas gelöst. Nach dem Auslösen des Sprühstoßes verdampft das Treibgas und es entstehen sehr kleine Partikel mit einer Größe von ca. 1 – 2 μm [Voshaar et al. 2001].

Bei den meisten Dosieraerosolen wird der Sprühstoß manuell ausgelöst. Die Aerosolwolke breitet sich dabei mit relativ hoher Geschwindigkeit aus, sodass eine gut abgestimmte Koordination zwischen Auslösen des Sprühstoßes und der Inspiration besonders wichtig für eine optimale Wirkstoffdeposition ist. Bei atemzuggesteuerten Dosieraerosolen (z. B. Autohaler[®], Easi Breathe[®], k-haler[®]) wird der Wirkstoff hingegen beim

Einatmen des Anwenders automatisch freigesetzt, sodass keine Hand-Mund-Koordination notwendig ist. Diese Variante eignet sich daher besonders gut für Patienten mit Koordinationschwierigkeiten. Alternativ können bei den klassischen Dosieraerosolen Inhalationshilfen (Spacer mit oder ohne Atemmaske) eingesetzt werden. Grundsätzlich erfordern Dosieraerosole einen möglichst ruhigen und tiefen Inspirationsfluss. Dadurch vermindert sich ein vorzeitiges Abscheiden der Partikel im Rachenraum durch Impaktion (siehe Modul 2 für Details) und mehr Partikel erreichen ihren intrathorakalen Wirkungsort.

Ein den Dosieraerosolen ähnliches System, der Respi-mat[®], funktioniert mechanisch unabhängig von Treibgasen [Perriello und Sobieraj 2016]. Es handelt sich dabei um einen mechanischen Eindüsenvernebler, bei dem die Medikamentenlösung unter hohem Druck (erzeugt von einer Feder) durch ein Feinfiltersystem und zwei konvergente Düsen gepresst wird. Das Aerosol verteilt sich langsamer als bei Dosieraerosol-Geräten und lässt dem Patienten dadurch mehr Zeit zur Inhalation. Auch dieses System stellt die gleichen Anforderungen an die Koordinationsfähigkeit des Anwenders wie Dosieraerosole.

2.1.2 Trockenpulverinhalatoren

Viele Wirkstoffe bzw. Wirkstoffkombinationen werden heutzutage vorzugsweise – mit Ausnahme der Bedarfsmedikation – in Form von sogenannten Trockenpulverinhalatoren (*Dry Powder Inhaler* – DPI) angeboten. Sie eignen sich besonders für die Dauertherapie. Der Wirkstoff ist in mikronisierter Form an einen Trägerstoff (üblicherweise Laktose) gebunden, der eine gleichmäßige Verteilung und eine exakte Dosierung ermöglicht. Das Pulver wird durch den Atemzug des Patienten freigesetzt und durch Unterdruck und Verwirbelung in kleine Partikel „zerstäubt“ (siehe Modul 2 für Details). Im Gegensatz zum Dosieraerosol ist hier keine besondere Koordinationsleistung notwendig, allerdings muss der Atemfluss ausreichend hoch sein (bei den meisten Inhalatoren > 30 l/min), um die Pulverpartikel zu desagglomerieren [Haidl et al. 2016].

Im Bereich der Trockenpulverinhalatoren gibt es stetig Neuentwicklungen und mittlerweile existiert eine sehr große Auswahl an unterschiedlichen Geräten mit verschiedenen Wirkstoffkombinationen und Zusatzfunktionen, die dem Patienten die Anwendung erleichtern. Trockenpulverinhalatoren sind als Einzeldosissysteme oder als Mehrdosensysteme verfügbar:

Einzeldosissysteme

Bei Einzeldosissystemen ist die Wirkdosis in einzelnen Kapseln enthalten. Bei Bedarf wird eine Kapsel in den Inhalator eingelegt und nach Perforation der Kapsel deren Inhalt inhaliert.

Einzeldosierte Mehrdosensysteme

Einzeldosierte Mehrdosensysteme sind wiederverwendbar und mit mehreren Einzeldosen gleichzeitig bestückt. Der pulverisierte Wirkstoff liegt hier entweder in Kapseln oder in Mehrfachblistern vor, die geräteabhängig zum Teil nach Gebrauch nachgefüllt werden können.

Mehrdosensysteme

Hier ist die Pulvermenge für mehrere Einzeldosen (bis zu 200 Inhalationen) in einem Vorratsbehälter oder in einer Wirkstoffkartusche enthalten. Die Abmessung der gewünschten Dosis erfolgt je nach Gerät z.B. über ein Dosierrad oder einen Druckknopf.

2.1.3 Vernebler

Aufwendiger in der Handhabung und Anwendung sind elektrische Vernebler (Druckluft- oder Ultraschallvernebler). Sie benötigen eine externe Energiequelle und erzeugen aus Lösungen und Suspensionen Aerosole, die über ein Mundstück oder eine Maske inhaliert werden. Ein Vorteil liegt darin, dass dem Patienten durch den langsamen Austritt des Aerosols ausreichend Zeit zur Inhalation zur Verfügung steht [Rau 2006]. Es bestehen außerdem keine besonderen Anforderungen an die Koordination oder den Atemfluss der Patienten. Vernebler bieten die Möglichkeit, Wirkstoffe, die nicht in kommerziell erhältlichen Systemen zur Verfügung stehen, nach Bedarf frei miteinander zu kombinieren. Zudem kann die Trägerlösung individuell an die Bedürfnisse des Patienten angepasst werden [Lavorini 2013]. Allerdings eignen sich nicht alle Wirkstoffe für die Inhalation mittels Vernebler. Darüber hinaus sind die relativ hohen Anschaffungskosten sowie der hohe Reinigungs- und Wartungsaufwand der Geräte weitere Nachteile.

2.2 Wirkstoffe

Für die Behandlung von Atemwegserkrankungen werden bei einer Inhalationstherapie verschiedene Wirkstoffe einzeln oder in Kombination eingesetzt. Im Folgenden sind die wichtigsten von ihnen aufgeführt.

Bronchodilatoren (BD) wirken relaxierend und senken den Muskeltonus in den Bronchien und damit den Atemwiderstand [Mutschler et al. 2013]. Durch die Verabreichung der Bronchodilatoren mittels Inhalation werden Nebenwirkungen im Vergleich zur oralen Aufnahme reduziert und die Wirkung tritt meist unmittelbar ein.

Kurzwirksame (*Short-Acting Muscarinic Antagonists* – SAMA) und langwirksame **Anticholinergika** (*Long-Acting Muscarinic Antagonists* – LAMA) hemmen den Effekt von Acetylcholin an den muskarinen Rezeptoren und setzen dadurch die Wirkung des Parasympathikus herab. Nervenreize, die eine Kontraktion der glatten Muskulatur bewirken, werden so unterbrochen [Mutschler et al. 2013].

Die Wirkstoffgruppe der **β_2 -Sympathomimetika** entfaltet ihre Wirkung an den β_2 -Rezeptoren des sympathischen Nervensystems, wo sie den Effekt von Adrenalin, Noradrenalin und anderen Katecholaminen imitieren. Dies führt zu einer Relaxation der glatten Muskulatur und damit zu einer Erweiterung der Bronchien. Wie bei den Anticholinergika gibt es kurzwirksame (*Short-Acting β_2 -Adrenergic Receptor Agonist*–SABA) und langwirksame (*Long-Acting β_2 -Adrenergic Receptor Agonist*–LABA) Wirkstoffe [Mutschler et al. 2013].

Inhalative Kortikosteroide (ICS) wirken entzündungshemmend, antiallergisch und immunsuppressiv. Sie werden vor allem bei entzündlich bedingten Lungenerkrankungen eingesetzt. Bei Asthma gehören sie daher zum Mittel erster Wahl [Buhl et al. 2017]. Bei COPD jedoch werden sie erst eingesetzt, wenn der Patient trotz dualer Bronchodilatation

unter Exazerbationen leidet oder eine hohe Eosinophilenzahl vorliegt ($\geq 300/\mu\text{l}$) [GOLD 2019].

Der Einsatz von **Antibiotika** kann bei akuten Exazerbationen, die durch einen bakteriellen Infekt verursacht werden, sinnvoll sein. Anwendung finden Antibiotika vor allem bei der Therapie der Cystischen Fibrose [Müller et al. 2013].

Verfügbare Wirkstoffe und Wirkstoffkombinationen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Auswahl kommerziell verfügbarer Wirkstoffe und Wirkstoffkombinationen.

Wirkstoffe	Produkt	Wirkstoffkombinationen	Produkt
Anticholinergika (SAMA)		SABA/SAMA	
Ipratropium	Atrovent®	Fenoterol/Ipratropium	Berodual® Respimat®
β_2-Mimetika (SABA)		LABA/LAMA	
Terbutalin	Aerodur® Turbohaler®	Fomoterol/Aclidinium	Brimica®/Duakliir® Genuair®
Salbutamol	Salbuhexal® Salbutamol Ratiopharm®	Vilanterol/Umeclidinium	Anoro® Ellipta®
Fenoterol	Berotec®	Olodaterol/Tiotropium	Spolto® Respimat®
β_2-Mimetika (LABA)		Indacaterol/Glycopyrronium	Ultibro® Breezhaler®
Formoterol	Formatris® Novolizer® Foradi® Aerolizer®	LABA/ICS	
Salmeterol	Serevent® Diskus®	Salmeterol/Fluticasonpropionat	Airflusal® Forspiro® Viani® Diskus®
Olodaterol	Striverdi® Respimat®	Formoterol/Budesonid	Duoresp® Spiromax® Symbicort® Turbohaler®
Indacaterol	Onbrez® Breezhaler®	Formoterol/Fluticason	Flutiform®
Anticholinergika (LAMA)		Formoterol/Beclometason	Foster® Nexthaler® Foster®
Tiotropium	Braltus® Zonda® Spiriva® Respimat®	Vilanterol/Fluticasonfuroat	Relvar® Ellipta®
Aclidinium	Bretaris®/Eklira® Genuair®	LABA/LAMA/ICS	
Umeclidinium	Incruse® Ellipta®	Formoterol/Glycopyrronium/Bectometason	Trimbow®
Glycopyrronium	Seebri® Breezhaler®	Vilanterol/Umeclidium/Fluticason	Trelegy® Ellipta® Elebrato® Ellipta®

LABA: Langwirksamer β_2 -adrenerger Agonist, LAMA: Langwirksamer Muskarinrezeptor-Antagonist, ICS: Inhalatives Kortikosteroid, SABA: Kurzwirksamer β_2 -adrenerger Agonist, SAMA: Kurzwirksamer Muskarinrezeptor-Antagonist

Inhalationssysteme

Dosieraerosole

- Wirkstoff liegt in Suspension oder gelöst im Treibgas (meist HFA) vor
- Manuelle oder atemzuggesteuerte Wirkstofffreisetzung

Trockenpulverinhalatoren

- Mikronisierter Wirkstoff an Trägerstoff (meist Laktose) gebunden
- Atemzuggesteuerte Wirkstofffreisetzung
- Einzeldosis-, einzeldosierte Mehrdosen- oder Mehrdosensysteme

Vernebler

- Aerosolzeugung aus Suspensionen/Lösungen

Wirkstoffe in der Inhalationstherapie

- Bronchodilatoren (kurzwirksame und langwirksame Anticholinergika und β 2-Sympathomimetika)
- Inhalative Kortikosteroide
- Antibiotika
- Antimykotika

3. Auswahl eines geeigneten Inhalationssystems

Bei korrekter Anwendung führen alle Inhalationssysteme zu ausreichenden Behandlungsergebnissen. Da es jedoch in Bezug auf Atemzugwiderstand, Handhabung und Wirkstoffdeposition wichtige Unterschiede zwischen den einzelnen Geräten gibt (für Details siehe Modul 2 dieser CME-Fortbildung), sollten bei der Auswahl in erster Linie die Bedürfnisse und Fähigkeiten des Patienten im Vordergrund stehen [Riley und Kruger 2017]. Um eine fundierte Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Inhalationssystem treffen zu können, sollte der verschreibende Arzt einen Überblick über die verfügbaren Alternativen besitzen. Hierbei sollte er wissen,

- was die Vor- und Nachteile der jeweiligen Systeme sind,
- welche Inhalationssysteme für welche Wirkstoffe verfügbar sind,
- welche Patientenmerkmale für die korrekte Anwendung eine Rolle spielen,
- welche Möglichkeiten es gibt, den Patienten die korrekte Inhalationstechnik zu vermitteln und sie bei der Therapie zu unterstützen.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über allgemeine Vor- und Nachteile von Inhalationssystemen. Zu beachten ist, dass nicht immer alle hier genannten Punkte auf alle Geräte zutreffen, da es sich gerade bei Trockenpulverinhalatoren um eine sehr heterogene Gruppe mit gerätespezifischen Unterschieden handelt. Trotz der Vielzahl an unterschiedlichen Inhalatoren stehen nicht immer alle gewünschten Wirkstoffe und deren Kombinationen für alle Inhalatortypen zur Verfügung, was die Auswahl einschränkt. Eine individuelle Kombination von Wirkstoffen ist lediglich bei der Verwendung eines Verneblers möglich. Allerdings ist dies aufwendiger in der Handhabung und nicht für alle Wirkstoffe geeignet.

Tabelle 2: Grundsätzliche Vorteile und Nachteile von Inhalationssystemen; modifiziert nach [Broeders et al. 2009]. Hinweis: Die Angaben sind nicht generell für alle verfügbaren Geräte gültig.

Inhalationssysteme	Vorteile	Nachteile
Dosieraerosol (manuell gesteuert)	<ul style="list-style-type: none"> • Klein und handlich • Kostengünstig • Dosisabgabe unabhängig vom Inhalationsmanöver • Breite Wirkstoffauswahl • Schnell einsatzbereit 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Anforderung an Koordination • Bei älteren Modellen kein Zählwerk • Bei Suspensionen muss der Wirkstoff vor der Inhalation erst durch Schütteln gleichmäßig verteilt werden • Empfindlich gegenüber Temperaturextremen (< -20 °C und > +50 °C) • FKW-haltig (früher FCKW)
Dosieraerosol (atemzuggesteuert)	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Anforderung an Koordination • Schnell einsatzbereit 	<ul style="list-style-type: none"> • Mäßiger bis hoher Atemfluss erforderlich (> 30 l/min) • Begrenzte Auswahl an Geräten und Wirkstoffen • Unhandlicher als treibgasgesteuerte Dosieraerosole
Trockenpulverinhalator	<ul style="list-style-type: none"> • Klein und handlich • Geringe Anforderung an Koordination • Breite Wirkstoffauswahl • Für Patienten mit eingeschränkter Atemfunktion stehen Geräte mit geringem Atemzugwiderstand zur Verfügung. • Häufig mit Zusatzhilfen (z. B. Zählwerk) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mäßiger bis hoher Atemfluss erforderlich (> 30 l/min) • Nicht immer für Notfalleinsatz geeignet • Empfindlich gegenüber Feuchtigkeit • Sehr individuelle Handhabung bei unterschiedlichen Systemen mit dem Risiko von Anwendungsfehlern
Vernebler	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Anwendung • Keine Anforderungen an Koordination • Eignet sich auch für Babys, Kleinkinder, schwer erkrankte und ältere Menschen 	<ul style="list-style-type: none"> • Lange Inhalationszeiten • Nicht für alle Wirkstoffe möglich • Externe Energiequelle notwendig • Reinigungs- und Wartungsaufwand • Nicht schnell einsatzbereit

Patientenmerkmale, die bei der Auswahl des Inhalationssystems berücksichtigt werden sollten, sind z.B. das Alter und die Geschicklichkeit des Patienten sowie dessen körperliche Voraussetzungen. So ist u.a. die inspiratorische Flussrate wichtig bei der Anwendung von Trockenpulverinhalatoren [Al-Showair et al. 2007, Chrystyn et al. 2017, Jarvis et al. 2007]. Sowohl der gleichzeitige Einsatz verschiedener Inhalatoren als auch ein Wechsel auf ein anderes Gerät erhöhen die Wahrscheinlichkeit für eine fehlerhafte Anwendung und sind daher nach

Möglichkeit zu vermeiden [Riley und Kruger 2017]. Die Geräte sollten außerdem möglichst leicht zu transportieren und einfach zu bedienen sein. Zusätzlich von Vorteil sind ein minimaler Reinigungs- und Wartungsaufwand sowie die Unabhängigkeit von einer externen Energiequelle. Es ist empfehlenswert, den Patienten mit in die Entscheidung einzubeziehen [Dolovich et al. 2005, Riley und Kruger 2017, Schulte et al. 2008]. Bei der Auswahl des passenden Inhalators können die in Abbildung 2 gezeigten Auswahlkriterien mit herangezogen werden.

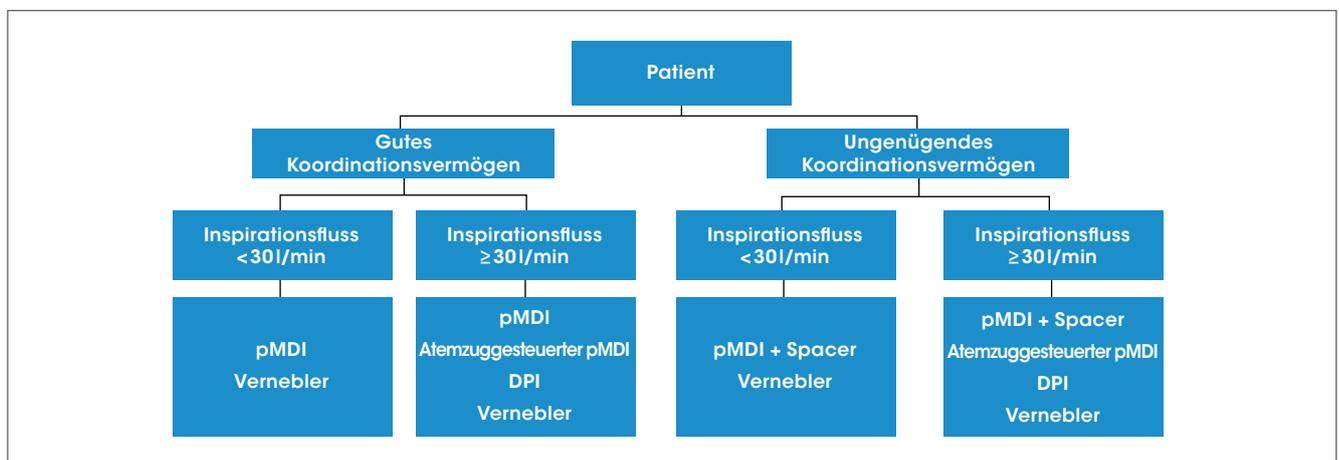


Abbildung 2: Auswahlkriterien für die Inhalationstherapie bei Erwachsenen; Abbildung erstellt nach [Laube et al. 2011]. pMDI: treibgasbetriebenes Dosieraerosol, DPI: Trockenpulverinhalator

4. Strategien für eine korrekte Inhalationstechnik

Eine nicht-adäquate Atemflussrate korreliert mit steigendem Alter und zunehmender Schwere der Krankheit [Al-Showair et al. 2007, Jarvis et al. 2007] und ist im Falle einer Exazerbation zusätzlich eingeschränkt [Plavec et al. 2012]. Koordinationsprobleme treten vermehrt bei älteren Patienten oder Kindern auf. Um das geeignete Gerät im individuellen Fall auszuwählen, ist die Kenntnis der Besonderheiten der wichtigsten kommerziell verfügbaren Inhalatoren hilfreich. Viele Geräte weisen als Zusatzfunktionen diverse Feedbackmechanismen auf, die dem Patienten die Anwendung erleichtern sollen. Dazu gehören optische, akustische und gustatorische Signale. Oft enthalten die Inhalatoren noch ein Zählwerk, anhand dessen sich die Anzahl der noch vorhandenen Dosen verfolgen lässt. So lässt sich z.B. bei transparenten Kapseln erkennen, ob der Wirkstoff freigesetzt wurde. Ein akustisches Feedback kann z.B. ein Surren der Kapsel im Inhalator geben. Bei vielen Trockenpulverinhalatoren bewirkt die enthaltene Laktose einen süßlichen Geschmack während der Inhalation. Auch wenn diese Feedbackmechanismen dem Patienten eine selbstständige Überprüfung erleichtern, sollte jedoch gerade am Anfang regelmäßig vom behandelnden Arzt überprüft werden, ob der Patient das Gerät korrekt bedient.

Studien zeigen, dass immer wieder Fehler beim Inhalieren passieren (Tabelle 3). Man unterscheidet dabei zwischen kritischen und nicht kritischen Fehlern. Letztere können zwar den Therapieerfolg reduzieren, verhindern ihn jedoch nicht vollständig. Kritische Fehler bei der Anwendung von Inhalationsgeräten sind demnach mit einer unzureichenden Krankheitskontrolle trotz inhalativer Therapie assoziiert. Die Schwierigkeiten reichen von grundlegenden Bedienungsfehlern (z.B. Deckel nicht abgenommen) bis hin zu fehlerhafter Koordination zwischen Auslösen und Inspiration [Melani et al. 2011] und unterscheiden sich auch in der Häufigkeit zwischen verschiedenen Inhalatortypen [Molimard et al. 2017, Windisch et al. 2018]. Bleibt ein Therapieansprechen aus, sollte die Inhalationstechnik durch den Arzt überprüft werden und gegebenenfalls ein alternatives Gerät verschrieben werden. Ebenso ist zu beachten, dass auch fehlende Adhärenz den Therapieerfolg minimieren kann. Eine sorgfältige Überprüfung und Anleitung der richtigen Inhalationstechnik führt zu einer Verbesserung der Therapietreue und trägt damit zum langfristigen Erfolg bei [Azzi et al. 2017].

Tabelle 3: Fehler bei der Inhalation von Atemwegstherapeutika; modifiziert nach [Knipel et al. 2013].

Häufige Fehler (> 50 %)
<ul style="list-style-type: none">• Atem wird nach Inhalation nicht lange genug (5 – 10 Sekunden) angehalten• Vor Inhalation nicht tief genug ausgeatmet• Inspiration nicht tief genug• Fehlende Koordination bei MDI und Respimat• Falsche Haltung des DPI bei der Vorbereitung der Inhalation• MDI wird nicht vor Inhalation geschüttelt• Zwischen mehreren Sprühstößen wird nicht lange genug gewartet (mind. 30 Sekunden)• Überprüfung der abgegebenen Dosis anhand des Zählwerks oder der entleerten Kapsel wird nicht durchgeführt
Gelegentliche Fehler (ca. 10 – 50 %)
<ul style="list-style-type: none">• Ungeeignete Körperhaltung (z. B. im Bett liegend)• Mundstück wird nicht richtig im Mund platziert• Fehlerhafte Vorbereitung des Device (Laden der Dosis, Einlegen/Anstechen der Kapsel, etc.)• Nach erfolgter Inhalation wird in das Device exhalieret
Selten (< 10 %)
<ul style="list-style-type: none">• Schutzkappe wird nicht abgenommen• Falsche Haltung des MDI bei Vorbereitung und Inhalation

DPI: Trockenpulverinhalator, *Dry Powder Inhaler*; MDI: Dosieraerosol, *Metered Dose Inhaler*

Die möglichen Hauptgründe für eine fehlerhafte Bedienung der Inhalatoren scheinen eine unzureichende Anleitung durch den Behandler und eine fehlende Berücksichtigung der körperlichen oder geistigen Fähigkeiten der Patienten zu sein [Bjermer 2014, Lavorini et al. 2010]. Dies ist oft einer mangelnden Kenntnis des Behandlers über die Inhalationsgeräte sowie einer zu geringen Zeitaufwendung bei der Patientenbetreuung geschuldet [Bjermer 2014, Lavorini et al. 2010, Lavorini et al. 2008]. Jedoch zeigen aktuelle Arbeiten, dass auch trotz intensiver und ausführlicher Anleitung und Schulung erhebliche Fehler bestehen können [Windisch et al. 2018].

Am besten lassen sich Fehler durch persönliche und wiederholte Schulungen der Patienten, bei denen auch Placebo-Inhalatoren zum Einsatz kommen, vermeiden. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Inhalationsgeräte an die Bedienung ist dies vor allem bei Patienten wichtig, die verschiedene Systeme nutzen [Braido et al. 2015]. Durch die persönliche Vorführung der Geräte fühlen sich die meisten Patienten am besten betreut, gefolgt von Videos (z.B. unter <https://www.atemwegsliga.de/richtig-inhalieren.html>) und schriftlichen Informationen wie Beipackzettel oder Handzettel [Price et al. 2018]. Eine allein schriftliche Information der Patienten ist meist nicht ausreichend [Bosnic-Anticevich et al. 2010, Ninane et al. 2014].

Um die Wahrscheinlichkeit für eine fehlerhafte Anwendung zu minimieren, sind mindestens drei Schulungen im Abstand von zwei bis vier Wochen notwendig [Takaku et al. 2017]. So lassen sich Fehler von 60 % nach der ersten Schulung auf 0–10 % reduzieren. Dies können der behandelnde Arzt oder – bei entsprechender Schulungskompetenz – Apotheker, pharmazeutisch-technische Assistenten sowie medizinische Fachangestellte durchführen [Aydemir 2015, BÄK 2018, Daniels 2018, Lavorini und Fontana 2014, Lavorini et al. 2010, Takaku et al. 2017].

Die häufigsten Fehler bei Dosieraerosolen beruhen auf Handhabungsfehlern wie einer schlechten Hand-Mund-Koordination. Kritisch, also mit einer unzureichenden Krankheitskontrolle assoziiert, ist hier in erster Linie ein Auslösen der Wirkstofffreisetzung vor Beginn der

Einatmung. **Bei Trockenpulverinhalatoren besteht der häufigste und gleichzeitig kritischste Fehler darin, dass nicht schnell und kräftig genug eingeatmet wird,** um eine ausreichende Desagglomeration zu bewirken. Kritische Fehler, die unabhängig vom Inhalatortyp gemacht werden, sind ein fehlendes Ausatmen vor der Inhalation, Inhalation mit abgeknickter Kopfhaltung und ein fehlendes Anhalten des Atems nach der Inhalation [Price et al. 2017]. In Tabelle 4 sind die wichtigsten Punkte, die bei Dosieraerosolen und Pulverinhalatoren bezüglich der Handhabung und der Anwendung der beiden Inhalatorgruppen zu beachten sind, zusammengefasst.

Zur Vermeidung häufiger und kritischer Fehler hat die Deutsche Atemwegsliga 10-Punkte-Checklisten für übliche Inhalationsgeräte und speziell auch für Inhalationssysteme bei Cystischer Fibrose zusammengestellt (Tabelle 5). Diese enthalten konkrete gerätespezifische Fragen zur korrekten Vorbereitung, Durchführung und Beendigung der Inhalation und ermöglichen dem Fachpersonal eine leichte Überprüfung der korrekten Bedienung [Knipel et al. 2017]. Die Checklisten können außerdem die Patienten dabei unterstützen, ihre Inhalationstechnik korrekt zu trainieren bzw. selbstständig zu überprüfen, und ermöglichen es Ärzten, sich schnell und unkompliziert zu informieren.

Eine sehr gute Ergänzung bei bzw. nach einer persönlichen Schulung durch den Arzt oder Apotheker sind außerdem Videoanleitungen [Knipel et al. 2013]. Entsprechendes Material ist auf der Webseite der Deutschen Atemwegsliga (<https://www.atemwegsliga.de/richtig-inhalieren.html>) für alle handelsüblichen Inhalatortypen erhältlich. Diese Art der Schulung hat den Vorteil, dass sie dem Patienten jederzeit und unabhängig vom Verschreiber zur Verfügung steht und es ihm ermöglicht, die in der persönlichen Schulung gelernte Technik so oft wie nötig zu wiederholen und zu überprüfen. Alle wichtigen Schritte werden hierbei verständlich und kompakt anhand von Videosequenzen, gesprochenem Text und Schrifteinblendungen in verschiedenen Sprachen erklärt. Auch für die Behandler eignen sich die Videos, um sich schnell einen Überblick über die Inhalationssysteme und deren korrekte Anwendung zu verschaffen.

Tabelle 4: Korrekte Bedienung und Inhalationstechnik; modifiziert nach [Knipel et al. 2017].

Dosieraerosole	Trockenpulverinhalatoren*
Vorbereiten	
<ul style="list-style-type: none"> • Inhalationshilfe und Druckbehälter zusammenstecken • Kappe des Mundstücks entfernen • Dosieraerosol zwischen Daumen und Mittelfinger (Daumen und Mundstück unten) halten und mindestens fünfmal schütteln 	<p>Die Vorbereitung kann sich von System zu System unterscheiden. Folgendes ist zu beachten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abnehmen der Verschlusskappe • Korrektes Einlegen von Patrone oder Kapsel • Richtige Orientierung des Gerätes bei Inhalation • Korrekte Anwendung der Bedientasten
Ausführen	
<ul style="list-style-type: none"> • Inhalation bei aufrechter Körperhaltung durchführen • Inhalator senkrecht (Mundstück nach unten) halten • Mundstück mit den Lippen dicht umschließen • Auslösen zu Beginn der Inhalation • Inhalation durch den Mund • Nur ein Sprühstoß pro Inhalation • Langsame und tiefe Inspiration • Atem möglichst für 5 – 10 Sekunden anhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalation bei aufrechter Körperhaltung durchführen • Vor Inhalation tief ausatmen (nicht in das Mundstück) • Mundstück mit den Lippen dicht umschließen • Kräftige, rasche und tiefe Inspiration • Atem möglichst für 5 – 10 Sekunden anhalten • Expiration (nicht in das Mundstück)
Beenden	
<ul style="list-style-type: none"> • Schutzkappe aufsetzen 	<p>Je nach System sollten folgende Punkte beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kapsel herausnehmen und prüfen, ob sie durchgestochen und vollständig entleert wurde • Überprüfung der abgegebenen Dosis anhand des Zählwerks • Aufsetzen der Schutzkappe

*Mögliche Fehler sind abhängig vom verwendeten Inhalator

Tabelle 5: Inhalationssysteme, für die Anleitungen und Checklisten von der Deutschen Atemwegsliga zur Verfügung stehen (<https://www.atemwegsliga.de/richtig-inhalieren.html>).

Dosieraerosole	Pulverinhalatoren	CF-Inhalationssysteme
<ul style="list-style-type: none"> • Dosieraerosole • Dosieraerosol mit Spacer • Autohaler® • Easi-Breathe® 	<ul style="list-style-type: none"> • Aerolizer® • Breezhaler® • Cyclohaler® • Diskus® • Easyhaler® • Ellipta® • Elpenhaler® • Forspiro® • Genuair® • HandiHaler® • NEXThaler® • Novolizer® • Spiromax® • Turbohaler® • Twisthaler® • Zonda® 	<p>Düsenvernebler</p> <ul style="list-style-type: none"> • AKITA Jet® • PARI BOY SX® • PARI PEP S® • PARI SINUS® <p>Membranvernebler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aeronex Go® • eFlow rapid® • I-neb® <p>Pulverinhalatoren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Osmohaler® • Podhaler® • Turbospin®

Zwei aktuelle Studien konnten den hohen Nutzwert dieser Videos nachweisen [Müller et al. 2017, Windisch et al. 2018]: Drei Viertel der Patienten, die vorher mindestens einen Fehler bei der Inhalation gemacht hatten, wendeten nach Instruktion per Video ihr Gerät korrekt an (Abbildung 3). Die Schulung per Video zeigte außerdem einen langanhaltenden Effekt: Nach vier bis acht Wochen (*Follow-up*) wendeten immer noch 72 % der Patienten ihr Gerät korrekt an [Müller et al. 2017]. Auch eine randomisierte verblindete Studie an exazerbierten COPD-Patienten bestätigte einen ähnlichen Erfolg der Videos im Vergleich zur persönlichen Schulung [Windisch et al. 2018]. So konnte der Anteil von Patienten, die gleich mehrere An-

wendungsfehler machten, mit beiden Ansätzen um etwa die Hälfte reduziert werden. Jedoch lag der Gesamtanteil von COPD-Patienten mit fehlerhafter Inhalationstechnik mit 44 % (Videoschulung) vs. 40,3 % (persönliche Schulung) immer noch sehr hoch.

Bei vielen Patienten lassen sich also durch diese einfache Maßnahme Fehler bei der Inhalation wirksam verhindern. Da eine alleinige Videoschulung jedoch nicht bei allen Patienten ausreichend ist, bleibt eine persönliche Schulung durch den behandelnden Arzt, das Pflegepersonal oder den Apotheker wichtiger Bestandteil der Patientenversorgung.

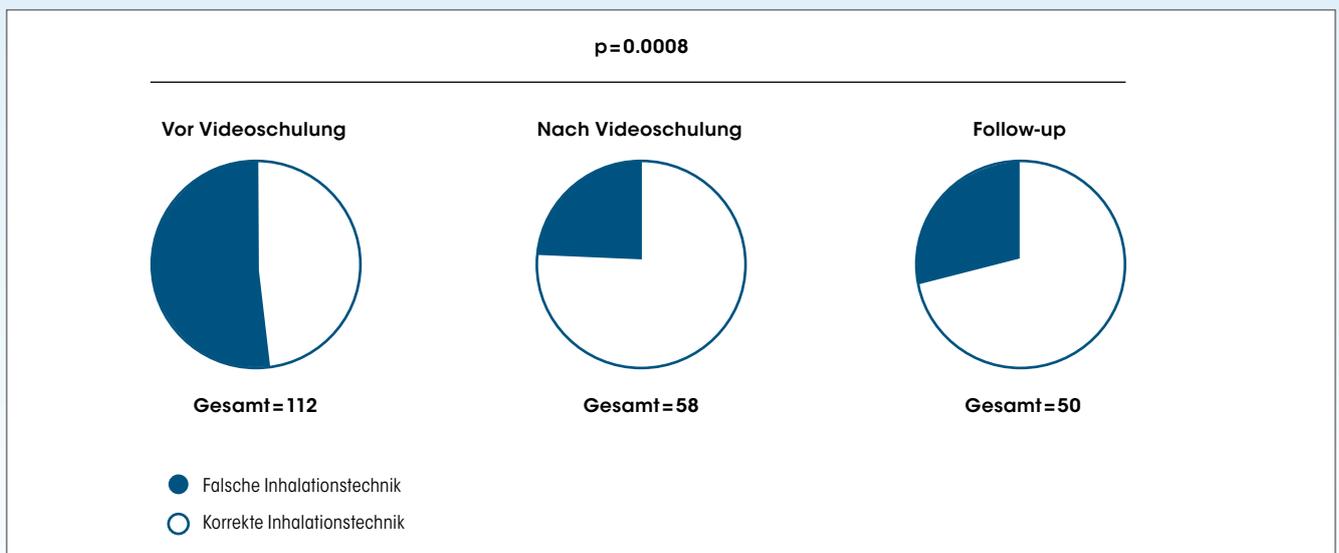


Abbildung 3: Anteil von Patienten mit fehlerhafter Inhalationstechnik vor und nach einer Videoschulung und im *Follow-up* nach vier bis acht Wochen; modifiziert nach [Müller et al. 2017].

5. Fazit

Kritische Fehler bei der Inhalation können vermieden werden durch

- Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen des Patienten bei der Wahl des Inhalators
- Persönliche Schulung des Patienten (mind. drei Schulungen im Abstand von zwei bis vier Wochen)
- Verwendung von Videos zur Inhalationstechnik
- Überprüfung der Inhalationstechnik anfangs mindestens alle vier Wochen und bei ausbleibender Wirksamkeit der Therapie
- Nutzung der Checklisten der Atemwegsliga zur Fehlervermeidung
- Dokumentation der Patientenschulung (siehe Anhang der CME-Mappe)

Die Inhalationstherapie ist der wichtigste Bestandteil des Managements von Atemwegserkrankungen. Bei der Auswahl des Inhalationsgeräts sollten die Bedürfnisse und Fähigkeiten des Patienten Berücksichtigung finden, um den größtmöglichen Behandlungserfolg zu erzielen. Dabei muss die korrekte Bedienung des Inhalationsgeräts durch den Patienten sichergestellt werden, da dies für die Wirksamkeit der Inhalationstherapie unerlässlich ist. Zudem lassen sich kritische Fehler durch wiederholte Schulung des Patienten durch den behandelnden Arzt, das Pflegepersonal oder den Apotheker erfolgreich vermeiden. Um den Patienten darüber hinaus bestmöglich zu unter-

stützen, können außerdem Checklisten und Videoanleitungen der Deutschen Atemwegsliga sowie die im Anhang zu findende Dokumentationsliste zur Patientenschulung eingesetzt werden. Zur Betreuung des Patienten sollte weiterhin eine regelmäßige Überprüfung der korrekten Inhalationstechnik gehören. Dies ist auch bei Patienten wichtig, die eine Inhalationstherapie schon seit einigen Jahren anwenden und insbesondere bei ausbleibendem Therapieerfolg oder beim Auftreten von Exazerbationen. Mit diesen einfachen Maßnahmen kann die Wirksamkeit der Inhalationstherapie bei Patienten entscheidend verbessert werden.

Literatur

- Al-Showair RA, Tarsin WY, Assi KH, et al. Can all patients with COPD use the correct inhalation flow with all inhalers and does training help? *Respir Med* 2007;101(11):2395–401
- Aydemir Y. Assessment of the factors affecting the failure to use inhaler devices before and after training. *Respir Med* 2015;109(4):451–8
- Azzi E, Srour P, Armour C, et al. Practice makes perfect: self-reported adherence a positive marker of inhaler technique maintenance. *NPJ Prim Care Respir Med* 2017;27(1):29
- Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Nationale VersorgungsLeitlinie Asthma – Leitlinienreport, 3. Auflage. Version 1. 2018, <https://www.leitlinien.de/mdb/downloads/nvl/asthma/asthma-3auf1-vers1-llr.pdf>. Abgerufen am 28.02.2019
- Barnes PJ. Achieving asthma control. *Curr Med Res Opin* 2005;21 Suppl 4:S5–9
- Bjerner L. The importance of continuity in inhaler device choice for asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 2014;88(4):346–52
- Bosnic-Anticevich SZ, Sinha H, So S, et al. Metered-dose inhaler technique: the effect of two educational interventions delivered in community pharmacy over time. *J Asthma* 2010;47(3):251–6
- Braido F, Lavorini F, Blasi F, et al. Switching treatments in COPD: implications for costs and treatment adherence. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2015;10:2601–8
- Broeders ME, Sanchis J, Levy ML, et al. The ADMIT series--issues in inhalation therapy. 2. Improving technique and clinical effectiveness. *Prim Care Respir J* 2009;18(2):76–82
- Buhl R, Bals R, Baur X, et al. S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit Asthma. *Pneumologie* 2017;71(12):849–919
- Chrystyn H, van der Palen J, Sharma R, et al. Device errors in asthma and COPD: systematic literature review and meta-analysis. *NPJ Prim Care Respir Med* 2017;27(1):22
- Daniels R. Substitution – Was bei Inhalativa zu beachten ist. *Pharm Ztg* 2018;163 (22):1536–46
- Dolovich MB, Ahrens RC, Hess DR, et al. Device selection and outcomes of aerosol therapy: Evidence-based guidelines: American College of Chest Physicians/American College of Asthma, Allergy, and Immunology. *Chest* 2005;127(1):335–71
- Gabrio BJ, Stein SW, Velasquez DJ. A new method to evaluate plume characteristics of hydrofluoroalkane and chlorofluorocarbon metered dose inhalers. *Int J Pharm* 1999;186(1):3–12
- GOLD. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. 2019 Report. <https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2018/11/GOLD-2019-v1.7-FINAL-14Nov2018-WMS.pdf>. Abgerufen am 28.02.2019.
- Haidl P, Heindl S, Siemon K, et al. Inhalation device requirements for patients' inhalation maneuvers. *Respir Med* 2016;118:65–75
- Hanania NA, Braman S, Adams SG, et al. The role of inhalation delivery devices in COPD: Perspectives of patients and health care providers. *Chronic Obstr Pulm Dis* 2018;5(2):111–23
- Jarvis S, Ind PW, Shiner RJ. Inhaled therapy in elderly COPD patients; time for re-evaluation? *Age Ageing* 2007;36(2):213–8
- Keiner N, Schaefer M. COPD – Atemlos, aber nicht hilflos. *Dtsch Apoth Ztg* 2009;149:5236-
- Knipel V, Criege CP, Windisch W. Korrekte Inhalationstherapie: Einweisung mittels Internet-verfügbarer Filmsequenzen. Eine Initiative der Deutschen Atemwegsliga e.V. *Pneumologie* 2013;67(3):157–61
- Knipel V, Schwarz S, Magnet FS, et al. Checklists for the assessment of correct inhalation therapy. *Pneumologie* 2017;71(2):96–105
- Laube BL, Janssens HM, de Jongh FH, et al. What the pulmonary specialist should know about the new inhalation therapies. *Eur Respir J* 2011;37(6):1308–31
- Lavorini F. The challenge of delivering therapeutic aerosols to asthma patients. *ISRN Allergy* 2013;2013:102418
- Lavorini F und Fontana GA. Inhaler technique and patient's preference for dry powder inhaler devices. *Expert Opin Drug Deliv* 2014;11(1):1–3
- Lavorini F, Levy ML, Corrigan C, et al. The ADMIT series - issues in inhalation therapy. 6) Training tools for inhalation devices. *Prim Care Respir J* 2010;19(4):335–41
- Lavorini F, Magnan A, Dubus JC, et al. Effect of incorrect use of dry powder inhalers on management of patients with asthma and COPD. *Respir Med* 2008;102(4):593–604
- Melani AS, Bonavia M, Cilenti V, et al. Inhaler mishandling remains common in real life and is associated with reduced disease control. *Respir Med* 2011;105(6):930–8
- Molimard M, Raherison C, Lignot S, et al. Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation and inhaler device handling: real-life assessment of 2935 patients. *Eur Respir J* 2017;49(2)
- Müller FM, Bend J, Rietschel E. Leitlinie S3_Lungenerkrankung bei Mukoviszidose Modul 1. 2013
- Müller T, Müller A, Hubel C, et al. Optimizing inhalation technique using web-based videos in obstructive lung diseases. *Respir Med* 2017;129:140–4
- Mutschler E, Geisslinger G, Kroemer HK, et al. *Arzneimittelwirkungen* 10. Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 2013
- Nelson HS. Inhalation devices, delivery systems, and patient technique. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2016;117(6):606–12
- Ninane V, Brusselle GG, Louis R, et al. Usage of inhalation devices in asthma and chronic obstructive pulmonary disease: a Delphi consensus statement. *Expert Opin Drug Deliv* 2014;11(3):313–23
- Perriello EA, Sobieraj DM. The Respimat soft mist inhaler, a novel inhaled drug delivery device. *Conn Med* 2016;80(6):359–64
- Plavec D, Gluncic TJ, Gudelj I, et al. Measurement of inspiratory flow for the selection of the inhalation treatment device for asthma and COPD. *Lijec Vjesn* 2012;134(3-4):84–9
- Price D, Keininger DL, Viswanad B, et al. Factors associated with appropriate inhaler use in patients with COPD - lessons from the REAL survey. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018;13:695–702
- Price DB, Roman-Rodriguez M, McQueen RB, et al. Inhaler errors in the CRITIKAL study: type, frequency, and association with asthma outcomes. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2017;5(4):1071–81.e9

- Rau JL. Determinants of patient adherence to an aerosol regimen. *Respir Care* 2005;50(10):1346-56; discussion 57 – 9
- Rau JL. Practical problems with aerosol therapy in COPD. *Respir Care* 2006;51(2):158 – 72
- Riley J, Kruger P. Optimising inhaler technique in chronic obstructive pulmonary disease: a complex issue. *Br J Nurs* 2017;26(7):391 – 7
- Rootmensen GN, van Keimpema AR, Jansen HM, et al. Predictors of incorrect inhalation technique in patients with asthma or COPD: a study using a validated videotaped scoring method. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2010;23(5):323-8
- Schulte M, Osseiran K, Betz R, et al. Handling of and preferences for available dry powder inhaler systems by patients with asthma and COPD. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2008;21(4):321 – 8
- Sriram KB, Percival M. Suboptimal inhaler medication adherence and incorrect technique are common among chronic obstructive pulmonary disease patients. *Chron Respir Dis* 2016;13(1):13–22
- Takaku Y, Kurashima K, Ohta C, et al. How many instructions are required to correct inhalation errors in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease? *Respir Med* 2017;123:110–5
- Vogelmeier C, Buhl R, Burghuber O, et al. Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD). *Pneumologie* 2018;72(4):253 – 308
- Voshaar T, App EM, Berdel D, et al. Empfehlungen für die Auswahl von Inhalationssystemen zur Medikamentenverabreichung. *Pneumologie* 2001;55(12):579-86
- Windisch W, Schwarz SB, Magnet FS, et al. Using web-based videos to improve inhalation technique in COPD patients requiring hospitalization: A randomized controlled trial. *PLoS One* 2018;13(10):e0201188

Impressum

Autoren:

Dr. rer. nat. Nils Keiner, Universitätsklinikum Frankfurt, Frankfurt

Prof. Dr. med. Wolfram Windisch, Lehrstuhl für Pneumologie Universität Witten/Herdecke,
Kliniken der Stadt Köln, Köln

Redaktion:

Dr. Barbara Knapp
KW medipoint, Bonn

Layout:

Lisa Sander
KW medipoint, Bonn

Veranstalter:

CME medipoint, München

Sponsor:

Diese Fortbildung wurde von Novartis Pharma GmbH mit insgesamt 9.365,- € finanziell unterstützt.
Die Inhalte der Fortbildung werden durch den Sponsor nicht beeinflusst.

Diese Fortbildung ist auf www.cme-medipoint.de online verfügbar.
Die Transparenzinformationen sind dort einsehbar.

Lernkontrollfragen

Bitte kreuzen Sie jeweils nur **eine** Antwort an.

1) In etwa **wie viele** Patienten wenden ihr Inhalationsgerät aktuellen Studien zufolge **korrekt** an?

- a) 5%
- b) 15%
- c) 30%
- d) 50%
- e) 75%

2) Welche Aussage zu Dosieraerosolen ist **richtig**?

- a) Als Treibmittel wird in einigen Dosieraerosolen weiterhin FCKW eingesetzt.
- b) Nach dem Auslösen eines Sprühstoßes und Verdampfung des Treibgases entstehen hauptsächlich Wirkstoffpartikel mit einer Größe von 5 – 10 µm.
- c) Dosieraerosole erfordern einen möglichst ruhigen und tiefen Inspirationsfluss.
- d) Dosieraerosole stellen keine besonderen Anforderungen an die Koordination.
- e) Bei allen Dosieraerosolen wird die Wirkstoffdosis manuell freigesetzt.

3) Was **trifft** auf Trockenpulverinhalatoren **zu**?

- a) Trockenpulverinhalatoren eignen sich besonders gut für die Bedarfsmedikation.
- b) Der Wirkstoff ist bei Trockenpulverinhalatoren meist an Stärke gebunden.
- c) Trockenpulverinhalatoren stellen weniger Anforderungen an die Koordination als die meisten Dosieraerosole.
- d) Die Wirkstofffreisetzung erfolgt bei Trockenpulverinhalatoren manuell.
- e) Trockenpulverinhalatoren sind nur für erwachsene Patienten geeignet.

4) Welche Aussage zu Verneblern ist **richtig**?

- a) Vernebler sind ungeeignet für Babys und Kleinkinder.
- b) Die Inhalationszeiten sind bei Verneblern in der Regel kurz.
- c) Vernebler sind schnell einsatzbereit.
- d) Der Reinigungs- und Wartungsaufwand ist bei Verneblern vergleichsweise hoch.
- e) Vernebler sind für alle Wirkstoffe gleichermaßen geeignet.

5) Bei der Inhalationstherapie gelangen die Wirkstoffe schnell und in hoher Konzentration an ihren Wirkungsort. Welche Aussage zu den Wirkstoffen ist **richtig**?

- a) Die Wirkung von Bronchodilatoren tritt meist verzögert ein.
- b) Bronchodilatoren wirken relaxierend.
- c) Anticholinergika sind immer langwirksam.
- d) β_2 -Sympathomimetika hemmen den Effekt von Acetylcholin.
- e) Inhalative Kortikosteroide sind bei COPD die erste Wahl.

6) Welche dieser Wirkstoffkombinationen stehen **kommerziell zur Verfügung**?

- a) SABA/LAMA
- b) LABA/LAMA
- c) SAMA/LAMA
- d) ICS/Antibiotikum
- e) ICS/SABA

7) Was spielt eine **entscheidende Rolle** bei der Auswahl des Inhalators beim *Asthma bronchiale*?

- a) FEV1
- b) Expirationsfluss des Patienten
- c) Geschicklichkeit des Patienten
- d) Asthma-Phänotyp
- e) Farbe der Geräte

8) Was gehört zu den **häufigsten Fehlern** (> 50 % der Patienten) bei der Inhalation?

- a) Die Inspiration ist nicht tief genug.
- b) Es wird bei ungeeigneter Körperhaltung (z.B. im Liegen) inhaliert.
- c) Die Dosis wird fehlerhaft vorbereitet (z.B. kein Einlegen oder Anstechen der Kapsel vor der Inhalation).
- d) Der Inhalator wird verkehrt herum gehalten.
- e) Bei Dosieraerosolen wird die Schutzkappe nicht abgenommen.

9) Verschiedene Maßnahmen können maßgeblich zur Fehlervermeidung bei der Inhalation beitragen. Welche Maßnahme ist **am wenigsten** geeignet?

- a) Persönliche Vorführung und Anleitung durch den Arzt
- b) Persönliche Vorführung und Anleitung durch medizinische Fachangestellte oder Apotheker
- c) Übung mit einem Placebo-Inhalator
- d) Schriftliche Information
- e) Schulung per Video

10) **Wie häufig** sollten Patienten idealerweise in der Verwendung ihres Inhalators geschult werden?

- a) Eine ausführliche persönliche Einweisung zu Beginn der Behandlung ist in der Regel ausreichend.
- b) Patienten sollten mindestens drei Schulungen im Abstand von zwei bis vier Wochen erhalten und anschließend nach Bedarf.
- c) Patienten sollten mindestens drei Schulungen im Abstand von ein bis drei Monaten erhalten.
- d) Die Schulung sollte einmal jährlich wiederholt werden.
- e) Nur bei Kindern und älteren Menschen ist eine halbjährliche Wiederholung der Schulung notwendig.

Möglichkeit zur Dokumentation bei Inhalatorschulungen

Name des Patienten/der Patientin:	1. Schulung	1. WV	2. WV	3. WV
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	(TT.MM.JJJJ)	(TT.MM.JJJJ)	(TT.MM.JJJJ)	(TT.MM.JJJJ)
Wurde geprüft, ob der/die Patient/in die Voraussetzungen für die Anwendung des verschriebenen Inhalators erfüllt? z.B. ...	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/>	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/>	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/>	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/>
Atemflussrate				
Koordinationsfähigkeit				
Kognitive Fähigkeiten				
Seheinschränkungen				
Sonstiges:				
Schulung des Patienten				
Persönliche Schulung ...				
... durch Arzt				
... durch PFA				
... durch MFA				
... durch Apotheker				
... durch PTA				
... mit einem Demo-Inhalator?				
... mit Hilfe eines Videos?				
Haben Sie den/die Patienten/in auf die Website der Atemwegsliga hingewiesen?				
Überprüfung der Inhalationstechnik				
Wendet der/die Patient/in den Inhalator korrekt an?				
Haben Sie den/die Patienten/in auf eventuelle Anwendungsfehler hingewiesen?				
Wurde ein Termin zur Überprüfung der Inhalationstechnik vereinbart?				
Wenn ja, wann?	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	(TT.MM.JJJJ)	(TT.MM.JJJJ)	(TT.MM.JJJJ)	(TT.MM.JJJJ)

Vermerke zu Anwendungsfehlern, die bei Wiedervorstellung überprüft werden sollten:

Welche kritischen Fehler* macht der/die Patient/in?

Welche allgemeinen Fehler macht der/die Patient/in?

Welche Empfehlungen wurden zur Korrektur der Anwendungsfehler gegeben?

WV = Wiedervorstellung; * siehe Rückseite

Definition kritischer Anwendungsfehler¹

Kritische Anwendungsfehler sind Fehler, die einen substantiellen Einfluss auf die freigegebene und/oder inhalierte Dosis des Medikaments haben. Hier zählen unter anderem:

Inhalator	Andwendungsfehler
Breezhaler®	<ul style="list-style-type: none">- Kapsel nicht/fehlerhaft eingelegt- Druckknöpfe nicht gedrückt/losgelassen- Pulverreste in der Kapsel nach Inhalation
Diskus®	<ul style="list-style-type: none">- Schieberegler nicht ausgelöst- Inhalation bei leerem Inhalator (Dosiszähler bei 0)
Handihaler®	<ul style="list-style-type: none">- Öffnung des nächsten Blisters- Kapsel nicht/fehlerhaft eingelegt- Druckknöpfe nicht gedrückt/losgelassen- Pulverreste in der Kapsel nach Inhalation
pMDI	<ul style="list-style-type: none">- mangelnde Synchronisation zwischen Auslösung und Inhalation
Respimat®	<ul style="list-style-type: none">- keine Patrone im Inhalator- Inhalation bei leerem Inhalator (Dosiszähler bei 0)- fehlende Drehung des Gehäuses- mangelnde Synchronisation zwischen Auslösung und Inhalation
Turbohaler®	<ul style="list-style-type: none">- nicht-aufrechte Inhalatorhaltung bei Auslösedrehbewegung (Toleranz +/-45 Grad)- Inhalation bei leerem Inhalator- keine Rotation im Uhrzeigersinn bzw. gegen Uhrzeigersinn bis Ertönen des „Klicks“

¹ modifiziert nach Molimard et al., Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation and inhaler device handling: real-life assessment of 2935 patients, Eur Respir J 2017;49:pil: 1601794;

