

veröffentlicht bei:

S3 Leitlinie:

# Sauerstoff in der Akuttherapie beim Erwachsenen



Deutsche Gesellschaft für Pneumologie  
und Beatmungsmedizin e.V.

Kurzversion 1.0 – Juni 2021 AWMF-Registernummer: 020 - 021

**Autoren:**

Jens Gottlieb<sup>1,2</sup>

Philipp Capetian<sup>3</sup>

Uwe Hamsen<sup>4</sup>

Uwe Janssens<sup>5</sup>

Christian Karagiannidis<sup>6</sup>

Stefan Kluge<sup>7</sup>

Marco König<sup>8</sup>

Andreas Markewitz<sup>9</sup>

Monika Nothacker<sup>10</sup>

Sabrina Roiter<sup>11</sup>

Susanne Unverzagt<sup>12</sup>

Wolfgang Veit<sup>13</sup>

Thomas Volk<sup>14</sup>

Christian Witt<sup>1</sup>

René Wildenauer<sup>16</sup>

Heinrich Worth<sup>17</sup>

Thomas Fühner<sup>18,2</sup>



- 1 Klinik für Pneumologie, Medizinische Hochschule Hannover
- 2 Biomedical Research in End-stage and Obstructive Lung Disease Hannover  
(BREATH) im Deutschen Zentrum für Lungenforschung (DZL)
- 3 Klinik für Neurologie, Neurologische Intensivstation, Universitätsklinikum Würzburg
- 4 Fachbereich für Unfallchirurgie und Orthopädie, Berufsgenossenschaftliches  
Universitätsklinikum Bergmannsheil, Bochum
- 5 Innere Medizin und internistische Intensivmedizin, Sankt Antonius Hospital GmbH,  
Eschweiler
- 6 Abteilung für Pneumologie und Beatmungsmedizin, ARDS/ECMO Zentrum,  
Lungenklinik Köln-Merheim
- 7 Klinik für Intensivmedizin, Universitätsklinikum Eppendorf, Hamburg
- 8 Deutsche Berufsverband Rettungsdienst e.V.. Lübeck
- 9 ehem. Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie Bundeswehrzentrankrankenhaus Koblenz
- 10 Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V,  
Marburg.
- 11 Israelitisches Krankenhaus Hamburg, Intensivstation
- 12 Abteilung für Allgemeinmedizin, Universität Leipzig
- 13 Bundesverband der Organtransplantierten e. V, Marne
- 14 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie,  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
- 15 Seniorprofessor Innere Medizin und Pneumologie, Charité Berlin.
- 16 Hausarztzentrum Wiesentheid
- 17 Facharztzentrum Fürth
- 18 Krankenhaus Siloah, Klinik für Pneumologie und Beatmungsmedizin, Klinikum  
Region Hannover

## **Zusammenfassung**

### Hintergrund:

Sauerstoff ist ein Arzneimittel mit spezifischen Eigenschaften, einem definierten Dosis-Wirkungsbereich und hat unerwünschten Wirkungen. Im Jahr 2015 wurden 14 % einer Stichprobe von britischen Krankenhauspatienten mit Sauerstoff behandelt, davon hatten nur 42 % eine Verordnung. Gesundheitspersonal ist häufig unsicher über die Relevanz einer Hypoxämie und es besteht ein eingeschränktes Bewusstsein für die Risiken einer Hyperoxämie. In den letzten Jahren wurden zahlreiche randomisierte kontrollierte Studien zur Sauerstofftherapie veröffentlicht.

### Methoden:

Im Rahmen des Leitlinienprogramms der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF) wurde unter Beteiligung von 10 Fachgesellschaften diese S3-Leitlinie auf Basis einer Literaturrecherche bis zum 01.02.2021 entwickelt. Zur Literaturbewertung wurde System des Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM) („The Oxford 2011 Levels of Evidence“) verwendet. Die Bewertung der Evidenzqualität erfolgte anhand des Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) und die Leitlinienempfehlungen formal konsentiert.

### Ergebnisse:

Die Leitlinie enthält 34 evidenzbasierte Empfehlungen zu Indikation, Verordnung, Überwachung und Abbruch der Sauerstofftherapie in der Akutversorgung. Die Indikation für Sauerstoff ist hauptsächlich die Hypoxämie. Hypoxämie und Hyperoxämie sollten erhöhten Sterblichkeit vermieden werden. Die Leitlinie empfiehlt Zielbereiche der Sauerstoffsättigung für die Sauerstoff-Akuttherapie ohne Differenzierung zwischen verschiedenen Diagnosen vor. Zielbereiche sind abhängig vom Hyperkapnierisiko und Beatmungsstatus. Die Leitlinie bietet einen Überblick über verfügbare Sauerstoffzufuhrsysteme und enthält Empfehlungen für deren Auswahl basierend auf Patientensicherheit und -komfort.

### Fazit:

Dies ist die erste nationale Leitlinie zum Einsatz von Sauerstoff in der Akutmedizin. Sie richtet sich an medizinisches Fachpersonal, das Sauerstoff außerklinisch und stationär anwendet und ist bis zum 30.06.2024 gültig.

## Einleitung

Sauerstoff ( $O_2$ ) wird in den Körperzellen benötigt, um aus den Nährstoffen Energie zu gewinnen. Im Blut wird  $O_2$  überwiegend an Hämoglobin (Hb) des Erythrozyten gebunden. Die Menge von  $O_2$  im Blut kann als Messung der Sauerstoffsättigung des Hämoglobins oder durch Messung des  $O_2$ -Partialdrucks ( $paO_2$ ) ausgedrückt werden.

Die Sauerstoffsättigung als zentraler Zielparameter hat den Vorteil eines gemeinsamen Zielparameters in Pulsoximetrie ( $SpO_2$ ) und Blutgasanalysen ( $SaO_2$ ). In einer großen britischen Studie an 37.000 Patienten lag die pulsoximetrisch gemessene  $O_2$ -Sättigung ( $SpO_2$ ) im Median bei 98 % für Erwachsene im Alter von 18-64 Jahre, für Ältere bei 96 % (1).

Die Pulsoximetrie hat eine hohe Sensitivität aber nur eine geringe Spezifität zur Erfassung von Hypoxämien. Bei kritisch kranken Patienten liegt das 95 % Konfidenzintervall der Abweichung von pulsoximetrischer zu arterieller Sättigung bei  $\pm 4$  % (2).

Bei einer Hypoxämie ist der Sauerstoffpartialdruck oder der Sauerstoffgehalt im arteriellen Blut erniedrigt. Eine Hypoxie bezeichnet dagegen die Unterversorgung von Organen und Gewebe mit Sauerstoff.

Eine hypoxämische Hypoxie liegt vor, wenn der Sauerstoffpartialdruck im Blut vermindert ist.

Es gibt derzeit keine genaue wissenschaftliche Evidenz, wann und wie viel Sauerstoff in der Behandlung der Hypoxämie notwendig ist. An großen Kollektiven von Krankenhauspatienten und Patienten im Rettungseinsatz wurde die Assoziation einer Hypoxämie mit erhöhter Sterblichkeit beschrieben (3, 4).

Permissive Hypoxämie setzt ausreichende Hämoglobinwerte (üblicherweise  $> 10$  g/dl) und ein supranormales Herz Index (größer  $4,5$  L/min/m<sup>2</sup>) voraus, um eine adäquate Sauerstoffversorgung ( $DO_2$ ) aufrechtzuerhalten. Permissiven Hypoxämie wurde bisher nicht in randomisierten Studien bei Erwachsenen gegenüber Normoxämie untersucht.

Es gibt Patienten mit chronischer Hypoxämie gibt (z. B. der Fötus, Patienten mit Mischzyanose, Bevölkerungsgruppen, die in großer Höhe leben oder solche mit chronischer Hypoventilation), die trotz Hypoxämie nicht akut gefährdet sind. Aus historischen Veröffentlichungen der Höhenmedizin und Flugmedizin (5) ist bekannt, dass mit Sättigungswerten von unter 70 % innerhalb kurzer Zeit zu Bewusstseinsverlust führen. Selbst gesunde Probanden haben bei Hypoxämien unter 80 % kognitive Einschränkungen (6).

Es ist unklar, welchen Einfluss die Sauerstofftherapie auf das Überleben und andere patientenrelevante Endpunkte hat.

Es gibt zahlreiche Argumente gegen Hyperoxie und Hyperoxämie als Therapieziel: Es sind durch Hyperoxämie infolge medizinischer Verabreichung von  $O_2$  eine Reihe von Nebenwirkungen beschrieben (7). Eine Metaanalyse von 25 randomisierten kontrollierten Studien an 16.037 Patienten mit verschiedenen akuten Erkrankungen wie Sepsis, Schlaganfall, Trauma, Herzinfarkt und Herzstillstand zeigte mit hoher Evidenz ein erhöhtes

relatives Risiko der Sterblichkeit im Krankenhaus unter Hyperoxämie (8). Hohe O<sub>2</sub>-Konzentrationen verursachen bei Gesunden direkte Lungentoxizität und Resorptions-Atelektasen (9, 10). Hyperoxämie kann zu fälschlich beruhigenden SpO<sub>2</sub>-Werten führen und die Erkennung der Verschlechterung von Patienten mit Hypoxämie verzögern. (11, 12). Bei COPD Patienten war eine prästationäre Hyperoxämie mit erhöhter Krankenhaussterblichkeit verbunden (13). In 21 Studien an 7.597 Patienten verbesserte Hyperoxie intra- und postoperativ die Wundheilung nicht (14).

## **Methoden**

Federführende Fachgesellschaft ist die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP). Die Leitlinie wurde von der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP) im Rahmen des Leitlinienprogramms gefördert.

Bei der Anmeldung der Leitlinie war die Beteiligung folgende Fachgesellschaften vorgesehen: Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM), Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (DGCH), Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin (DGIIN), Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI), Deutsche Gesellschaft für Neurointensiv- und Notfallmedizin (DGNI), Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI), Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (DGK), Deutsche Gesellschaft für Pflegewissenschaften (DGP), Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM). Aufgrund mangelnder Ressourcen hat die DEGAM keinen Mandatsträger entsandt, alle anderen Fachgesellschaften waren durch Mandatsträger vertreten. Beratend war der Deutsche Berufsverband Rettungsdienst (DBRD) e.V. eingebunden und als Patientenvertreter Wolfgang Veit, vom Bundesverband der Organtransplantierten (BDO e.V.) beteiligt und nahmen an den Konsensus-Konferenzen teil.

Die Leitlinien Entwicklung wurde methodisch begleitet von Monika Nothacker, MPH (AWMF), Berlin, die Evidenzaufarbeitung erfolgte durch Susanne Unverzagt, Abteilung Allgemeinmedizin, Universitätsklinikum Leipzig.

Die Leitlinie soll für die Behandlung mit Sauerstoff von akut kranken Erwachsenen im stationären und präklinischen Bereich gelten. Diese Leitlinie soll auch Empfehlungen für kritisch kranke Patienten, z. B. solche auf Intensivstationen inklusive Patienten an invasiver Beatmung und extrakorporalen Verfahren) einschließen. Ebenso sollen Empfehlungen zur Sauerstoffbehandlung bei Eingriffen mit dem Ziel der erhaltenen Spontanatmung z. B. in der Endoskopie enthalten sein. Ausgeschlossen im Geltungsbereich dieser Leitlinie sind die Anwendung von Sauerstoff in der Tauch- und Höhenmedizin, die Langzeit-Sauerstofftherapie im häuslichen Bereich und die Gabe von Sauerstoff im Rahmen der Allgemeinanästhesie und in der Veterinärmedizin.

Die Leitliniengruppe legte bei ihrer konstitutionellen Sitzung 10 Schlüsselfragen für die Literaturrecherche fest.

Im vorliegenden Dokument handelt es sich um die Kurzversion der Leitlinie mit den wichtigsten 28 Empfehlungen. Eine ausführliche Langversion ist veröffentlicht (15). Unter <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/020-021.html> sind Interessenkonflikte, Evidenzberichte und Leitlinienberichte abrufbar.

Das methodische Vorgehen richtete sich nach dem AWMF-Regelwerk (<http://www.awmf-leitlinien.de>). Das Schema der Evidenzgraduierung erfolgte nach dem System des Oxford Centre for Evidence-based Medicine (CeBM) in der Version von 2011. Die Formulierung von Empfehlungen Die Formulierung von Empfehlungen erfolgten in 3 Graden: Empfehlung Grad A (starke Empfehlungen (soll/soll nicht), Empfehlung Grad B (Empfehlung) sollte/sollte nicht, Empfehlung Grad 0 (offene Empfehlung) kann/kann verzichtet werden

Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) wurde verwendet, um die Qualität der Evidenz in Leitlinien einzuschätzen Sterblichkeit und Lebensqualität wurden a priori als kritisch Endpunkte von der Leitlinie Gruppe konsentiert

Empfehlungen wurden im Expertenkonsens formuliert, wenn die systematische Recherche keine geeigneten Studien erbrachte Bei der Bewertung der Interessenkonflikte wurden bei keinem Leitliniengruppenmitglied geringe, bei dreien moderate und kein hoher Interessenkonflikt festgestellt. Moderate Interessenkonflikte hatten eine Enthaltung bei der Abstimmung themenbezogene Empfehlungen zur Folge.

Die Bezeichnung der Empfehlungen in der Kurzversion setzt sich aus der Arbeitsgruppe als erste Ziffer und der Reihenfolge der erarbeiteten Empfehlung der Arbeitsgruppe als 2. Ziffer zusammen. Die Bezeichnung ist mit der Liste der Empfehlungen der Vollversion auf Seite 20 identisch.

## Empfehlungen

### Diagnostik

<b>Empfehlung 1.1 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungsgrad / GRADE</b>	
Die zugrundeliegenden Ursachen einer Hypoxämie sollen festgestellt und behandelt werden. Sauerstoff soll verabreicht werden, um eine Hypoxämie und nicht um Atemnot zu behandeln.	<b>A</b>	
	hohe Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊕	Lebens-qualität
Uronis 2007 (16), Uronis 2011 (17), Cranston 2008 (18)		

<b>Empfehlung 2.2 (100 % Zustimmung)</b>	
Bei der Einschätzung von Patienten mit Atemnot sollen neben der Sauerstoffsättigung auch Atemfrequenz, Pulsfrequenz, Blutdruck, Temperatur und Bewusstseinslage bestimmt werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

Empfehlung 2.1 (100 % Zustimmung)	Empfehlungsgrad / GRADE							
<p>Die Pulsoximetrie soll in allen klinischen Situationen verfügbar sein, in denen Sauerstoff medizinisch verwendet wird und zur Überwachung der Sauerstofftherapie regelmäßig eingesetzt werden.</p> <p>Pedersen 2014(19)</p>	<p><b>A</b></p> <table border="1" data-bbox="1043 344 1455 642"> <tr> <td data-bbox="1043 344 1214 427">niedrige Evidenzqualität ⊕⊕⊖⊖</td> <td data-bbox="1214 344 1455 427">Sterblichkeit</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1043 427 1214 510">moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</td> <td data-bbox="1214 427 1455 510">Hypoxämien</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1043 510 1214 642">moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</td> <td data-bbox="1214 510 1455 642">kardio-vaskuläre Ereignisse</td> </tr> </table>		niedrige Evidenzqualität ⊕⊕⊖⊖	Sterblichkeit	moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	Hypoxämien	moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	kardio-vaskuläre Ereignisse
niedrige Evidenzqualität ⊕⊕⊖⊖	Sterblichkeit							
moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	Hypoxämien							
moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	kardio-vaskuläre Ereignisse							

Empfehlung 6.2 (92 % Zustimmung)	
<p>Blutgasanalysen zur Überwachung einer Sauerstofftherapie sollten unter stationären Bedingungen bei den folgenden Patientengruppen durchgeführt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kritisch kranken Patienten, z. B. im Schock oder mit metabolischen Störungen</li> <li>▪ beatmeten Patienten</li> <li>▪ Patienten mit schwerer Hypoxämie (über 6 L O<sub>2</sub>/min, bzw. FiO<sub>2</sub> über 0,4)</li> <li>▪ Patienten mit Hyperkapnie-Risiko (z. B. COPD, schweres Asthma, Adipositas mit BMI &gt; 40 kg/m<sup>2</sup>)</li> <li>▪ Patienten ohne zuverlässiges Pulsoximetrie-Signal</li> </ul> <p>Für stabile Patienten außerhalb der genannten Indikationen sollte keine routinemäßige Bestimmung der Blutgase erfolgen.</p> <p>Expertenmeinung</p>	<p style="text-align: center;">Expertenkonsens</p>

Empfehlung 2.3 (100 % Zustimmung)	Empfehlungs-grad / GRADE					
<p>Blutgasanalysen aus arterialisiertem Kapillarblut am Ohr läppchen können im stationären Bereich zur Patienteneinschätzung außerhalb der Intensivstationen eingesetzt werden.</p> <p>Zavorsky 2007 (20), Magnet 2017 (21), Ekkernkamp 2015 (22)</p>	<p><b>0</b></p> <table border="1" data-bbox="1075 1671 1455 1955"> <tr> <td data-bbox="1075 1671 1214 1787">niedrige Evidenzqualität ⊕⊕⊖⊖</td> <td data-bbox="1214 1671 1455 1787">Hypoxämie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1075 1787 1214 1955">sehr niedrige Evidenzqualität ⊕⊖⊖⊖</td> <td data-bbox="1214 1787 1455 1955">Lebensqualität</td> </tr> </table>		niedrige Evidenzqualität ⊕⊕⊖⊖	Hypoxämie	sehr niedrige Evidenzqualität ⊕⊖⊖⊖	Lebensqualität
niedrige Evidenzqualität ⊕⊕⊖⊖	Hypoxämie					
sehr niedrige Evidenzqualität ⊕⊖⊖⊖	Lebensqualität					

<b>Empfehlung 2.4 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
<p>Venöse Blutgasanalyse sollen für die Überwachung der Sauerstofftherapie nicht verwendet werden. Venöse Blutgasanalysen können lediglich bei einem <math>p\text{vCO}_2 &lt; 45</math> mmHg eine Hyperkapnie ausschließen.</p> <p>Lim 2010 (23), Byrne 2014 (24), Bingheng 2019 (25), Bloom 2014 (26)</p>	<p><b>A</b></p> <p>moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</p>	<p>Hypoxämie</p>

### Sauerstoffquellen und -systeme

Sauerstoffzufuhrsysteme bestehen aus zwei Komponenten, zum einen die Bereitstellung von Sauerstoff (z. B. in Flaschen) und zum zweiten Hilfsmittel zur Abgabe an den Patienten (z. B. Brille oder Maske s. Tabelle 1). Die Auswahl beider Komponenten richtet sich nach den klinischen Gegebenheiten und den Bedürfnissen des Patienten.



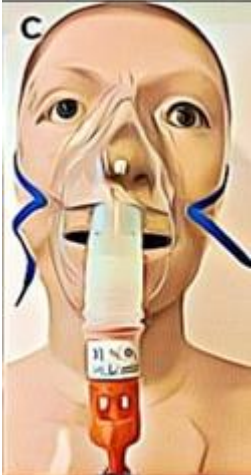
<b>Empfehlung 3.2 (100 % Zustimmung)</b>	
<p>Sauerstoff soll nicht oder nur kurzzeitig (Richtwert unter 10 min, wenn keine Druckluft vorhanden ist) für eine Vernebelung z. B. von Medikamenten bei Patienten mit Hyperkapnierisiko verwendet werden.</p> <p>Expertenmeinung</p>	<p>Experten konsens</p>




<b>Empfehlung 3.3 (100 % Zustimmung)</b>	
<p>Sauerstoff soll von geschultem Personal auf dem Gebiet der Sauerstofftherapie, angewendet, überwacht und gesteuert werden. Patienten sollen über die Sauerstofftherapie informiert werden.</p> <p>Expertenmeinung</p>	<p>Expertenkonsens</p>



<b>Empfehlung 3.1 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
<p>Nasenbrillen sollten bei niedrigen O<sub>2</sub>-Flussraten (d.h. &lt; 6 L/min) primär verwendet werden, alternativ Venturi-Masken mit niedriger Sauerstoffabgabe.</p> <p>Costello RW 1995 (27); Nolan KM 1993 (28), Eastwood GM 2008 (29), Stausholm 1995 (30), Ayhan 2009 (31)</p>	<b>B</b>	
	<p>moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖</p>	<p>Lebensqualität/ unerwünschte Arzneimittel-wirkungen</p>

Tabelle 1: Vor- und Nachteile verschiedener Sauerstoffapplikationssysteme

	Abbildung	Vorteile	Nachteile
Nasenbrillen ( $F_{iO_2}$ 0,26 -0,54)		hoher Patientenkomfort geringe Kosten keine Beeinträchtigung Essen & Trinken	$F_{iO_2}$ begrenzt, $F_{iO_2}$ abhängig von Mundöffnung und Atemfrequenz
Nasensonden ( $F_{iO_2}$ ,2 -0,4)		belegen nur ein Nasennostrium geringe Kosten	Schleimhautirritation
einfache Gesichtsmasken ( $F_{iO_2}$ 0,35 -0,60)	ohne Abbildung	$F_{iO_2}$ unabhängig von Mundöffnung geringe Kosten	niedriger Patientenkomfort Hyperkapnierisiko bei Fluss < 5 L /min Beeinträchtigung Essen & Trinken
Venturi-Masken ( $F_{iO_2}$ 0,24 -0,60)		geringeres Risiko von Hyperoxie und Hyperkapnie geringe Aerosolbildung	Niedriger Patientenkomfort Erfahrung beim Personal notwendig Beeinträchtigung Essen & Trinken

<p>Reservoir-masken (<math>F_{iO_2}</math> 0,6 -0,9)</p>		<p>hoher <math>F_{iO_2}</math> geeignet für Notfallsituation</p>	<p>niedriger Patientenkomfort Hyperkapnierisiko bei Fluss &lt; 5 L/min Beeinträchtigung Essen &amp; Trinken</p>
<p>High-Flow Kanülen (<math>F_{iO_2}</math> 0,3 -1,0)</p>		<p>hoher <math>F_{iO_2}</math> gute <math>F_{iO_2}</math> Kontrolle hoher Patientenkomfort bei guter Anpassung und Befeuchtung akzeptable Aerosolbildung, moderater PEEP <math>CO_2</math> Auswaschung im Totraum</p>	<p>höherer Personalaufwand und Kosten Erfahrung beim Personal notwendig</p>
<p>Beatmungsmasken (<math>F_{iO_2}</math> 0.25 -1,0)</p>		<p>hoher <math>F_{iO_2}</math> geringe Aerosolbildung (2- Schlauch, bzw. Filter)</p>	<p>niedriger Patientenkomfort (u.a. Druckstellen, Klaustrophobie) höherer Personalaufwand und Kosten</p>

CPAP - kontinuierlich positiver Atemwegsdruck, NIV – Nichtinvasive Beatmung,  $F_{iO_2}$  - inspiratorische Sauerstoffkonzentration, PEEP – positiver endexpiratorischer Druck, Abbildungen: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/020-021.html>

<b>Empfehlung 3.4 (100 % Zustimmung)</b>	
Sauerstoff soll für jeden stationären Patienten unter Angabe eines Zielbereiches der Sauerstoffsättigung ärztlich verordnet werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

Ein Vorschlag der Leitliniengruppe zur Verordnung findet sich in Abbildung 1.

Abbildung 1: Musterverordnung für Sauerstoff

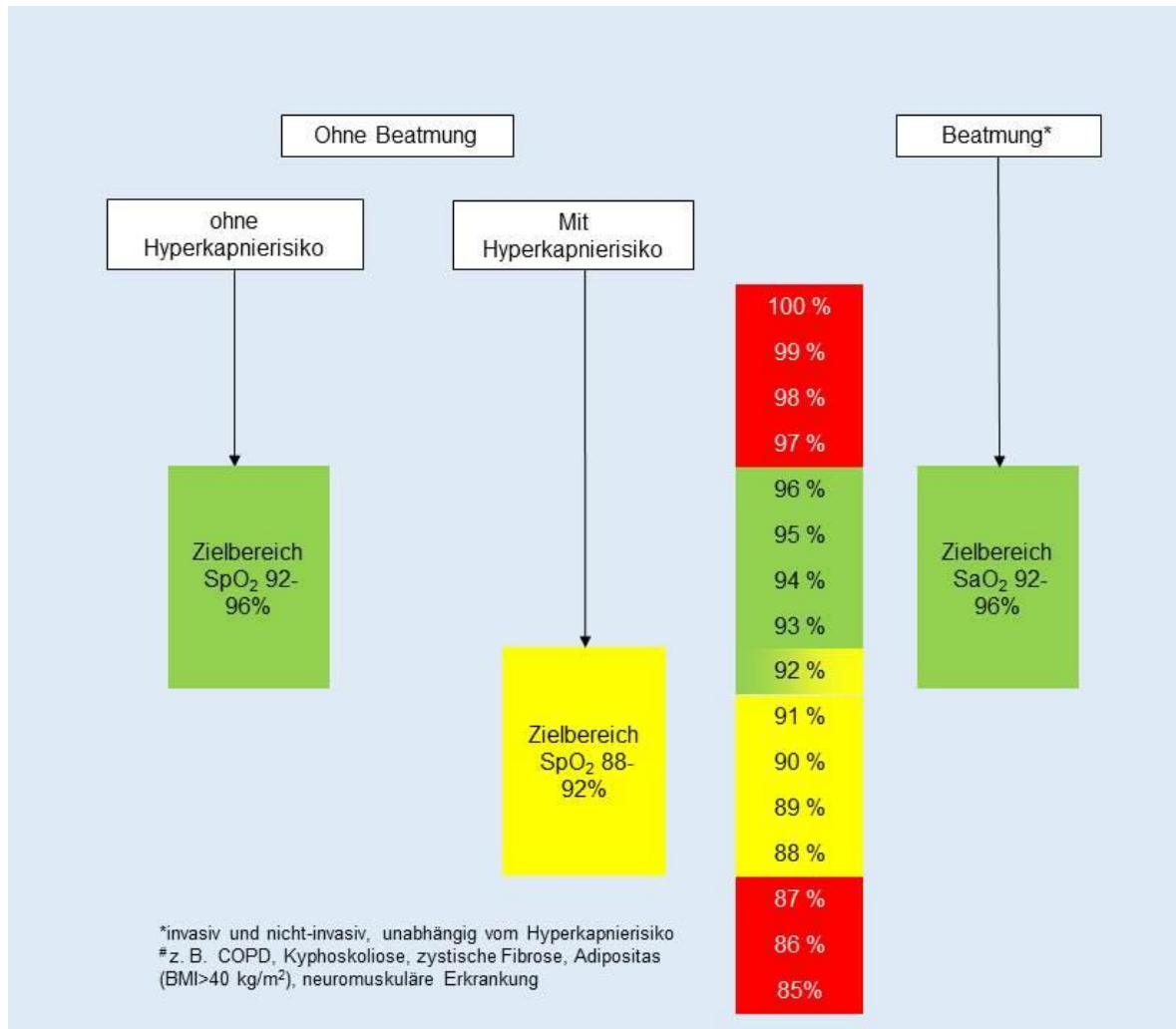
<b>Sauerstoff (O<sub>2</sub>) – Verordnung</b>		
<b>Zielsättigungsbereich (SpO<sub>2</sub>)</b> <input type="checkbox"/> 88-92 % <input type="checkbox"/> 92-96 % <input type="checkbox"/> _____	<b>Sauerstoffanwendung</b> <input type="checkbox"/> Nasensonde (NS) <input type="checkbox"/> Nasenbrille (N) <input type="checkbox"/> Maske (M, ab 5 L/min) <input type="checkbox"/> Venturi-Maske (VM, Mindestfluss beachten) <input type="checkbox"/> blau / 24 % <input type="checkbox"/> weiß / 28 % <input type="checkbox"/> orange / 31 % <input type="checkbox"/> gelb / 35 % <input type="checkbox"/> rot / 40 % <input type="checkbox"/> rosa / 50 % <input type="checkbox"/> grün / 60 % <input type="checkbox"/> Reservoirmaske (RM, ab 5 L/min) <input type="checkbox"/> High-Flow (HFNC, FiO <sub>2</sub> % und L/min angeben) <input type="checkbox"/> _____	<b>Sauerstoffdosis</b> Startdosis _____ L/min maximal _____ L/min* Startdosis _____ % maximal _____ %*  *Reevaluation bei persistierendem SpO <sub>2</sub> unterhalb des Zielsättigungsbereichs bei Anwendung der maximal verordneten Sauerstoffdosis
Datum:		
Unterschrift		

### Anwendung von Sauerstoff und Zielbereiche der O<sub>2</sub>-Sättigung

Zur Festlegung von Zielbereiche ist von Bedeutung, wann Hypoxämie und Hyperoxämie für akut Erkrankte wahrscheinlich gefährdend sind und in welchem Bereich die Sauerstofftherapie nicht schädlich und damit sicher ist. Dabei spielt eine Rolle, ob der Patient beatmet ist und ob er ein Hyperkapnierisiko hat oder nicht. Für diese 3 Patientengruppen sollen die in Abbildung 2 genannten Zielbereiche der Sauerstofftherapie gelten. Ausnahmen einer Sauerstofftherapie ohne Zielbereich der Sauerstoffsättigung sind Cluster-Kopfschmerz,

Kohlenmonoxid-Intoxikation, sowie kritisch kranke Patienten, bei denen keine Pulsoximetrie abgeleitet werden kann.

Abbildung 2: Zielbereiche der Sauerstofftherapie der verschiedenen Patientengruppen



BMI-Body-Mass-Index, SpO<sub>2</sub> - pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung, SaO<sub>2</sub> - arterielle Sauerstoffsättigung, <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/020-021.html>

Empfehlung 4.1 (100 % Zustimmung)	Empfehlungs-grad / GRADE				
Der Zielbereich der akuten Sauerstofftherapie für nicht beatmete Patienten ohne Hyperkapnierisiko soll bei einer pulsoxymetrischen Sättigung zwischen 92 % und 96 % liegen.	<b>A</b>				
Siemieniuk 2018 (32), Chu 2018 (8, 14), Wetterslev 2015(14)	<table border="1"> <tr> <td>moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</td> <td>Sterblichkeit</td> </tr> <tr> <td>moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</td> <td>funktionelles Ergebnis</td> </tr> </table>	moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	Sterblichkeit	moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	funktionelles Ergebnis
moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	Sterblichkeit				
moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖	funktionelles Ergebnis				

Empfehlung 4.3 (100 % Zustimmung)	Empfehlungs-grad / GRADE
	<b>A</b>

<p>Eine Sauerstofftherapie für akut kranke, nicht beatmete Patienten mit Hyperkapnierisiko (z. B. COPD) soll mit einer pulsoximetrischen Ziel-Sättigung von 88 % - 92 % erfolgen. Eine Sauerstofftherapie soll in dieser Situation bei einer Sättigung von über 92 % nicht durchgeführt bzw. reduziert werden und erst bei unter 88 % begonnen werden.</p> <p>Austin 2010 (13), Kopsaftis 2020 (33)</p>	<p>moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖</p> <p>niedrige Evidenz-qualität ⊕⊕⊖⊖</p>	<p>Sterblich-keit</p> <p>Intubation</p>
---	---	---

<b>Empfehlung 4.2 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>					
<p>Bei beatmeten Patienten soll eine arterielle Sauerstoffsättigung von 92 % bis 96 % angestrebt werden. Neben arteriellen Blutgasmessungen soll bei akzeptabler Übereinstimmung (Abweichung bis 2 %) und im präklinischen Bereich die pulsoximetrische Messung der Sauerstoffsättigung zur Steuerung der Sauerstoffzufuhr verwendet werden.</p> <p>Girardis 2016 (34); Panwar 2016 (35), Asfar 2016 (36), Barrot 2020 (37), Barbateskovic 2019, ICU-ROX (38)</p>	<p><b>A</b></p> <table border="1" data-bbox="1125 705 1442 963"> <tr> <td data-bbox="1125 705 1252 840"> <p>moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖</p> </td> <td data-bbox="1252 705 1442 840"> <p>Sterblichkeit</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1125 840 1252 963"> <p>niedrige Evidenz-qualität ⊕⊕⊖⊖</p> </td> <td data-bbox="1252 840 1442 963"> <p>uner-wünschte Ereignisse</p> </td> </tr> </table>		<p>moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖</p>	<p>Sterblichkeit</p>	<p>niedrige Evidenz-qualität ⊕⊕⊖⊖</p>	<p>uner-wünschte Ereignisse</p>
<p>moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖</p>	<p>Sterblichkeit</p>					
<p>niedrige Evidenz-qualität ⊕⊕⊖⊖</p>	<p>uner-wünschte Ereignisse</p>					

In den 6 randomisierten Studien (s. Tabelle 2) wurde für überwiegend invasiv beatmete Patienten auf Intensivstationen die liberale gegen eine konservative Sauerstofftherapie verglichen. Die Zielbereiche der Sauerstoffsättigung waren in den Studien nicht einheitlich und die eingeschlossenen Patientenkollektive waren heterogen.

Tabelle 2: Randomisiert kontrollierte Studien verschiedener Sauerstoff Zielbereiche bei Intensivpatienten

Studie, Jahr	n	medianes Alter, Jahre	Anteil invasive Beatmung	maximale Interventionsdauer	pO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> , mmHg	Ziel liberal	Ziel konservativ	Sterblichkeit liberal vs. Konservativ
CLOSE, 2016(35)	103	62	100 %	7 Tage	248	S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> ≥ 96 %	S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> 88-92 %	90 Tage: 37 vs. 40 % <sup>+</sup>
OXYGEN-ICU, 2016(34)	434	64	67 %	n.a.	n.a.	minimaler FiO <sub>2</sub> 0.4, pO <sub>2</sub> ≤ 150 mmHg	pO <sub>2</sub> 71-99 mmHg	ICU: 11.6 vs. 20.2 %
HYPER2S, 2017(36)	442	68	100 %	24 Std.	224	FiO <sub>2</sub> 1.0	S <sub>a</sub> O <sub>2</sub> 88-100 %	28 Tage: 42.8 vs. 35.5 %
ICU-ROX, 2020(38)	965	58	100 %	28 Tage	252	S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> ≥ 91 %	S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> 91-96 %	90 Tage 32.5 vs. 34.7 % <sup>+</sup>
LOCO <sub>2</sub> , 2020(37)	205	63	100 %	7 Tage (am Beatmungsgerät)	118	pO <sub>2</sub> 90-105 mmHg	pO <sub>2</sub> 55-70 mmHg	28 Tage: 26.5 vs. 34.3 %
HOT-ICU, 2021(39)	2.928	70	58 %	90 Tage	125	pO <sub>2</sub> 82,5-97,5	pO <sub>2</sub> 52,5-67,5 mmHg	90 Tage: 42.9 vs. 42.4 %

<sup>+</sup> Sterblichkeit nicht primär Endpunkt, <sup>\*\*</sup> extrapoliert, S<sub>p</sub>O<sub>2</sub> - pulsoximetrische Sauerstoffsättigung, S<sub>a</sub>O<sub>2</sub> - arterielle Sauerstoffsättigung, pO<sub>2</sub> - Sauerstoffpartialdruck, FiO<sub>2</sub> - inspiratorische Sauerstoffkonzentrationen, ICU - Intensivstation, n.v. - nicht verfügbar

<b>Empfehlung 4.7 (100 % Zustimmung)</b>	
<p>Patienten, die trotz Flussraten von mehr als 6 Litern Sauerstoff / min eine SpO<sub>2</sub> von 92 % nicht erreichen, sollen unverzüglich durch einen erfahrenen Arzt in der Diagnostik und Behandlung von Patienten mit akutem Atemversagen oder kritisch-kranker Patienten eingeschätzt werden</p> <p>Expertenmeinung</p>	<p>Expertenkonsens</p>

<b>Empfehlung 4.9 (93 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
<p>Eine nichtinvasive Beatmung soll primär bei Patienten mit hyperkapnischem Atemversagen mit konsekutiver Hypoxämie, besonders bei COPD mit Exazerbation und kardialem Lungenödem eingesetzt werden, bei denen der pH-Wert &lt; 7,35 beträgt. Bei hypoxämischen und moderat hyperkapnischen Patienten kann HFNC alternativ eingesetzt werden.</p> <p>Barbenetz 2019(40), Osadnik 2017(41)</p>	<b>A</b>	Sterblichkeit
		<p>moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</p> <p>moderate Evidenzqualität ⊕⊕⊕⊖</p>

### Sauerstofftherapie bei besonderen Patientengruppen

Nach Expertenmeinung ergeben sich keine anderen Zielbereiche der Sauerstofftherapie für Patienten mit akutem Koronarsyndrom. In zwei Cochrane Metaanalysen ergab sich keine Evidenz für die routinemäßige Sauerstoffgabe beim akuten Myokardinfarkt, unerwünschte Effekte waren nicht ausgeschlossen (42, 43).

Auch bei Patienten mit neurologischen Erkrankungen ergeben sich keine anderen Zielbereiche der Sauerstofftherapie. Insbesondere eine Hyperoxämie sollte bei diesen Patienten vermieden werden.

Die Behandlung von Schwangeren inkl. solchen mit Asthma sollte deshalb nach Ansicht der Autoren auf den Sauerstoffzielwerten basieren, von denen angenommen wird, dass sie bei anderen erwachsenen Patientengruppen angemessen sind.

<b>Empfehlung 5.3 (100 % Zustimmung)</b>	
<p>Bei einer Kohlenmonoxidvergiftung soll unabhängig von der Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>) eine 100 % Sauerstoffgabe oder Beatmung mit 100 % O<sub>2</sub> unverzüglich und für die Dauer von bis zu 6 Stunden erfolgen. Bei schwerer Kohlenmonoxidvergiftung (z. B. mit anhaltender Bewusstseinsstörung) kann eine hyperbare Sauerstofftherapie durchgeführt werden.</p> <p>Expertenmeinung</p>	Expertenkonsens



<b>Empfehlung 5.1 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
<p>Während der kardiopulmonalen Wiederbelebung soll der höchstmögliche Sauerstofffluss verwendet werden. Bei Wiedereintritt der spontanen Zirkulation und wenn die Sauerstoffsättigung zuverlässig überwacht werden kann, sollte ein Zielsättigungsbereich von 92 bis 96 % angestrebt werden.</p> <p>Holmberg 2020 (44), Wang 2014 (45)</p>	<b>B</b>	
	niedrig Evidenz-qualität ⊕⊕⊖⊖	Sterblichkeit  funktionelles Ergebnis
	niedrige Evidenz-qualität ⊕⊕⊖⊖	

<b>Empfehlung 5.5 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
<p>Die Sauerstoffbehandlung von erwachsenen Patienten mit infektiösen Erkrankungen, die durch Aerosole übertragbar sind (z. B. SARS-CoV 2), soll nach den gleichen Prinzipien und Zielbereichen wie bei anderen Patienten mit Hypoxämie erfolgen.</p> <p>Alhazzani 2020(46)</p>	<b>A</b>	
	moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖	Sterblichkeit

<b>Empfehlung 5.4 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
<p>Bei Patienten mit Cluster-Kopfschmerz soll Sauerstoff mit einer Flussrate von mindestens 12 L/ min über mindestens 15 Minuten über eine Reservoirmaske verabreicht werden.</p> <p>Cohen 2009 (47), Bennett 2015 (48)</p>	<b>A</b>	
	hohe Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊕	funktionelles Ergebnis

<b>Empfehlung 4.12 (93 % Zustimmung)</b>	
Bei allen Verfahren mit Sedierung mit dem Ziel der erhaltenen Spontanatmung soll vor und während des Eingriffs und in der Aufwachphase die Sauerstoffsättigung kontinuierlich pulsoximetrisch überwacht werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

<b>Empfehlung 4.13 (100 % Zustimmung)</b>	
Bei allen Verfahren mit Sedierung und dem Ziel der erhaltenen Spontanatmung sollte bei Auftreten einer Hypoxämie ( $SpO_2 < 92\%$ bzw. $88\%$ bei Risiko eines hyperkapnischen Atemversagens) das Vorliegen einer Hypoventilation geprüft werden und Sauerstoff als Bestandteil eines multimodalen Konzepts verabreicht werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

### High-Flow Sauerstoff

<b>Empfehlung 5.6 (100 % Zustimmung)</b>	
Bei stationäre Patienten mit einem akuten hypoxischen Lungenversagen ohne Hyperkapnie sollte bei $6\text{ L O}_2/\text{min}$ über Nasenbrille/Maske und einer Sauerstoffsättigung von $< 92\%$ eine Sauerstofftherapie über High-Flow Sauerstoff eingeleitet werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

<b>Empfehlung 5.7 (100 % Zustimmung)</b>	
Patienten unter High-Flow Sauerstoff Therapie sollten engmaschig reevaluiert werden und Abbruchkriterien der HFNC festgelegt werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

## Befeuchtung von Sauerstoff

<b>Empfehlung 6.6 (100 % Zustimmung)</b>	<b>Empfehlungs-grad / GRADE</b>	
Bei der Verabreichung von Sauerstoff mit geringem Durchfluss (Maske oder Nasenkanülen) oder kurzfristiger Verabreichung von Sauerstoff mit hohem Durchfluss soll keine Befeuchtung verwendet werden.	<b>A</b>	
	moderate Evidenz-qualität ⊕⊕⊕⊖	Lebensqualität
Wen 2017(49), Poiroux 2018(50)		

## Überwachung und Dokumentation der Sauerstofftherapie

<b>Empfehlung 6.4 (100 % Zustimmung)</b>	Experten konsens
Patienten sollten nach Beginn, Veränderung oder Beendigung der Sauerstofftherapie klinisch und pulsoximetrisch für mindestens 5 Minuten kontinuierlich überwacht werden.	
Expertenmeinung	

Eine schriftliche Dokumentation der Sauerstofftherapie soll Standard sein (Muster Abbildung 3). Unter Sauerstofftherapie ist in vorgegebenen Intervallen die vollständige Erhebung und Dokumentation der Vitalzeichen erforderlich).

Abbildung 3: Musterdokumentation einer Sauerstofftherapie

Datum	07.1.2020	07.1.2020	07.1.2020	07.1.2020
Uhrzeit	8:05	11:45	16:32	23:15
O <sub>2</sub> , L/min / FiO <sub>2</sub>	1	-	28%	6
O <sub>2</sub> - Art	N		VM	RM
SpO <sub>2</sub> , %	92	88	91	92
Atemfrequenz,/min	22	28	30	28
Bewusstsein	A	A	A	C

N - Nasenbrille, VM - Venturimaske, RM- Reservoirmaske, A - (Alert) Aufmerksam, C - (Confusion) Bewusstseinsstörung  
<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/020-021.html>

## Beendigung der Sauerstofftherapie

<b>Empfehlung 7.1 (100 % Zustimmung)</b>	Expertenkonsens
--	-----------------

Die Sauerstoffzufuhr sollte verringert werden, wenn ein Patient klinisch stabil ist und die Sauerstoffsättigung über dem Zielbereich liegt oder wenn er sich über mehrere Stunden im Zielbereich befindet.	
Expertenmeinung	

<b>Empfehlung 7.2 (100 % Zustimmung)</b>	
Bei Patienten ohne Hyperkapnierisiko, die klinisch stabil sind und unter 2 L O <sub>2</sub> /min mit der Sauerstoffsättigung über mehrere Stunden im Zielbereich liegen, sollte die Sauerstofftherapie beendet werden. Bei Patienten, bei denen das Risiko eines hyperkapnischen Atemversagens besteht, sollte als niedrigste Menge vor Beendigung 1 L / min (ggf. auch 0,5 L / min) gewählt werden.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

<b>Empfehlung 7.5 (100 % Zustimmung)</b>	
Wenn eine Sauerstofftherapie nicht beendet werden kann, sollte die Sauerstofftherapie auch nach Entlassung aus dem Krankenhaus fortgesetzt werden. Eine Reevaluation dieser Patienten sollte wenige Wochen nach Beginn der Sauerstofftherapie erfolgen, um zu prüfen, ob die Indikation für eine Langzeit-Sauerstofftherapie besteht.	Expertenkonsens
Expertenmeinung	

### **Verzeichnis von Abbildungen und Tabellen**

Abbildung 1 Musterverordnung für Sauerstoff

Abbildung 2: Zielbereiche der Sauerstofftherapie der verschiedenen Patientengruppen

Abbildung 3: Musterdokumentation einer Sauerstofftherapie

Tabelle 1: Vor- und Nachteile verschiedener Sauerstoffapplikationssysteme

Tabelle 2: Randomisiert kontrollierte Studien verschiedener Sauerstoff Zielbereiche bei Intensivpatienten

### **Danksagung:**

Bernd Schönhofer, Hannover; Terence Krauß, Hannover; Björn Jüttner, Hannover; Michael Westhoff, Hemer; Peter Haidl, Schmalleberg; Carsten Hermes, Bonn; Guido Michels,

Eschweiler; Jan-Christopher Kamp, Hannover; Susanne Hoyer, Hannover; Christina Valtin, Hannover.

## **Literaturverzeichnis**

1. Smith GB, Prytherch DR, Watson D, Forde V, Windsor A, Schmidt PE, et al. S(p)O<sub>2</sub> values in acute medical admissions breathing air--implications for the British Thoracic Society guideline for emergency oxygen use in adult patients? *Resuscitation*. 2012;83(10):1201-5.
2. Ebmeier SJ, Barker M, Bacon M, Beasley RC, Bellomo R, Knee Chong C, et al. A two centre observational study of simultaneous pulse oximetry and arterial oxygen saturation recordings in intensive care unit patients. *Anaesth Intensive Care*. 2018;46(3):297-303.
3. Bleyer AJ, Vidya S, Russell GB, Jones CM, Sujata L, Daeihagh P, et al. Longitudinal analysis of one million vital signs in patients in an academic medical center. *Resuscitation*. 2011;82(11):1387-92.
4. Goodacre S, Turner J, Nicholl J. Prediction of mortality among emergency medical admissions. *Emerg Med J*. 2006;23(5):372-5.
5. Wyss-Dunant E. [Acclimatization shock; studies in the Himalaya mountains]. *Minerva Med*. 1955;46(21):675-85.
6. van der Post J, Noordzij LA, de Kam ML, Blauw GJ, Cohen AF, van Gerven JM. Evaluation of tests of central nervous system performance after hypoxemia for a model for cognitive impairment. *J Psychopharmacol*. 2002;16(4):337-43.
7. Hafner S, Beloncle F, Koch A, Radermacher P, Asfar P. Hyperoxia in intensive care, emergency, and peri-operative medicine: Dr. Jekyll or Mr. Hyde? A 2015 update. *Ann Intensive Care*. 2015;5(1):42.
8. Chu DK, Kim LHY, Young PJ, Zamiri N, Almenawer SA, Jaeschke R, et al. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 2018;391(10131):1693-705.
9. Edmark L, Kostova-Aherdan K, Enlund M, Hedenstierna G. Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia. *Anesthesiology*. 2003;98(1):28-33.
10. Sackner MA, Landa J, Hirsch J, Zapata A. Pulmonary effects of oxygen breathing. A 6-hour study in normal men. *Ann Intern Med*. 1975;82(1):40-3.
11. Downs JB, Smith RA. Increased inspired oxygen concentration may delay diagnosis and treatment of significant deterioration in pulmonary function. *Crit Care Med*. 1999;27(12):2844-6.
12. Beasley R, Aldington S, Robinson G. Is it time to change the approach to oxygen therapy in the breathless patient? *Thorax*. 2007;62(10):840-1.
13. Austin MA, Wills KE, Blizzard L, Walters EH, Wood-Baker R. Effect of high flow oxygen on mortality in chronic obstructive pulmonary disease patients in prehospital setting: randomised controlled trial. *BMJ*. 2010;341:c5462.
14. Wetterslev J, Meyhoff CS, Jorgensen LN, Gluud C, Lindschou J, Rasmussen LS. The effects of high perioperative inspiratory oxygen fraction for adult surgical patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015(6):CD008884.
15. Gottlieb J, Capetian P, Hamsen U, Janssens U, Karagiannidis C, Kluge S, König M, Nothacker M, Roiter S, Veit W, Volk T, Worth H, Fühner T. German S3 Guideline - Oxygen Therapy in the Acute Care of Adult Patients. *Pneumologie*. 2021;75:1-59.
16. Uronis HE, Currow DC, McCrory DC, Samsa GP, Abernethy AP. Oxygen for relief of dyspnoea in mildly- or non-hypoxaemic patients with cancer: a systematic review and meta-analysis. *Br J Cancer*. 2008;98(2):294-9.
17. Uronis H, McCrory DC, Samsa G, Currow D, Abernethy A. Symptomatic oxygen for non-hypoxaemic chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011(6):CD006429.
18. Cranston JM, Crockett A, Currow D. Oxygen therapy for dyspnoea in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008(3):CD004769.
19. Pedersen T, Nicholson A, Hovhannisyann K, Moller AM, Smith AF, Lewis SR. Pulse oximetry for perioperative monitoring. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014(3):CD002013.
20. Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. *Respir Physiol Neurobiol*. 2007;155(3):268-79.
21. Magnet FS, Majorski DS, Callegari J, Schwarz SB, Schmoor C, Windisch W, et al. Capillary PO<sub>2</sub> does not adequately reflect arterial PO<sub>2</sub> in hypoxemic COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2017;12:2647-53.
22. Ekkernkamp E, Welte L, Schmoor C, Huttmann SE, Dreher M, Windisch W, et al. Spot check analysis of gas exchange: invasive versus noninvasive methods. *Respiration*. 2015;89(4):294-303.
23. Lim BL, Kelly AM. A meta-analysis on the utility of peripheral venous blood gas analyses in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease in the emergency department. *Eur J Emerg Med*. 2010;17(5):246-8.

24. Byrne AL, Bennett M, Chatterji R, Symons R, Pace NL, Thomas PS. Peripheral venous and arterial blood gas analysis in adults: are they comparable? A systematic review and meta-analysis. *Respirology*. 2014;19(2):168-75.
25. Bingheng L JC, Yu C , Yijuan Y. Comparison of peripheral venous and arterial blood gas in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD): a metaanalysis. *Notfall Rettungsmed*. 2019;22:620-7.
26. Bloom BM, Grundlingh J, Bestwick JP, Harris T. The role of venous blood gas in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med*. 2014;21(2):81-8.
27. Costello RW, Liston R, McNicholas WT. Compliance at night with low flow oxygen therapy: a comparison of nasal cannulae and Venturi face masks. *Thorax*. 1995;50(4):405-6.
28. Nolan KM, Winyard JA, Goldhill DR. Comparison of nasal cannulae with face mask for oxygen administration to postoperative patients. *Br J Anaesth*. 1993;70(4):440-2.
29. Eastwood GM, O'Connell B, Gardner A, Considine J. Evaluation of nasopharyngeal oxygen, nasal prongs and facemask oxygen therapy devices in adult patients: a randomised crossover trial. *Anaesth Intensive Care*. 2008;36(5):691-4.
30. Stausholm K, Rosenberg-Adamsen S, Skriver M, Kehlet H, Rosenberg J. Comparison of three devices for oxygen administration in the late postoperative period. *Br J Anaesth*. 1995;74(5):607-9.
31. Ayhan H, Iyigun E, Tastan S, Orhan ME, Ozturk E. Comparison of two different oxygen delivery methods in the early postoperative period: randomized trial. *J Adv Nurs*. 2009;65(6):1237-47.
32. Siemieniuk RAC, Chu DK, Kim LH, Guell-Rous MR, Alhazzani W, Soccia PM, et al. Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline. *BMJ*. 2018;363:k4169.
33. Kopsaftis Z, Carson-Chahhoud KV, Austin MA, Wood-Baker R. Oxygen therapy in the pre-hospital setting for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;1:CD005534.
34. Girardis M, Busani S, Damiani E, Donati A, Rinaldi L, Marudi A, et al. Effect of Conservative vs Conventional Oxygen Therapy on Mortality Among Patients in an Intensive Care Unit: The Oxygen-ICU Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2016;316(15):1583-9.
35. Panwar R, Hardie M, Bellomo R, Barrot L, Eastwood GM, Young PJ, et al. Conservative versus Liberal Oxygenation Targets for Mechanically Ventilated Patients. A Pilot Multicenter Randomized Controlled Trial. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016;193(1):43-51.
36. Asfar P, Schortgen F, Boisrame-Helms J, Charpentier J, Guerot E, Megarbane B, et al. Hyperoxia and hypertonic saline in patients with septic shock (HYPER2S): a two-by-two factorial, multicentre, randomised, clinical trial. *Lancet Respir Med*. 2017;5(3):180-90.
37. Barrot L, Asfar P, Mauny F, Winiszewski H, Montini F, Badie J, et al. Liberal or Conservative Oxygen Therapy for Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med*. 2020;382(11):999-1008.
38. Investigators I-R, the A, New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials G, Mackle D, Bellomo R, Bailey M, et al. Conservative Oxygen Therapy during Mechanical Ventilation in the ICU. *N Engl J Med*. 2020;382(11):989-98.
39. Schjorring OL, Klitgaard TL, Perner A, Wetterslev J, Lange T, Siegemund M, et al. Lower or Higher Oxygenation Targets for Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *N Engl J Med*. 2021.
40. Berbenetz N, Wang Y, Brown J, Godfrey C, Ahmad M, Vital FM, et al. Non-invasive positive pressure ventilation (CPAP or bilevel NPPV) for cardiogenic pulmonary oedema. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;4:CD005351.
41. Osadnik CR, Tee VS, Carson-Chahhoud KV, Picot J, Wedzicha JA, Smith BJ. Non-invasive ventilation for the management of acute hypercapnic respiratory failure due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;7:CD004104.
42. Cabello JB, Burls A, Emparanza JI, Bayliss SE, Quinn T. Oxygen therapy for acute myocardial infarction. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;12:CD007160.
43. Burls A, Emparanza JI, Quinn T, Cabello JB. Oxygen use in acute myocardial infarction: an online survey of health professionals' practice and beliefs. *Emerg Med J*. 2010;27(4):283-6.
44. Holmberg MJ, Nicholson T, Nolan JP, Schexnayder S, Reynolds J, Nation K, et al. Oxygenation and ventilation targets after cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2020;152:107-15.
45. Wang CH, Chang WT, Huang CH, Tsai MS, Yu PH, Wang AY, et al. The effect of hyperoxia on survival following adult cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Resuscitation*. 2014;85(9):1142-8.
46. Alhazzani W, Moller MH, Arabi YM, Loeb M, Gong MN, Fan E, et al. Surviving Sepsis Campaign: guidelines on the management of critically ill adults with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Intensive Care Med*. 2020;46(5):854-87.
47. Cohen AS, Burns B, Goadsby PJ. High-flow oxygen for treatment of cluster headache: a randomized trial. *JAMA*. 2009;302(22):2451-7.
48. Bennett MH, French C, Schnabel A, Wasiak J, Kranke P, Weibel S. Normobaric and hyperbaric oxygen therapy for the treatment and prevention of migraine and cluster headache. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015(12):CD005219.
49. Wen Z, Wang W, Zhang H, Wu C, Ding J, Shen M. Is humidified better than non-humidified low-flow oxygen therapy? A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs*. 2017;73(11):2522-33.

50. Poiroux L, Piquilloud L, Seegers V, Le Roy C, Colonval K, Agasse C, et al. Effect on comfort of administering bubble-humidified or dry oxygen: the Oxyrea non-inferiority randomized study. *Ann Intensive Care*. 2018;8(1):126.

**Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online**