



E-Zigaretten und Tabakerhitzer – ein Überblick

Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

dkfz.

DEUTSCHES
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT



Forschen für ein Leben ohne Krebs

E-Zigaretten und Tabakerhitzer – ein Überblick

Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Herausgeber

Deutsches Krebsforschungszentrum
Stabsstelle Krebsprävention
Im Neuenheimer Feld 280
D-69120 Heidelberg

www.dkfz.de
www.tabakkontrolle.de
who-cc@dkfz.de

© Deutsches Krebsforschungszentrum,

Oktober 2020

Autorinnen

Dr. Katrin Schaller
Dipl.-Biol. Sarah Kahnert
PD Dr. Ute Mons

Verantwortlich

Dr. Katrin Schaller
Kommissarische Leiterin der Stabsstelle Krebsprävention im Deutschen Krebsforschungszentrum

Gestaltung, Layout, Satz

Sarah Kahnert

Notabene

Die in dieser Übersichtsarbeit zitierten Studien entstammen im Wesentlichen der englischsprachigen Fachliteratur. Im Englischen werden üblicherweise geschlechtsneutrale Begriffe verwendet (z. B. „smoker“, „e-cigarette user“). Bei der Beschreibung der Ergebnisse – insbesondere von Übersichtsarbeiten – ist eine Unterscheidung beispielsweise nach männlichen und weiblichen Rauchern oder E-Zigarettennutzern daher in vielen Fällen nur schwierig möglich. Deswegen wird im vorliegenden Bericht in der Regel nur die männliche Form benannt. Dies ist lediglich pragmatischen Gründen geizollt und entspricht in keiner Weise der Bevorzugung oder Benachteiligung einer der beiden Geschlechtergruppen.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Gesundheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Kernaussagen.....	V
Handlungsempfehlungen	IX
Einleitung	1
1 Produkte.....	3
2 Prävalenz in Deutschland.....	5
3 Gründe für den Konsum von E-Zigaretten	7
4 Bewertung der Gesundheitsgefährdung durch E-Zigarettenkonsum.....	9
4.1 Inhaltsstoffe des Aerosols und deren mögliche gesundheitliche Auswirkungen.....	9
4.2 Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums.....	19
4.3 Gesundheitliche Veränderungen nach einem Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten.....	29
5 Abhängigkeit	33
6 Belastung Dritter („Passivdampfen“).....	35
7 E-Zigarettenkonsum von Jugendlichen – Zusammenhang mit dem Rauchverhalten	39
8 E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung	47
9 Umweltbelastung und Entsorgung	55
10 E-Zigarettenkonsum und Gesunderhaltung der Bevölkerung (Public Health)	57
11 Regulierung von E-Zigaretten.....	61
12 Tabakerhitzer	73
13 Fazit	81
Literatur.....	83
Annex: Lungenschädigungen, die mit dem Konsum von E-Zigaretten in Zusammenhang stehen (e-cigarette, or vaping, product use-associated lung injury, EVALI)	99
Literatur zum Annex	101

Kernaussagen

Produkte

- Es gibt viele verschiedene Typen von E-Zigaretten, die permanent weiterentwickelt werden
- Neben vielen kleineren Herstellern entwickeln alle Tabakkonzerne eigene E-Zigaretten

Prävalenz in Deutschland

- Immer mehr Menschen probieren E-Zigaretten aus
- 12 Prozent der Bevölkerung haben E-Zigaretten ausprobiert, weniger als drei Prozent verwenden sie regelmäßig
- Vor allem Raucher und junge Menschen verwenden E-Zigaretten

Gründe für den Konsum von E-Zigaretten

- Raucher verwenden E-Zigaretten vor allem, um weniger zu rauchen, um ganz mit dem Rauchen aufzuhören und/oder um ihre Gesundheit zu verbessern
- Jugendliche und jüngere Menschen verwenden E-Zigaretten vor allem, weil es ihnen Spaß macht, aus Neugier und wegen der Aromenvielfalt

Inhaltsstoffe des Aerosols und deren mögliche gesundheitliche Auswirkungen

- In Liquids wurden Substanzen nachgewiesen, die nicht als Inhaltsstoffe angegeben waren
- Die verwendeten Aromen sind bei Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt unbedenklich, ihre Auswirkungen auf die Gesundheit bei inhalativer Aufnahme sind jedoch unbekannt
- Nikotin macht abhängig und hat ein eigenes Schadenspotential für die Gesundheit
- Neben den im Liquid vorhandenen Substanzen finden sich im Aerosol viele weitere Substanzen, die bei der Vernebelung des Liquids entstehen; die Menge und Zusammensetzung der Schadstoffe hängt vom E-Zigarettentyp, der Leistung der E-Zigarette, dem Liquid und dem Verbraucherverhalten ab

- Im Aerosol befinden sich gesundheitsschädliche Substanzen, darunter Acrolein und freie Radikale sowie krebserzeugende wie Formaldehyd und Acetaldehyd.
- Beim Gebrauch von E-Zigaretten entstehen vergleichbare Mengen an Partikeln wie beim Rauchen, die in der Lunge abgelagert werden; die Partikel unterscheiden sich von denen des Tabakrauchs, ihre gesundheitlichen Auswirkungen sind derzeit unbekannt
- Die Schadstoffbelastung durch E-Zigaretten ist bei üblichen Nutzungsbedingungen deutlich geringer als beim Rauchen

Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums

- E-Zigarettenaerosol kann die innere Auskleidung der Blutgefäße (endotheliale Dysfunktion) schädigen
- E-Zigarettenaerosol kann oxidativen Stress auslösen
- E-Zigarettenaerosol wirkt entzündungsfördernd
- E-Zigarettenaerosol könnte die Erbsubstanz schädigen
- E-Zigarettenaerosol kann verschiedene Zellfunktionen beeinträchtigen
- Derzeit ist nicht geklärt, ob E-Zigarettenkonsum langfristig Atemwegserkrankungen verursacht
- E-Zigarettenkonsum birgt ein gewisses kardiovaskuläres Risiko, insbesondere für Menschen mit bestehenden Herz-Kreislauferkrankungen; dieses Risiko ist aber geringer als das durch Rauchen
- Derzeit ist nicht geklärt, ob E-Zigarettenkonsum langfristig das Krebsrisiko erhöht
- E-Zigarettenaerosol kann möglicherweise die Mundgesundheit beeinträchtigen, eine gesicherte Aussage zum Einfluss des E-Zigarettenkonsums auf die Mundgesundheit ist derzeit aber nicht möglich
- Tier- und Zellversuche deuten darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum während der Schwangerschaft den Fetus schädigen könnte, sie lassen aber keine verlässliche Aussage zur Schadwirkung des E-Zigarettenkonsums während der Schwangerschaft zu

- Tierversuche und Fallberichte von Hauttransplantationen deuten darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum die Wundheilung in ähnlichem Ausmaß beeinträchtigen könnte wie Rauchen
- Aufgrund von Fehlfunktionen und Überhitzung von Akkus können E-Zigaretten explodieren und schwere Verbrennungen und Verletzungen verursachen
- Das Nikotin aus E-Zigaretten kann zu Vergiftungen führen, die meist mild verlaufen, in Einzelfällen aber auch tödlich ausgehen

Gesundheitliche Veränderungen nach einem Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten

- Ein vollständiger Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten verringert die Schadstoffbelastung des Konsumenten
- Ein vollständiger Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten verringert kurzfristige Gesundheitsschäden
- Die langfristigen gesundheitlichen Folgen eines Wechsels vom Rauchen zu E-Zigaretten sind unbekannt

Abhängigkeit

- E-Zigarettenkonsum verursacht Abhängigkeitssymptome
- Wahrscheinlich steigt das Abhängigkeitspotential mit zunehmender Häufigkeit und Dauer des E-Zigarettenkonsums
- Möglicherweise ist das Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten geringer als das von Tabakzigaretten
- Möglicherweise wird das Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten von verschiedenen Eigenschaften der E-Zigarette, der Nikotinkonzentration des Liquids und von Aromen beeinflusst

Belastung Dritter („Passivdampfen“)

- E-Zigarettenkonsum belastet die Raumluft mit Partikeln und Nikotin
- Die passive Belastung durch Partikel und Nikotin ist wahrscheinlich geringer als beim Passivrauchen
- Die Schadstoffbelastung der Luft durch E-Zigarettenaerosol könnte für sensible Bevölkerungsgruppen wie Kinder, Schwangere, alte Menschen und Personen mit chronischen Erkrankungen eine Gesundheitsgefahr bedeuten
- Möglicherweise lagern sich Nikotin und andere Substanzen aus dem Aerosol auf Oberflächen ab

E-Zigarettenkonsum von Jugendlichen – Zusammenhang mit dem Rauchverhalten

- Bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen könnte der Gebrauch von E-Zigaretten die

Wahrscheinlichkeit erhöhen, später Tabakzigaretten zu probieren

- Auch wenn zahlreiche Studien einen Zusammenhang zwischen E-Zigarettenkonsum und Rauchen nahelegen, wirkt sich dies auf Bevölkerungsebene bislang offenbar nur wenig und unterschiedlich aus

E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung

- Die Studienlage ist bislang für eine abschließende Aussage zur Wirksamkeit von E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung nicht ausreichend
- Die vorliegenden Studien deuten darauf hin, dass E-Zigaretten beim Rauchstopp hilfreich sein können
- Wahrscheinlich sind E-Zigaretten mit Nikotin wirksamer als solche ohne Nikotin
- Wahrscheinlich ist die häufigere Verwendung wirksamer als seltenerer Gebrauch
- Möglicherweise haben E-Zigaretten eine ähnlich hohe oder bessere Wirkung als Nikotinersatzprodukte
- Möglicherweise spielen weitere Faktoren dabei eine Rolle, inwieweit E-Zigaretten einen Rauchstopp unterstützen oder nicht

Umweltbelastung und Entsorgung

- E-Zigaretten könnten sich zu einem Umweltproblem entwickeln, da sie bei weitverbreiteter Verwendung große Mengen an Elektroschrott, leeren Batterien und Plastikmüll erzeugen

E-Zigarettenkonsum und Gesunderhaltung der Bevölkerung (Public Health)

- E-Zigaretten können sich je nach Regulierung positiv oder negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken
- Modellierungen zufolge kann die Wirkung des E-Zigarettenkonsums auf Bevölkerungsebene durch politische Maßnahmen in Richtung einer positiven Wirkung beeinflusst werden, sofern diese Maßnahmen den E-Zigarettenkonsum für Jugendliche unattraktiv machen, ihn aber für Raucher attraktiv machen und den Rauchstopp fördern

Regulierung von E-Zigaretten

- In Ländern, die E-Zigaretten regulieren, werden diese sehr unterschiedlich kategorisiert
- Weltweit verfügen 98 Länder über konkrete Regulierungsbestimmungen für E-Zigaretten (Stand: November 2019). Davon verbietet ein Viertel E-Zigaretten vollständig, viele andere Länder regeln die Abgabe an Jugendliche, den Konsum in Nichtraucherbereichen, die Werbung, die Inhaltsstoffe, die Verpackung und manche Länder erheben eine Steuer auf E-Zigaretten.

Tabakerhitzer

- Zu Schadstoffen im Aerosol von Tabakerhitzern und möglichen gesundheitlichen Folgen des Konsums liegen derzeit vorwiegend Studien der Hersteller vor
- Das Aerosol von Tabakerhitzern enthält weniger Schadstoffe als Tabakrauch
- Das Aerosol enthält Substanzen, die im Tabakrauch nicht vorliegen, darunter auch mindestens eine schädliche
- Die Konsumenten sind einer geringeren Belastung durch Schadstoffe ausgesetzt als beim Rauchen
- Dennoch sind die Konsumenten einer nicht zu vernachlässigenden Schadstoffbelastung ausgesetzt
- Die langfristigen gesundheitlichen Folgen des Konsums sind derzeit unbekannt
- Tabakerhitzer sind keine harmlosen Lifestyle-Produkte

Handlungsempfehlungen

E-Zigaretten

E-Zigaretten sind sehr wahrscheinlich deutlich weniger schädlich als herkömmliche Tabakzigaretten und können daher für Raucher, die mit herkömmlichen Methoden nicht aufhören können oder wollen, eine weniger schädliche Alternative zum Weiterräumen darstellen. Dennoch sollten E-Zigaretten nicht als harmlose Lifestyle-Produkte verstanden werden, da die langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums derzeit nicht bekannt sind, Tier- und Zellversuche aber darauf hindeuten, dass der Konsum langfristig insbesondere die Atemwege und das Herz-Kreislaufsystem schädigen könnte. Nichtraucher, insbesondere jugendliche Nichtraucher, sollten die Produkte wegen der möglichen Gesundheitsgefahren keinesfalls verwenden. Da zudem mit dem Aerosol auch Schadstoffe in die Umgebungsluft gelangen, ist eine Gefährdung von Nichtkonsumenten nicht auszuschließen. Dass sich vor allem Jugendliche und junge Erwachsene unter 30 Jahren für E-Zigaretten^{74,156} interessieren, und unter jugendlichen E-Zigarettenkonsumenten auch Nichtraucher zu finden sind¹⁵⁶, weckt Bedenken.

Allerdings kann eine geschickte Regulierung dazu beitragen, unerwünschte Auswirkungen von E-Zigaretten zu reduzieren und gleichzeitig erwünschte Auswirkungen zu fördern. So können durch Maßnahmen zum Jugend- und Nichtraucherschutz erwachsene und insbesondere jugendliche Nichtraucher vor einem Einstieg in den Konsum sowie vor einer Exposition mit Schadstoffen aus Aerosolen geschützt werden. Ein wirksamer Verbraucherschutz kann zudem die Gesundheitsrisiken für Konsumenten durch E-Zigaretten reduzieren. Daneben kann die Regulierung dazu beitragen, dass Raucher, die mit leitliniengerechten Methoden nicht mit dem Rauchen aufhören wollen oder können, und die auf E-Zigaretten umgestiegen sind, davon abgehalten werden, wieder mit dem Rauchen anzufangen.

Folgende Maßnahmen sind für eine solche differenzierte Regulierung erforderlich:

1. Schutz der Jugend durch konsequenten Vollzug des Jugendschutzgesetzes

Das Jugendschutzgesetz verbietet es unter 18-Jährigen, E-Zigaretten zu kaufen und in der Öffentlichkeit zu konsumieren. Dennoch haben von den 14- bis 17-Jährigen 16,4 Prozent jemals eine E-Zigarette ausprobiert und 2,8 Prozent verwenden sie regelmäßig¹⁵⁶. Demnach wird das Jugendschutzgesetz in Bezug auf E-Zigaretten nur unzureichend umgesetzt.

Insbesondere für die nichtrauchenden Jugendlichen bedeutet der E-Zigarettenkonsum eine derzeit noch nicht abzuschätzende Gesundheitsgefahr. Um den Gesundheitsschutz der Jugend zu verbessern, ist ein wesentlich konsequenter Vollzug des Jugendschutzgesetzes als bisher notwendig.

2. Schutz der Jugend durch ein Verbot von Produktbeschreibungen, die Jugendliche in besonderem Maße ansprechen

Die Aromenvielfalt ist für Jugendliche ein wichtiger Grund, E-Zigaretten zu verwenden^{156,185}. Da E-Zigaretten gesundheitsschädlich sind, abhängig machen können und Jugendliche möglicherweise dem Rauchen näher bringen, sollten Produktbeschreibungen und Verpackungsdesigns, die Jugendliche in besonderem Maße ansprechen, verboten werden.

3. Verbot des Zusatzes von suchsteeigernden Substanzen

Nikotin ist eine Substanz, die stark abhängig macht, sodass der E-Zigarettenkonsum ein deutliches Abhängigkeitspotential birgt. Da E-Zigaretten gesundheitlich bedenklich sind, sollten für sie – ebenso, wie es für Tabakzigaretten der Fall ist – Zusatzstoffe, die die suchterzeugende Wirkung verstärken, verboten werden.

4. Kontinuierliches Monitoring und Prüfung von Zusatz- und Aromastoffen hinsichtlich einer gesundheitsschädlichen und suchststeigernden Wirkung

Für E-Zigaretten sind einige Zusatzstoffe verboten, die für den Konsumenten ein Gesundheitsrisiko bergen. In den Liquids werden jedoch zahlreiche Aromen verwendet, die zwar als Lebensmittelzusätze erlaubt sind, deren toxikologische Wirkung bei Inhalation aber unbekannt ist. Zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes der Konsumenten ist es daher notwendig, die Zusatz- und Aromastoffe der Liquids kontinuierlich zu analysieren, sie hinsichtlich einer gesundheitsschädlichen oder suchststeigernden Wirkung bei Inhalation hin zu überprüfen und bei Bedarf schädliche Substanzen auf die Liste verbotener Zusatzstoffe aufzunehmen.

5. Umfassendes Werbeverbot für E-Zigaretten

Trotz des im September 2020 verabschiedeten Verbots der Außenwerbung (Plakatwände, City-Lights) für Tabakprodukte und E-Zigaretten bleibt Außenwerbung für E-Zigaretten bis zum 31. Dezember 2023 erlaubt, und Werbung für Tabakprodukte und E-Zigaretten bleibt weiterhin am Verkaufsort (Tankstelle, Schreibwarenladen, Supermarktkasse) ohne jegliche Einschränkung erlaubt. Dadurch sind Kinder und Jugendliche weiterhin der Werbung für gesundheitsschädliche und abhängig machende Produkte (Tabakprodukte und E-Zigaretten) ausgesetzt.¹²²

Für E-Zigaretten muss – ebenso wie für Tabakprodukte – ein Werbeverbot gelten. Dieses sollte über das bestehende Verbot von Werbung in Fernsehen, Radio, Printmedien sowie des grenzüberschreitenden Sponsorings hinaus für alle diese Produkte ein Verbot der Werbung am Verkaufsort und im Kino sowie ein Promotionsverbot umfassen.

6. Verwendungsverbot in Nichtraucherbereichen

Mit dem Aerosol von E-Zigaretten gelangen Schadstoffe in die Umgebungsluft, die von Nichtkonsumenten eingeatmet werden und in den Körper gelangen können. Diese Belastung kann insbesondere für sensible Personen wie Kinder, Schwangere, alte oder chronisch kranke Menschen eine Gesundheitsgefährdung bedeuten.

Im Sinne eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes sollte der Gebrauch von E-Zigaretten in allen Bereichen, in denen das Rauchen verboten ist, ebenfalls verboten werden. Die Nichtraucherchutzgesetze und die Arbeitsstättenverordnung sollten dementsprechend angepasst werden.

7. Besteuerung von E-Zigaretten deutlich über dem Mehrwertsteuersatz

Für Nichtraucher, insbesondere für jugendliche Nichtraucher, bedeuten E-Zigaretten eine Gesundheitsgefahr, auch wenn sie für Raucher eine weniger schädliche Alternative zu Rauchtakprodukten sein können. Daher sollten diese Produkte so besteuert werden, dass sie zu Preisen angeboten werden, die sie für Jugendliche finanziell unattraktiv machen; dies gilt insbesondere für Einwegprodukte. Gleichzeitig sollten die Steuern für Zigaretten und Feinschnitttabak deutlich erhöht werden, um Jugendlichen den Einstieg in den Tabakkonsum zu erschweren und Raucher, die auf E-Zigaretten umgestiegen sind, davon abzuhalten, wieder zum Tabakrauchen zurückzukehren.³⁰⁶

8. Übernahme der Entsorgungskosten für die durch den Konsum von E-Zigaretten entstehenden Abfälle durch die Industrie

Zwar müssen Elektrogeräte und Altbatterien durch die Hersteller und Händler zurückgenommen werden, es ist aber nicht bekannt, inwieweit dies für E-Zigaretten und insbesondere für Einwegprodukte umgesetzt wird. Die Nachfüllfläschchen sollten wegen der zumeist enthaltenen Nikotinreste nicht im Hausmüll entsorgt werden.

Zum Schutz der Umwelt sollten die Hersteller verpflichtet werden, E-Zigaretten und Liquidbehälter unentgeltlich zurückzunehmen und umweltschonend zu recyceln oder zu entsorgen. Alternativ wäre ein Pfandsystem sinnvoll.

9. Regulierungsmaßnahmen vor der Einflussnahme durch E-Zigarettenhersteller und -händler schützen

Die Hersteller von E-Zigaretten und die Tabakindustrie, die den E-Zigarettenmarkt in zunehmendem Maß beherrscht, sowie deren Lobbygruppen setzen sich auf europäischer Ebene und in Deutschland für eine möglichst wenig restriktive Regulierung von E-Zigaretten ein. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat in einem im August 2016 veröffentlichten Bericht zu E-Inhalationsprodukten eine wirksame Regulierung empfohlen und konkrete Vorschläge dazu unterbreitet. Die WHO empfiehlt auf der Grundlage von FCTC Art. 5.3, Regulierungsmaßnahmen vor der Einflussnahme durch E-Zigarettenfirmen und -händler sowie durch die Tabakindustrie zu schützen³⁰⁶.

Daher ist die politische Einflussnahme der Tabakindustrie und der E-Zigarettenhersteller sowie ihrer Lobbygruppen transparent zu machen und dem Gesundheitsschutz Vorrang vor den Interessen der Tabak- und E-Zigarettenhersteller einzuräumen.

Tabakerhitzer

Tabakerhitzer sind keine harmlosen Konsumprodukte, auch wenn die Schadstoffbelastung beim Konsum sehr wahrscheinlich geringer ist als beim Rauchen. Die Vertragsparteien des WHO-Tabakrahmenübereinkommens haben Tabakerhitzer als Tabakprodukte eingestuft, sodass alle Artikel des Tabakrahmenübereinkommens auch auf diese Produkte anzuwenden sind.

Aufgrund der derzeit noch unklaren Gesundheitsgefährdung durch den Konsum – auch für passive Konsumenten – und wegen des Abhängigkeitspotentials sind zum Schutz von Jugendlichen und Nichtkonsumenten folgende Regulierungsmaßnahmen notwendig:

1. Sicherstellung des Vollzugs des Jugendschutzgesetzes und konsequente Kontrollen

Zwar verbietet das Jugendschutzgesetz Minderjährigen den Erwerb und den Gebrauch von Tabakerhitzen in der Öffentlichkeit, da es sich dabei um Tabakprodukte handelt; dennoch haben im Jahr 2017 6,4 Prozent der 14- bis 17-jährigen Raucher und ehemaligen Raucher schon einmal Tabakerhitzer verwendet.

Um wirksam zu sein, ist ein konsequenter Vollzug des Jugendschutzgesetzes notwendig.

2. Umfassendes Werbeverbot

Für Tabakerhitzer bestehen dieselben Beschränkungen wie für alle Tabakprodukte (Verbot der Werbung in TV, Radio, Print und Internet, Verbot von grenzüberschreitendem Sponsoring); allerdings sind Außenwerbung, Werbung im Kino nach 18 Uhr, Werbung am Verkaufsort sowie Promotion und nationales Sponsoring erlaubt. Die aktuellen Werbekampagnen zielen darauf ab, ein junges, positives und modernes Markenimage zu erschaffen.

Um zu verhindern, dass durch Werbung Jugendliche für den Konsum eines gesundheitsschädlichen und abhängig machenden Produkts gewonnen werden, ist ein umfassendes Werbeverbot für alle Tabakprodukte einschließlich der Tabakerhitzer notwendig; dieses sollte ein Verbot von Außenwerbung und Werbung am Verkaufsort sowie ein Promotions- und Sponsoringverbot beinhalten.

3. Verwendungsverbot in Nichtraucherbereichen

Mit dem vom Konsumenten ausgeatmeten Aerosol gelangen verschiedene Schadstoffe in die Raumluft. Anwesende Nichtkonsumenten atmen diese potenziell gesundheitsgefährdenden Substanzen

ein. Insbesondere für Kinder, Schwangere, alte und chronisch kranke Menschen ist eine Gesundheitsgefährdung nicht auszuschließen. Die Verwendung von Tabakerhitzen in Nichtraucherbereichen ist in den verschiedenen Bundesländern unterschiedlich geregelt: Manche Bundesländer verbieten den Konsum von Tabakerhitzen in Nichtraucherbereichen, andere nicht.

Im Sinne eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes muss für Tabakerhitzer wie für andere Rauchtakprodukte bundesweit ein Konsumverbot in Nichtraucherbereichen gelten.

4. Höhere Besteuerung von Tabakerhitzen

Der aktuell in Deutschland verfügbare Tabakerhitzer wird wie Pfeifentabak besteuert, also deutlich geringer als Zigaretten. Für neuartige Tabakprodukte – einschließlich der Tabakerhitzer – ist eine eigene Steuerklasse zu schaffen. Die Höhe der Besteuerung sollte so gestaltet sein, dass Tabakerhitzer nicht zu Preisen angeboten werden, die sie für Jugendliche attraktiv machen.

5. Übernahme der Entsorgungskosten durch die Industrie

Durch die aus Plastik, Metall und Batterie/Akku bestehenden Grundgeräte sowie zahllose Tabakstifte und Filtermaterialien entstehen große Mengen von Sonder- und Plastikmüll.

Zur Schonung der Ressourcen und der Umwelt muss daher ein Rücknahme- oder Pfandsystem entwickelt und verpflichtend umgesetzt werden. Die Kosten der Entsorgung sind von den Herstellern zu tragen.

6. Politische Einflussnahme der Tabakindustrie transparent machen und eindämmen

Die Tabakindustrie versucht durch massiven Einfluss auf politische Entscheidungen, eine möglichst wenig restriktive Regulierung von Tabakerhitzen zu erreichen. Artikel 5.3 des WHO-Rahmenübereinkommens zur Eindämmung des Tabakgebrauchs verpflichtet die Vertragsparteien gesundheitspolitische Maßnahmen der Tabakprävention vor den kommerziellen und sonstigen berechtigten Interessen der Tabakindustrie zu schützen.

Politische Einflussnahme durch die Tabakindustrie und ihre Lobbygruppen muss transparent gemacht werden. Bei gesundheitspolitischen Entscheidungen ist dem Gesundheitsschutz Vorrang vor den Interessen der Tabakindustrie einzuräumen.

Einleitung

E-Zigaretten liegen im Trend: Nach Angaben des Verbands des eZigarettenhandels (VdeH) stieg der Umsatz ab 2013 bis 2017 rapide an, und der Verband rechnet mit einem weiteren deutlichen Umsatzzuwachs. Seit 2015 sind auch Tabakkonzerne mit eigenen E-Zigarettenmarken auf dem deutschen Markt vertreten. Die Marke Vype von British American Tobacco hat innerhalb von wenigen Monaten große Marktanteile gewonnen und gilt im Jahr 2017 als die größte E-Zigarettenmarke in Deutschland; Japan Tobacco liegt mit der Marke E-Lites auf Rang fünf.²⁹⁶

In Fachkreisen gelten E-Zigaretten inzwischen als weniger schädlich als Tabakzigaretten – das Ausmaß der Schadensverminderung wird allerdings sehr unterschiedlich eingeschätzt. Entwöhnungsexperten haben in erster Linie Raucher im Blick und stellen oftmals die geringere Schadstoffbelastung gegenüber herkömmlichen Zigaretten in den Vordergrund. Mediziner hingegen sehen häufig vor allem die weiterhin bestehende Gesundheitsgefährdung und befürchten eine neue Gesundheitsgefahr für Nichtkonsumenten. Public-Health-Experten wiederum versuchen, das Nutzen-Schadens-Potential von E-Zigaretten auf Bevölkerungsebene abzuschätzen. Je nach Blickwinkel werden daher Studienergebnisse unterschiedlich bewertet. Egal, aus welchem Blickwinkel man das Phänomen E-Zigarette betrachtet, für die öffentliche Gesundheit ist entscheidend, dass die neuen Produkte nicht die ohnehin eher bescheidenen Erfolge der Tabakprävention der vergangenen Jahrzehnte untergraben.

Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit ist es, einen Überblick über den Konsum von E-Zigaretten in Deutschland, mögliche gesundheitliche Gefahren des Konsums, die Bedeutung von E-Zigaretten hinsichtlich des Einstiegs in den und des Ausstiegs

aus dem Tabakkonsum sowie zu Regulierungsoptionen zu geben. Dabei kann die Arbeit nur eine Momentaufnahme sein, da die Forschung zu E-Zigaretten sehr dynamisch ist und nahezu täglich neue Studien zu dieser Thematik erscheinen. Diese Übersichtsarbeit ist kein systematisches Review der aktuellen Literatur, sondern basiert im Wesentlichen auf dem umfangreichen Konsensbericht des US-amerikanischen Komitees zum umfassenden und systematischen Review der gesundheitlichen Auswirkungen elektronischer Nikotinabgabensysteme (Committee on the Review of the Health Effects of Electronic Nicotine Delivery Systems) der National Academies of Sciences, Engineering and Medicine („NASEM-Report“)¹⁸⁵. Ergänzend wurden relevante aktuelle Reviews und Primärstudien, die bis Anfang Juni 2019 erschienen sind, berücksichtigt.

Neben E-Zigaretten ist in Deutschland seit 2017 ein neuer Typ von Tabakprodukten auf dem Markt, bei dem Tabak elektronisch erhitzt wird. Bislang ist in der Bundesrepublik nur der Tabakerhitzer eines einzigen Herstellers verfügbar, der sehr intensiv beworben wird und in zunehmendem Maße Verbreitung findet.

Die vorliegende Übersichtsarbeit gibt einen Überblick über die Verbreitung des Tabakerhitzers in Deutschland und über mögliche gesundheitliche Folgen des Konsums. Insbesondere die Abschätzung einer möglichen Gesundheitsgefährdung ist schwierig, da es derzeit vor allem Studien des Herstellers dazu gibt, bei denen ein klarer Interessenkonflikt vorliegt; erst nach und nach erscheinen in zunehmendem Maße auch Studien unabhängiger Wissenschaftler. Die vorliegende Arbeit kann daher derzeit zu Tabakerhitzern lediglich einen recht groben Überblick bieten.

1 Produkte

Kernaussagen

- Es gibt viele verschiedene Typen von E-Zigaretten, die permanent weiterentwickelt werden
- Neben vielen kleineren Herstellern entwickeln alle Tabakkonzerne eigene E-Zigaretten

Das erste Patent für eine elektronische Zigarette wurde im Jahr 1963 von dem Amerikaner Herbert A. Gilbert eingereicht und 1965 patentiert²⁸⁵, das Produkt ging aber niemals in Serienproduktion. Der Tabakkonzern British American Tobacco (BAT) entwickelte in den 1960er Jahren ein Produkt zur Erhitzung eines nikotinhaltigen Extrakts (Projekt Ariel), das aber nicht in Produktion ging²²⁸. Der Zigarettenhersteller Philip Morris International (PMI) patentierte in den 1990er Jahren eine E-Zigarette, brachte sie aber nicht auf den Markt⁸¹. Die Grundlage für die modernen E-Zigaretten legte im Jahr 2003 das von dem chinesischen Pharmazeuten Hon Lik patentierte Produkt, das sich ab 2007 in Europa und den USA verbreitete¹⁰⁰. Seit 2012 kaufen die großen Tabakkonzerne E-Zigarettenfirmen auf und bringen eigene E-Zigaretten auf den Markt²⁷⁵.

E-Zigaretten werden kontinuierlich weiterentwickelt. Der Grundaufbau von E-Zigaretten ist trotz der großen Vielfalt immer gleich: Sie bestehen aus einem Akku, einem Verdampfer, einem Tank für die Flüssigkeit, die in der E-Zigarette vernebelt wird (Liquid), und einem Mundstück. Derzeit werden sie in vier Kategorien eingeteilt¹⁸⁵:

Erste Generation („cig-a-likes“): Dieser Typ ist meist Zigaretten oder Stiften nachempfunden, häufig handelt es sich um Einwegprodukte, sie haben ein geringes Füllvolumen und eine geringe Batterie-/Akkuleistung (Abb. 1a).

Zweite Generation (Tank-Modelle): Diese E-Zigaretten sind größer als diejenigen der ersten Generation und sind durch einen transparenten Liquidbehälter gekennzeichnet, in dem meist auch der Verdampfer untergebracht ist. Sie verfügen über ein größeres Füllvolumen und eine stärkere

Akkuleistung, die je nach Gerät auch regulierbar sein kann. (Abb. 1b)

Dritte Generation: Dazu gehören deutlich größere Geräte, die rohr- oder kastenförmig sind; sie haben ein großes Tankvolumen und eine starke Akkuleistung, die regulierbar ist. Es gibt auch Geräte, bei denen Bauteile ausgetauscht und verändert werden können („Mods“). (Abb. 1c)

Vierte Generation: Dies sind extrem leistungsstarke Geräte. Dazu gehören E-Zigaretten mit automatischer Temperaturkontrolle und solche, deren Heizdraht einen Widerstand deutlich unter einem Ohm hat („Sub-Ohm“). Diese Geräte arbeiten mit bis zu 300 Watt und erreichen Temperaturen bis 300 °C.^{77,270} (Abb. 1d)

Daneben gibt es besondere Formen von E-Zigaretten:

E-Shisha: Der Begriff „E-Shisha“ wird sehr uneinheitlich verwendet. Zum Teil wird er als Synonym für E-Zigaretten verwendet; meist bezeichnet er aber stiftförmige E-Zigaretten, die häufig Einwegprodukte und nikotinfrei sind – allerdings gibt es auch aufladbare Varianten und solche mit Nikotin (Abb. 1e). Daneben gibt es E-Shisha-Köpfe, die anstelle von Kohle und Tabak auf einer herkömmlichen Wasserpfeife verwendet werden, wodurch die Wasserpfeife zu einer elektronischen Wasserpfeife – einer E-Shisha – umgebaut wird. (Abb. 1f)

Ultraschall-Zigarette: Seit 2018 gibt es in Deutschland einen neuen E-Zigarettentyp, der das Liquid per Ultraschall vernebelt. Laut Hersteller wird das Aerosol bei ca. 160 °C erzeugt; dieses besteht aus kleineren Tröpfchen als bei anderen E-Zigaretten²⁸⁷. (Abb. 1g)

Beim Befüllen der E-Zigaretten wird zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden. Beim offenen System wird Flüssigkeit aus einem Nachfüllfläschchen ins Gerät gegeben; dafür steht eine extrem große Auswahl an verschiedenen Liquids/Aromen zur Verfügung³¹¹. Bei geschlossenen Systemen werden spezielle Nachfüllbehälter (Pods, Caps), die jeweils für eine spezielle E-Zigarette konzipiert sind, ins Gerät eingesetzt, sodass das Nachfüllen sehr leicht ist. Die Pods selbst können nicht vom Konsumenten befüllt werden, sondern sind vom Hersteller befüllt und werden als Ganzes ausgetauscht. Die Auswahl an Aromen ist wegen der Produktspezifität gering.

Eine in den USA unter Jugendlichen sehr beliebte E-Zigarette mit Pod-Nachfüllsystem ist Juul^{128,289} (Abb. 1h). Diese ist einem USB-Stick nachempfunden; das Nikotin in den Pods von Juul liegt als Salz und in den USA in sehr hoher Konzentration von 50 mg/ml und mehr vor. Seit Dezember 2018 ist Juul auch in Deutschland erhältlich, allerdings entsprechend Tabakproduktgesetz und -verordnung mit einer maximalen Nikotinkonzentration von 20 mg/ml⁷⁸. Andere Hersteller bieten mit Juul kompatible Pods an, die – anders als die Original-Pods – nachfüllbar sind. Inzwischen gibt es einige andere Modelle in vergleichbarer Form; in Deutschland gehören dazu beispielsweise myblu von Fontem Ventures, einem Tochterunternehmen des Tabakherstellers Imperial Brands und Vype von British American Tobacco. Für myblu und Vype gibt es neben nikotinfreien Pods auch solche mit

unterschiedlichen Nikotinstärken und für Vype auch Pods mit Nikotinsalz.

Die derzeit verfügbaren E-Zigaretten unterscheiden sich also stark voneinander, insbesondere hinsichtlich Füllvolumen und Leistungsfähigkeit. Sie erzeugen unterschiedlich viel Aerosol, setzen das Nikotin unterschiedlich gut frei und produzieren unterschiedliche Mengen an Schadstoffen.^{22,76,152,185,270} Teilweise unterscheiden sich sogar dieselben Produkte einer Marke voneinander; beispielsweise erreichen Verdampfeinheiten ein und desselben Modells mit Temperaturautomatik die voreingestellte Temperatur unterschiedlich gut: Manche Exemplare bleiben 40 °C unter der eingestellten Temperatur, andere erreichen Spitzenwerte von mehr als 100 °C darüber⁷⁷.

Die Liquids bestehen aus den beiden Grundsubstanzen Propylenglykol und Glycerin sowie Aromen; meist ist auch Nikotin enthalten¹⁸⁵. Seit der Umsetzung der Europäischen Tabakproduktrichtlinie in deutsches Recht dürfen Nachfüllbehälter mit nikotinhaltigen Liquids nicht mehr als 10 ml mit maximal 20 mg/ml Nikotin enthalten⁴¹. Seither gibt es Großpackungen mit nikotinfreien Basislösungen, die mit nikotinhaltigen Kleinpackungen, sogenannten Nikotinshots, aufgefüllt werden. Etwa seit 2017 gibt es in Deutschland auch Liquids mit Nikotinsalzen¹⁷². In dieser Form ist das Nikotin leichter inhalierbar, sodass größere Nikotinmengen aufgenommen werden können; dies birgt möglicherweise ein höheres Abhängigkeitspotential¹³.



Abbildung 1: Verschiedene Typen von E-Zigaretten. E-Zigaretten der a) ersten, b) zweiten, c) dritten, und d) vierten Generation, e) Einweg-E-Shishas, f) E-Shisha-Kopf auf einer Wasserpfeife, g) Ultraschall-Zigarette, h) Juul. Fotos: DKFZ (a–f, h), <https://www.usonicig.com/rhythm> (g)

2 Prävalenz in Deutschland

Kernaussagen

- Immer mehr Menschen probieren E-Zigaretten aus
- Zwölf Prozent der Bevölkerung haben E-Zigaretten ausprobiert, weniger als drei Prozent verwenden sie regelmäßig
- Vor allem Raucher und junge Menschen verwenden E-Zigaretten

Einer Erhebung des Deutschen Krebsforschungszentrums zufolge hatten im Jahr 2018 in Deutschland 11,8 Prozent der über 16-Jährigen E-Zigaretten schon einmal ausprobiert und 2,6 Prozent verwendeten sie regelmäßig. Vor allem Raucher und junge Menschen interessieren sich für E-Zigaretten: Von den Rauchern haben 29 Prozent jemals E-Zigaretten verwendet und 7,1 Prozent verwenden sie regelmäßig. Von den ehemaligen Rauchern haben 6,5 Prozent jemals E-Zigaretten verwendet und 1,2 Prozent verwenden sie regelmäßig, unter Nie-Rauchern haben nur 2,9 Prozent jemals E-Zigaretten konsumiert und lediglich 0,2 Prozent verwenden sie regelmäßig (Abb. 2).⁷⁴

Der Jemalskonsum von E-Zigaretten ist in den letzten fünf Jahren angestiegen und lag im Jahr 2018 unter den 16- bis 29-Jährigen bei 20 Prozent, unter den 30- bis 44-Jährigen bei 15 Prozent und bei den 45- bis 64-Jährigen bei 12 Prozent (Abb. 3).⁷⁴

Die Deutsche Befragung zum Rauchverhalten (DEBRA) kommt zu ähnlichen Ergebnissen¹⁵⁶: Dieser Studie zufolge haben im Oktober/November 2017 9,8 Prozent der über 14-Jährigen (also Erwachsene und Jugendliche zusammen) jemals E-Zigaretten verwendet und 1,9 Prozent verwenden sie regelmäßig. Unter den Jugendlichen im Alter von 14 bis 17 Jahren haben 16,4 Prozent jemals eine E-Zigarette

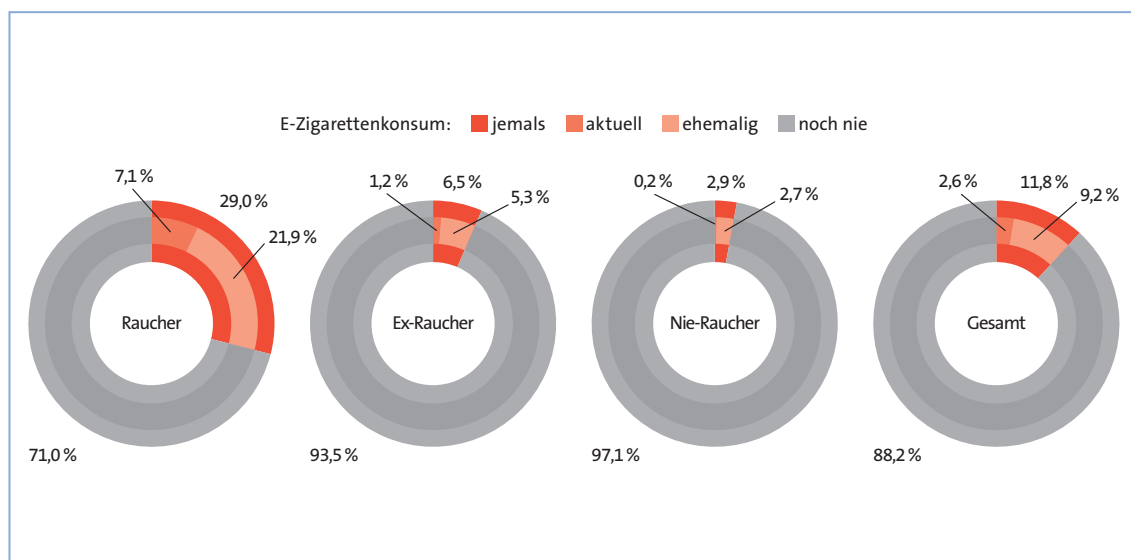


Abbildung 2: Konsum von E-Zigaretten nach Rauchstatus im Jahr 2018. Daten: GfK 2018, eigene Berechnungen. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention, 2018⁷⁴

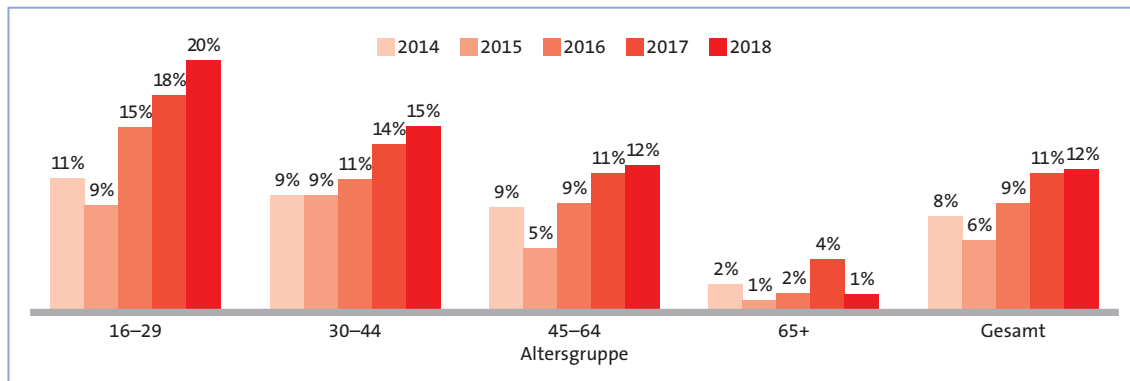


Abbildung 3: Jemalskonsum von E-Zigaretten nach Erhebungsjahr (2014–2018) und Altersgruppe. Daten: GfK 2014–2018, eigene Berechnungen. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention, 2018⁷⁴

ausprobiert und 2,8 Prozent verwenden sie regelmäßig; die Hälfte der jugendlichen regelmäßigen Konsumenten ist Raucher, aber 38,9 Prozent haben noch nie geraucht.¹⁵⁶ Sowohl der Jemals- als auch der regelmäßige E-Zigarettenkonsum ist im April/Mai 2017 unter jungen Erwachsenen bis 24 Jahre am höchsten¹⁵⁵ (Abb. 4).

Im Jahr 2018 haben entsprechend der Befragung der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung¹⁹⁴ 14,5 Prozent der 12- bis 17-jährigen Jugendlichen (18,3 Prozent der Jungen und

10,4 Prozent der Mädchen) jemals eine E-Zigarette und 16,2 Prozent eine E-Shisha (21,0 Prozent der Jungen und 10,9 Prozent der Mädchen) ausprobiert (Abb. 5). Im Jahr 2018 haben 6,7 Prozent der Jungen und 3,4 Prozent der Mädchen innerhalb der letzten 30 Tage vor der Befragung E-Zigaretten verwendet, 5,2 Prozent der Jungen und 3,1 Prozent der Mädchen haben in diesem Zeitraum E-Shishas konsumiert. Sowohl der Jemalskonsum als auch der etwas regelmäßigeren Konsum von E-Zigaretten und E-Shishas steigen mit zunehmendem Alter stark an (Abb. 5).

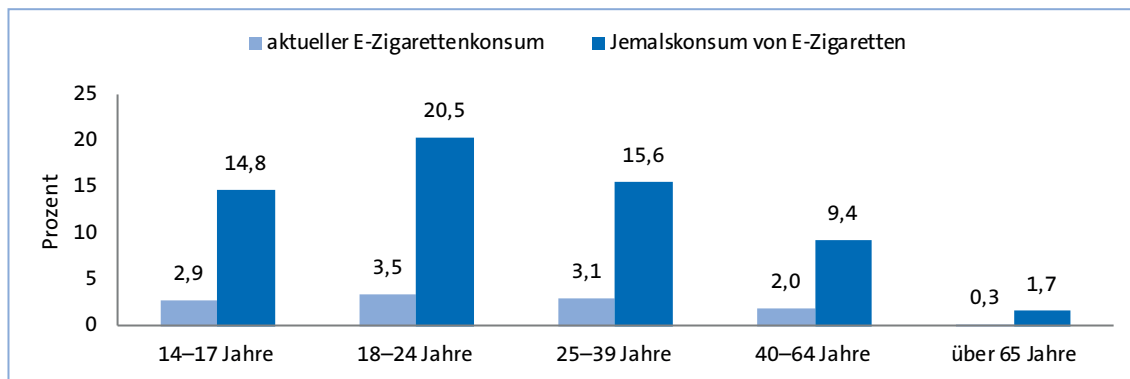


Abbildung 4: Konsum von E-Zigaretten nach Alter. Daten: DEBRA 2017. Quelle: Kotz 2018¹⁵⁵. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

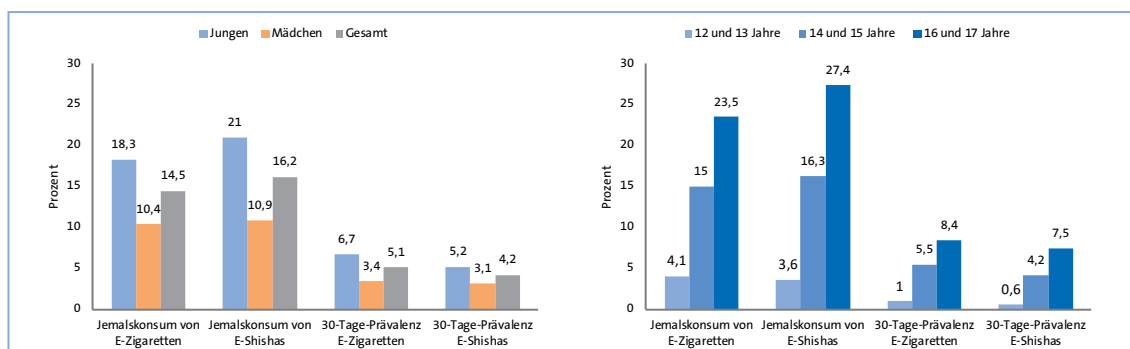


Abbildung 5: Konsum von E-Zigaretten und E-Shishas unter 12- bis 17-jährigen Jugendlichen im Jahr 2018 nach Geschlecht (oben) und Alter (unten). Daten: BZgA 2018. Quelle: Orth B., 2016¹⁹⁴. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

3 Gründe für den Konsum von E-Zigaretten

Kernaussagen

- Raucher verwenden E-Zigaretten vor allem, um weniger zu rauchen, um ganz mit dem Rauchen aufzuhören und/oder um ihre Gesundheit zu verbessern
- Jugendliche und jüngere Menschen verwenden E-Zigaretten vor allem, weil es ihnen Spaß macht, aus Neugier und wegen der Aromenvielfalt

Erwachsene und Jugendliche, und auch Raucher, ehemalige Raucher und Nie-Raucher verwenden E-Zigaretten aus sehr unterschiedlichen Gründen. So spielt zufolge einer repräsentativen Befragung mit 333 aktuellen E-Zigarettenkonsumenten, darunter 18 Jugendliche, für Erwachsene der Vergleich zum Rauchen eine wesentliche Rolle für den E-Zigarettenkonsum, bei Jugendlichen hingegen stehen Spaß und Coolness im Vordergrund¹⁵⁶. So gaben Erwachsene als die wichtigsten Gründe für die Verwendung von E-Zigaretten in absteigender Reihenfolge folgende Punkte an, wobei eine Mehrfachnennung möglich war:

- Es ist weniger schädlich als Rauchen (32,6 Prozent)
- Es ist billiger als Rauchen (32,0 Prozent)
- Es gibt viele verschiedene Aromen (30,4 Prozent)
- Um weniger zu rauchen (29,6 Prozent)
- Weil es Spaß macht (28,0 Prozent)
- Weil es Menschen in der Umgebung weniger stört (27,6 Prozent)
- Um mit dem Rauchen aufzuhören (26,5 Prozent)
- Um sie dort zu verwenden, wo man nicht rauchen darf (23,9 Prozent)
- Weil es besser schmeckt als Rauchen (20,6 Prozent)
- Weil es weniger abhängig macht als Rauchen (16,2 Prozent)

Die Jugendlichen im Alter von 14 bis 17 Jahren gaben für ihren E-Zigarettenkonsum vor allem folgende Gründe an:

- Weil es Spaß macht (71,2 Prozent, 13 von 18)

- Weil es besser schmeckt als Rauchen (59,2 Prozent, 11 von 18)
- Weil es cool/modern ist (46,8 Prozent, 8 von 18)
- Weil es viele verschiedene Aromen gibt (43,4 Prozent, 8 von 18)
- Weil es Menschen in der Umgebung weniger stört (38,3, 7 von 18)

Bei einer telefonischen Umfrage mit 4 000 Personen ab 14 Jahren gaben Raucher und ehemalige Raucher den Wunsch, mit dem Rauchen aufzuhören, als Hauptgrund für ihren E-Zigarettenkonsum an, für Nie-Raucher hingegen war Neugierde die Hauptmotivation dafür. Auch Jugendliche und jüngere Menschen bis 40 Jahre verwendeten E-Zigaretten vor allem aus Neugierde.⁸³

Eine Online-Befragung unter 3 320 E-Zigarettenkonsumenten im Alter von 16 bis 79 Jahren, die sich zu 43 Prozent aus Online-E-Zigaretten-Foren und zu 23 Prozent aus E-Zigarettenhändlern zusammensetzen, spiegelt aufgrund der besonderen Zusammensetzung der Teilnehmer vor allem die Motivation überzeugter E-Zigarettenkonsumenten für ihre Verwendung von E-Zigaretten wider. Sie zeigt außerdem, dass ehemals rauchende E-Zigarettenkonsumenten, die auf E-Zigaretten umgestiegen sind, duale Konsumenten und niemals rauchende E-Zigarettenkonsumenten Produkte aus unterschiedlichen Motiven verwenden. So sind für Nie-Raucher der Geschmack und das Vergnügen am Konsum die Hauptgründe für den Konsum. Ehemalige Raucher begannen den E-Zigarettengebrauch in erster Linie, um mit dem Rauchen aufzuhören und in der Annahme, ihre Gesundheit werde sich dadurch verbessern. Sie setzen ihren Konsum vor allem deswegen fort,

weil sie sich dabei gesünder fühlen als beim Rauchen und weil es ihnen gut schmeckt. Duale Konsumenten sehen in E-Zigaretten hauptsächlich eine Alternative zum Rauchen, sie möchten mithilfe von E-Zigaretten weniger rauchen oder ganz damit aufhören und sie erwarten, dass sich ihre Gesundheit verbessert. Sie schätzen an E-Zigaretten, dass Kleidung und Wohnung weniger riechen und sie sich gesundheitlich tatsächlich besser fühlen.¹⁶³

Internationale Studien kommen zu ähnlichen Ergebnissen: Erwachsene verwenden E-Zigaretten vor allem, um weniger zu rauchen, ganz damit aufzuhören oder um ihre Gesundheit zu verbessern, Jugendliche hingegen geben hauptsächlich die Aromen und soziale Gründe als Motivation für den Konsum an.¹⁸⁵

Die Hersteller haben bei der Kreation ihrer Liquids offenbar – auch wenn dies abgestritten wird – nicht nur erwachsene Raucher, sondern auch sehr junge Menschen im Blick: Aromen wie „Bubblegum“⁶¹ und „Zuckerwatte“²³⁶ oder „Psycho Unicorn“⁶⁴ (Biskuitkuchen) und „Elfentrunk“³⁰ (Fruchtaroma) zielen offensichtlich auf Jugendliche ab. Auch die Verpackungen erscheinen in einigen Fällen für sehr junge Kunden entworfen zu sein, zum Beispiel „Pink Soda“⁶² (Fruchtmix/Vanille/Sahne), „Zombie Slushy“²⁹³ (Waldmeister), „Bommbomms“⁶⁰ (Himbeerbonbon) oder „Dragon“²⁹¹ (Süße Früchte). (Abb. 6) Cartoons sind für Jugendliche attraktiv und werden von Herstellern als Design-Elemente und Logo-Bestandteile verwendet: Von 723 Posts auf Instagram zu den Hashtags #ejuice oder #eliquid, die einen Cartoon enthielten, war bei 66 Prozent der Posts ein Cartoon Teil des Herstellerlogos⁵ (z. B. Zombie Juice, Abb. 6).



Abbildung 6: Beispiele für Liquids und Verpackungen, die für Jugendliche attraktiv sind. Quellen: Dampfdo-rado^{62,64}, bigvape³⁰, VaporExMachina²⁹³, Vaper King²⁹¹, Dampfalarm⁶⁰

4 Bewertung der Gesundheitsgefährdung durch E-Zigarettenkonsum

Seit 2012 steigt die Anzahl der Studien, die zu Gesundheitsaspekten des E-Zigarettenkonsums publiziert werden, steil an (Abb. 7). Die Bewertung einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch E-Zigarettengebrauch wird allerdings durch mehrere Faktoren erschwert^{124,185} (Tab. 1): So machen die große Vielzahl der Liquids und E-Zigaretten sowie deren technische Unterschiede es schwierig, Studienergebnisse miteinander zu vergleichen. Neben der Akkuleistung beeinflussen die Zugdauer, das Zugvolumen und die Zusammensetzung der Liquids die Schadstoffproduktion von E-Zigaretten.^{32,185} Zudem fehlt bislang ein Standardprotokoll für die Aerosolproduktion und es gibt kein Standardaerosol für Vergleichsuntersuchungen^{124,185}. Eine Standard-E-Zigarette für Forschungszwecke, vergleichbar der Forschungszigarette 3R4F, wurde gerade erst entwickelt und wird noch getestet³².

Randomisierte kontrollierte Studien sind wegen der unklaren langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums ethisch nicht vertretbar¹⁸⁵. Epidemiologische Studien können derzeit keine validen Daten liefern, da E-Zigaretten für die Beobachtung langfristiger Krankheitsentwicklungen wie die Krebsentstehung oder die Entwicklung einer COPD nicht lange genug auf dem Markt sind, die Geräte bevölkerungsweit von zu wenigen Personen regelmäßig benutzt werden und häufig von Rauchern parallel zu Tabakzigaretten verwendet werden.^{124,185}

4.1 Inhaltsstoffe des Aerosols und deren mögliche gesundheitliche Auswirkungen

Kernaussagen

- In Liquids wurden Substanzen nachgewiesen, die nicht als Inhaltsstoffe angegeben waren

- Die verwendeten Aromen sind bei Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt unbedenklich, ihre Auswirkungen auf die Gesundheit bei inhalativer Aufnahme sind jedoch unbekannt
- Nikotin macht abhängig und hat ein eigenes Schadenspotential für die Gesundheit
- Neben den im Liquid vorhandenen Substanzen finden sich im Aerosol viele weitere Substanzen, die bei der Vernebelung des Liquids entstehen; die Menge und Zusammensetzung der Schadstoffe hängt vom E-Zigarettentyp, der Leistung der E-Zigarette, dem Liquid und dem Verbraucherverhalten ab
- Im Aerosol befinden sich gesundheitsschädliche Substanzen, darunter Acrolein und freie Radikale sowie krebserzeugende wie Formaldehyd und Acetaldehyd
- Beim Gebrauch von E-Zigaretten entstehen vergleichbare Mengen an Partikeln wie beim Rauchen, die in der Lunge abgelagert werden; die Partikel unterscheiden sich von denen des Tabakrauchs, ihre gesundheitlichen Auswirkungen sind derzeit unbekannt
- Die Schadstoffbelastung durch E-Zigaretten ist bei üblichen Nutzungsbedingungen deutlich geringer als beim Rauchen

Die Liquids bestehen aus den beiden Grundsubstanzen Propylenglykol und Glycerin, wobei diese alleine, meist aber beide zugleich in verschiedenen Mischungsverhältnissen eingesetzt werden¹⁸⁵. Aromen machen ein bis vier Prozent der Flüssigkeit aus²⁷³; nach Angaben von Mitarbeitern eines amerikanischen Vape-Shops, der auch selbstgemischte Liquids verkauft, können Liquids bis zu 20 Prozent Aromastoffe aufweisen³¹². Die meisten Liquids

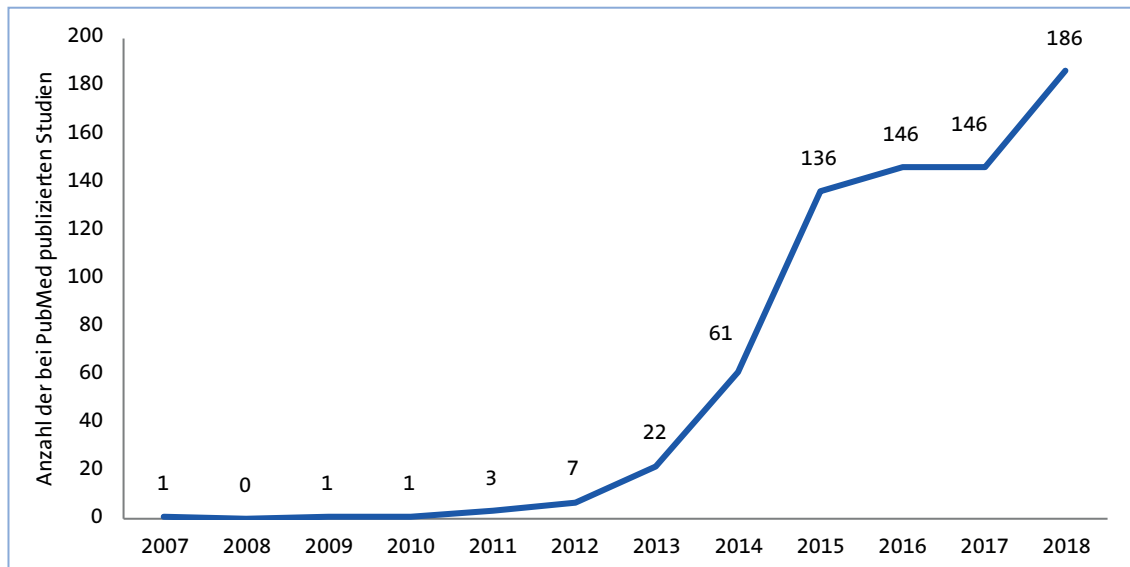


Abbildung 7: Anzahl der bei PubMed jährlich publizierten Studien mit den Suchwörtern „electronic cigarette“ und „health“. Quelle: National Center for Biotechnology Information 2019¹⁸⁶

enthalten außerdem Nikotin in unterschiedlicher Konzentration, in der Regel von 0,6 bis 2,4 Prozent; es gibt aber auch nikotinfreie Liquids²⁷³.

Das beim Konsum entstehende Aerosol besteht aus feinen und ultrafeinen Flüssigkeitspartikeln und enthält sämtliche Inhaltsstoffe des Liquids²³⁸. Die Hauptbestandteile der Liquids,

Propylenglykol, Glycerin und Aromen, sind für die Verwendung in Lebensmitteln zugelassen und gelten als unbedenklich für die Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt. Toxikologische Daten zu einer Aufnahme über Inhalation fehlen jedoch. Nikotin macht abhängig und besitzt gesundheitsschädigendes Potential⁷⁵. Während des Vernebelungsprozesses werden weitere

Tabelle 1: Einflussfaktoren, die die Bewertung einer mögliche Gesundheitsgefährdung durch E-Zigarettenkonsum erschweren. PG: Propylenglykol, VG: Glycerin. Quelle: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2018¹⁸⁵

Produktvielfalt	<p>E-Zigaretten</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterschiedliche Art der Aerosolproduktion (Verdampferaufbau, Verdampfermaterialien, Ultraschall) • variable Akkuleistung/Erhitzungstemperatur • Selbstwickler <p>Liquids</p> <ul style="list-style-type: none"> • über 7 000 verschiedene Geschmacksrichtungen • unterschiedliche Mischungsverhältnisse PG/VG • unterschiedliche Nikotingehalte • eigene Mischungen möglich
Konsumentenverhalten	<ul style="list-style-type: none"> • Zugdauer • Zugintensität • Tröpfeln („direct dripping“) • Veränderungen der Hardware
Testverfahren	<ul style="list-style-type: none"> • keine standardisierten Testverfahren (Aerosolerzeugung, Standardaerosol zum Vergleich) • Unklarheit über geeignete Biomarker
Studien	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Verbreitung und häufiger gleichzeitiger Konsum von Tabakzigaretten erschweren epidemiologische Studien • unklare Übertragbarkeit von Zell- und Tierversuchen auf den Menschen • ethische Probleme für randomisierte kontrollierte Studien

Substanzen gebildet, die sich im Aerosol wiederfinden, darunter gesundheitsschädliche und krebserzeugende. Die Konsumenten sind also einer Belastung durch verschiedene potentiell gesundheitsschädliche Substanzen ausgesetzt. Diese Belastung ist gesundheitlich bedenklich, aber – abgesehen von Nikotin – unter den üblichen Gebrauchsbedingungen deutlich geringer als beim Rauchen¹⁸⁵.

Verschiedene Studien, bei denen mehrere Biomarker gemessen wurden, zeigen, dass E-Zigarettenkonsum zu einer deutlichen Belastung mit Schadstoffen, wie sie auch in Tabakrauch zu finden sind, führt^{56,111,171}. Dabei ist die Schadstoffbelastung höher, je häufiger die E-Zigarette verwendet wird. Bei ausschließlicher Verwendung von E-Zigaretten ist die Belastung allerdings wesentlich geringer als beim Rauchen.¹¹¹ Einer Studie zufolge entspricht die Belastung von E-Zigarettenkonsumenten durch einige ausgewählte Schadstoffe etwa der Belastung von Personen, die dauerhaft Nikotinersatzprodukte verwenden²⁴³. In welchem Ausmaß die geringere Schadstoffbelastung beim ausschließlichen E-Zigarettenkonsum zu einer geringeren Gesundheitsschädigung führt, ist derzeit jedoch unbekannt.^{56,111,171} Die gleichzeitige Verwendung von Tabak- und E-Zigaretten („dual use“) führt aber möglicherweise zu einer höheren Belastung als beim Rauchen^{111,229}.

Im Folgenden wird das Schadenspotential einzelner im Aerosol enthaltener Substanzen erläutert. Einen Überblick gibt Tabelle 2.

Propylenglykol

Zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Propylenglykol bei Inhalation liegen nur wenige Studien vor. Diesen Untersuchungen zufolge kann Propylenglykol zu Reizungen der Augen und des Rachens führen.¹⁸⁵ Wird es erhitzt, erzeugt Propylenglykol die gesundheitsschädlichen Substanzen Acrolein, Acetaldehyd und Formaldehyd¹⁵³.

Unter manchen Betriebsbedingungen, insbesondere bei Überhitzung der E-Zigarette, können ähnlich hohe oder sogar höhere Mengen von Formaldehyd und Acrolein wie beim Rauchen gebildet werden; in der Regel dürfte die Belastung durch diese beiden Substanzen beim E-Zigarettenkonsum aber etwa 10- bis 50-mal geringer sein als durch Tabakrauch¹⁸⁵.

Glyzerin

Zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Glyzerin bei Inhalation liegen keine Studien vor. Wird es erhitzt, erzeugt Glyzerin die gesundheitsschädlichen Substanzen Acrolein, Acetaldehyd und Formaldehyd²⁴⁷.

Aromen

In Deutschland geben Jugendliche unter anderem den Geschmack und die Aromen als Gründe für die Verwendung von E-Zigaretten an („weil es besser schmeckt als Rauchen“, „weil es viele Aromen gibt“). Auch unter Erwachsenen ist nach der geringeren Schädlichkeit der E-Zigaretten im Vergleich zum Rauchen und dem günstigeren Preis im Vergleich zu Tabakzigaretten die Aromenvielfalt einer der wichtigsten Konsumgründe.¹⁵⁶ Auch internationalen Studien zufolge sind für Jugendliche und junge Erwachsene die Aromen ein wichtiger Grund, E-Zigaretten auszuprobieren^{76,308}. Die beliebtesten Geschmacksrichtungen sind in Deutschland unter Rauchern Früchte, Menthol und Tabak, unter ehemaligen Rauchern sind Früchte, Menthol und Süßigkeiten am meisten gefragt¹⁶³. Internationale Studien zeigen, dass insbesondere Jugendliche süße Geschmacksrichtungen und Fruchtaromen gegenüber Tabakaroma bevorzugen. Erwachsene Raucher hingegen greifen eher zu Tabakaromen, gefolgt von Frucht- und Mentholgeschmack.³⁰⁸

Im Handel ist eine ausgesprochen große Vielzahl von Aromen erhältlich. Im Januar 2014 standen auf englischsprachigen Websites 466 verschiedenen Marken und 7 764 unterschiedliche Aromen zum Onlineverkauf zur Verfügung³¹¹. Auf der Verpackung werden nicht einzelne Aromen deklariert, sondern lediglich „Aroma“, „verschiedene Aromen“, „natürliche/naturidentische Aromen oder „natürliche und künstliche Aromen“; manchmal sind weitere Zusatzstoffe wie beispielsweise Süßungsmittel genannt. Die Konsumenten können nicht nur zwischen zahllosen vorgefertigten Liquids der verschiedensten Geschmacksrichtungen auswählen, sondern sich auch eigene Mischungen zusammenstellen. Anleitungen dazu finden sich im Internet, zum Teil mit Link zum Online-Shop, in dem man die notwendigen Zutaten und Materialien erhält.

In E-Zigarettenliquids kommen Hunderte von Aromen zum Einsatz, wobei Menthol (Minzgeschmack, kühl), Ethylmaltol (süß, Karamellgeschmack), Linalool (Maiglöckchengeruch) und Ethylvanillin-Propylenglykol-Acetal (süß, Vanillegeschmack) besonders häufig verwendet werden^{33,109}. In 49 verschiedenen amerikanischen Aromakonzentrationen für E-Zigaretten wurden fast 300 einzelne Aromastoffe nachgewiesen³³. In 122 verschiedenen Liquids aus neun EU-Ländern, darunter Deutschland, wurden vor der Umsetzung der europäischen Tabakproduktrichtlinie 171 verschiedene aromatisierende Substanzen nachgewiesen. 41 dieser Substanzen waren mit einem, meist sogar mehreren, GHS-Warncodes zur Kennzeichnung von Gefahrstoffen versehen. Diese Warncodes beinhalteten Gefahrenhinweise zu Reproduktionstoxizität, Zielorgantoxizität bei einfacher

oder wiederholter Exposition, Entzündlichkeit von Gas und Flüssigkeit, Aspirationsgefahr sowie Verätzungen von Haut und Augen. Unklar ist dabei jedoch, ob die Konzentrationen dieser Substanzen in den Liquids für eine tatsächliche Schädigung ausreichen.¹⁰⁹

Die verwendeten Aromen sind in der Regel für den Einsatz in Lebensmitteln zugelassen und gelten für die orale Aufnahme als unbedenklich. Toxikologische Daten für die Aufnahme über Inhalation

liegen für die meisten Aromen nicht vor, lediglich von manchen Aromen ist bekannt, dass sie bei Inhalation sensibilisierend, reizend oder giftig sind.

Kaum etwas ist außerdem dazu bekannt, inwieweit verschiedene Substanzen miteinander in Wechselwirkung treten oder wie sie sich verhalten, wenn sie erhitzt werden. So können Aromen mit Aldehydgruppen wie Benzaldehyd und Vanillin im Liquid bei Raumtemperatur mit der Grundsubstanz Propylenglykol zu Aldehyd-Propylenglykol-Acetalen

Tabelle 2: Ausgewählte Substanzen im E-Zigarettenaerosol und ihre gesundheitsschädigenden Wirkungen.
Quelle: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2018¹⁸⁵

Substanz	Funktion im Liquid / Herkunft	Gesundheitsschädigende Wirkungen
Propylenglykol	Hauptbestandteil des Liquids zur Aerosolerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> • reizt Augen und Rachen • Wirkung langfristiger Inhalation unbekannt • erzeugt beim Erhitzen Acrolein, Acetaldehyd, Formaldehyd
Glyzerin	Hauptbestandteil des Liquids zur Aerosolerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkung langfristiger Inhalation unbekannt • erzeugt beim Erhitzen Acrolein, Acetaldehyd, Formaldehyd
Aromen	<ul style="list-style-type: none"> • 1–4 % der Liquids • im Liquid werden Hunderte verschiedener Aromen verwendet 	<ul style="list-style-type: none"> • bei oraler Aufnahme unbedenklich • viele Aromastoffe fördern die Bildung freier Radikale • Wirkungen langfristiger Inhalation unbekannt
• Menthol	<ul style="list-style-type: none"> • Minzgeschmack • eines der am häufigsten verwendeten Aromen 	<ul style="list-style-type: none"> • kühlend, lokal betäubend • beeinflusst die Atmung • beeinflusst die Aufnahme und Umwandlung von Medikamenten. • erleichtert die Inhalation • Wirkungen im E-Zigarettenaerosol unbekannt
• Zimtaldehyd	• Zimtgeschmack	<ul style="list-style-type: none"> • zytotoxisch • genotoxisch • beeinträchtigt verschiedene Zellfunktionen • beeinträchtigt Zellwachstum und -überleben
• Acetylpropionyl (Pentan-2,3-dion)	• süß, butterig sahnig	• reizt die Atemwege
• Diacetyl (in Deutschland für E-Zigaretten verboten) ³⁷	• süß, butterig sahnig	<ul style="list-style-type: none"> • reizt die Atemwege • steht im Verdacht, Bronchiolitis obliterans zu verursachen
• Benzaldehyd (Bittermandelöl [= 90 % Benzaldehyd] in Deutschland für E-Zigaretten verboten) ³⁷	• Bittermandelaroma	<ul style="list-style-type: none"> • reizt Augen und Atemwege • kann im Körper in Benzol umgewandelt werden

Substanz	Funktion im Liquid / Herkunft	Gesundheitsschädigende Wirkungen
Nikotin	<ul style="list-style-type: none"> • Bestandteil des Liquids • 0–20 mg/ml (außerhalb der EU auch mehr) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahme in den Körper aus E-Zigaretten geringer bis genauso gut wie bei Tabakzigaretten • Abhängigkeitspotential • ggf. Förderung von Herz-Kreislaufkrankungen, Insulinresistenz, Typ-2-Diabetes, Tumorwachstum • in der Mundhöhle Umwandlung in N'-Nitrosornicotin (NNN) • bei Konsum während der Schwangerschaft ggf. Beeinträchtigung der Lungenentwicklung und der Gehirnentwicklung des Ungeborenen sowie der Lungenfunktion des Neugeborenen • bei Konsum durch Jugendliche Beeinträchtigung der Gehirnentwicklung • in größeren Mengen giftig
Carbonylverbindungen	<ul style="list-style-type: none"> • entstehen beim Erhitzen (ab 150 bis 350 °C) von Propylenglykol und Glycerin 	<ul style="list-style-type: none"> • Belastung durch Formaldehyd und Acrolein beim E-Zigarettenkonsum vermutlich etwa 10- bis 50-mal geringer als durch Tabakrauch
• Formaldehyd	• v. a. aus Glycerin	• krebserzeugend (Kategorie 1)
• Acetaldehyd	<ul style="list-style-type: none"> • v. a. aus Propylenglykol • wird als Aroma verwendet⁹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • möglicherweise krebserzeugend (Kategorie 2) • reizend für Augen, Haut und Atemwege
• Acrolein	• v. a. aus Glycerin, nur bei höheren Temperaturen	<ul style="list-style-type: none"> • giftig • reizend
Reaktive Sauerstoffspezies/freie Radikale	<ul style="list-style-type: none"> • entstehen bei der Aerosolbildung • entstehen in allen Generationen von E-Zigaretten • Menge abhängig vom Verhältnis von Propylenglykol/Glycerin, von der Temperatur und Aromen 	<ul style="list-style-type: none"> • zellschädigend • spielen eine Rolle bei der Entstehung mehrerer Krankheiten
Metalle	• wahrscheinlich aus dem Heizdraht oder anderen metallischen Teilen der E-Zigarette	
• Blei		<ul style="list-style-type: none"> • neurotoxisch • schädigt das Herz-Kreislaufsystem
• Nickel		<ul style="list-style-type: none"> • Atemwegserkrankungen • Lungenkrebs • allergen
• Chrom (VI)		<ul style="list-style-type: none"> • krebserzeugend • Atemwegserkrankungen

reagieren; diese wiederum aktivieren Rezeptoren, die eine Reizwirkung vermitteln⁸⁹. Außerdem können aus Aromen durch Erhitzen möglicherweise neue, schädliche Substanzen entstehen;

beispielsweise bilden Saccharide, wenn sie erhitzt werden, Furane und Aldehyde.¹⁸⁵ In Deutschland sind Glukose, Fruktose und Galaktose als Zusätze zu E-Zigaretten verboten³⁷.

Für ein paar wenige Aromen sind spezifische physiologische Wirkungen bei Inhalation beschrieben:

- **Menthol** hat eine kühlende und lokal betäubende Wirkung; zudem beeinflusst es die Atmung und die Aufnahme und Umwandlung von Medikamenten und Nikotin. Beim Rauchen mildert es – schon in geschmacklich nicht wahrnehmbarer Menge – die Schärfe des Rauchs und erleichtert die Inhalation, was zu einer verstärkten Exposition gegenüber Nikotin führen kann. Welche Wirkungen es im E-Zigarettenaerosol ausübt, ist derzeit allerdings unbekannt.^{76,143,185} Menthol ist in Liquids weit verbreitet und in einer Studie wurden – ähnlich wie in Tabakzigaretten – geringe Mentholmengen auch in 40 Prozent der untersuchten Liquids mit Tabakaroma, die nicht als „Menthol“ gekennzeichnet waren, nachgewiesen, sowie in weiteren, nicht als „Menthol“ gekennzeichneten Liquids⁷⁶.
- **Zimtaldehyd** wirkt selbst in geringen Konzentrationen zytotoxisch und genotoxisch, und es beeinträchtigt verschiedene Zellfunktionen sowie das Zellwachstum und -überleben. Möglicherweise stört es auch das physiologische Gleichgewicht in den Atemwegen.¹⁸⁵
- **Benzaldehyd**, die charakteristische Komponente des Bittermandelöls, kann Augen und Atemwege reizen^{143,185}. Benzaldehyd kann zu Benzoesäure oxidiert werden, die wiederum durch Decarboxylierung in Benzol (krebserzeugend) umgewandelt werden kann¹⁹⁷ (Abb. 8). Bittermandelöl, das mindestens 90 Prozent Benzaldehyd enthält¹⁰⁶, ist in Deutschland für E-Zigaretten verboten³⁷.
- **Diacetyl** (2,3-Butandion) und Acetylpropionyl (2,3-Pentandion), die beide einen süßen, butterigen, sahnigen Geschmack verleihen, sind atemwegsreizend. Diacetyl steht im Verdacht, die Bronchiolitis obliterans („popcorn lung“), eine Entzündung der kleineren Verzweigungen des Bronchialsystems der Lunge, zu verursachen.^{143,185} Die Verwendung von Diacetyl in E-Zigarettenliquids ist in Deutschland verboten³⁷.

Aromen beeinflussen bei der Aerosolproduktion dosisabhängig die Entstehung von freien Radikalen: Viele Aromastoffe fördern die Bildung freier Radikale; in besonders starkem Maße tun dies Linalool, Dipenten und Citral. Ethylvanillin hingegen senkt die Radikalproduktion.³³

Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass Aromen den pH-Wert der Liquids und darüber die Nikotinaufnahme in den Körper beeinflussen.¹⁸⁵

Insgesamt zeigt sich, dass E-Zigarettenkonsumenten durch die Aromen potentiell schädlichen Substanzen ausgesetzt sind; allerdings sind bislang mögliche gesundheitliche Auswirkungen nicht bekannt.

Nikotin

Der auf der Verpackung angegebene Nikotingehalt von Liquids entspricht häufig, aber längst nicht immer, dem tatsächlichen Nikotingehalt und kann sowohl darunter als auch darüber liegen¹⁸⁵. Eine australische Studie fand in als „nikotinfrei“ gekennzeichneten Liquids aus drei verschiedenen Ländern (Australien, China, USA) Nikotin in Mengen, wie sie für nikotinhaltige E-Zigaretten üblich sind⁴⁹.

Wie viel Nikotin aus dem Liquid ins Aerosol gelangt, ist je nach E-Zigarettentyp stark unterschiedlich und hängt von verschiedenen Faktoren ab. So steigt die Nikotinmenge im Aerosol mit zunehmender Nikotinmenge im Liquid, mit stärkerer Leistung der E-Zigarette, sowie zunehmender Zuglänge und Zughäufigkeit.^{185,193,202} Zudem beeinflusst das Mischungsverhältnis von Propylenglykol und Glycerin in Abhängigkeit von der Leistung der E-Zigarette die Übertragung von Nikotin ins Aerosol¹⁵⁴, wobei Propylenglykol die Nikotinabgabe unterstützt⁷⁶.

Nikotin wird in der Mundhöhle und den Atemwegen besonders gut in den Körper aufgenommen, wenn es als freie Base (freies Nikotin) vorliegt. Je basischer die Umgebung ist (pH-Wert des Lösungsmittels größer als 7), umso mehr freies Nikotin ist

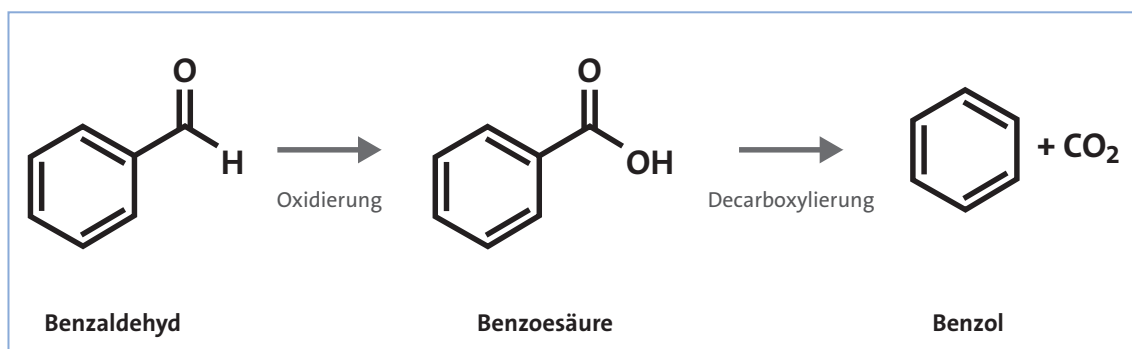


Abbildung 8: Bildung von krebserzeugendem Benzol aus dem Aromastoff Benzaldehyd. Quelle: Pankow 2017¹⁹⁷. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

darin enthalten. Der pH-Wert der Liquids kann sehr unterschiedlich hoch sein: In verschiedenen Proben wurden pH-Werte von 4,3 bis 9,9 beobachtet. Seit 2015 gibt es auch E-Zigaretten und Liquids, in denen das Nikotin als Salz vorliegt¹⁸⁵, insbesondere von Juul¹³⁸, aber zunehmend auch von verschiedenen anderen Herstellern^{65,172,299}. In Juul wird dem Liquid Benzoesäure zugefügt, sodass das Nikotin als Nikotin-Benzoat vorliegt.¹⁸⁵ Nikotinsalz reizt die Atemwege deutlich weniger als freies Nikotin und kann somit leichter inhaliert werden¹³.

Auch wenn es große Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten gibt, geben moderne E-Zigaretten, insbesondere leistungsstarke mit einem hohen Nikotingehalt, das Nikotin ähnlich gut ab wie Tabakzigaretten und das Nikotin wird vom Körper in vergleichbarer Weise wie beim Rauchen aufgenommen und abgebaut. Dabei nehmen erfahrene Konsumenten mehr Nikotin auf als Neukonsumenten.¹⁸⁵ Die E-Zigarette Juul, die in den USA hohe Nikotinkonzentrationen bis zu 61,6 mg/ml Nikotin in Form von Nikotinsalz¹⁹⁷ und nur sehr geringe Mengen an freiem Nikotin enthält, gibt Nikotin in Mengen ab, die der von Tabakrauch vergleichbar oder sogar höher ist²²⁴, und es werden hohe Nikotinwerte im Körper erreicht. So hatten Jugendliche, die Juul verwendeten, 244,8 ng/ml Cotinin, das Hauptabbauprodukt von Nikotin, im Urin – wesentlich mehr, als bei rauchenden Jugendlichen gemessen wurde (155,2 ng/ml)¹¹⁰.

Nikotin birgt ein hohes Abhängigkeitspotential. Nikotin erhöht die Herzfrequenz, verengt die Blutgefäße und erhöht den Blutdruck; zudem steht es im Verdacht, die Funktion der Blutgefäße zu beeinträchtigen (endotheliale Dysfunktion) sowie Insulinresistenz und das Risiko für Typ-2-Diabetes zu steigern. Nikotin beeinflusst mehrere Mechanismen, die das Wachstum von Tumoren fördern; derzeit gibt es aber keine Belege, dass es beim Menschen krebserzeugend wirkt.^{25,26,185}

Aus Nikotin wird in der Mundhöhle zunächst Nornikotin, ein Abbauprodukt von Nikotin, gebildet, das dann wiederum in das krebserzeugende N'-Nitrosornikotin (NNN) umgewandelt wird (Abb. 9). Im Speichel von E-Zigarettenkonsumenten wurde NNN nachgewiesen; bei Rauchern war im Speichel die nachgewiesene Menge NNN wesentlich höher, da Raucher NNN zusätzlich mit dem Zigarettenrauch inhalieren. Inwiefern die bei E-Zigarettenkonsumenten gemessenen NNN-Mengen das Krebsrisiko tatsächlich erhöhen, ist derzeit unbekannt⁴³.

In Tierversuchen beeinträchtigt Nikotinkonsum während der Schwangerschaft die Lungenentwicklung des Ungeborenen und die Lungenfunktion des Neugeborenen.^{88,185,260} Tierversuchen zufolge stört Nikotinkonsum während der Schwangerschaft zudem die Gehirnentwicklung des Ungeborenen und Nikotinkonsum von Jugendlichen beeinträchtigt deren Gehirnentwicklung⁸⁸.

In größeren Mengen ist Nikotin toxisch. Die Vergiftungserscheinungen sind dosisabhängig und reichen von Übelkeit, Erbrechen und Durchfall über Atemnot und epileptischen Anfällen in seltenen Fällen bis zum Tod.²⁷⁹

Alkohol (Ethanol)

Manche Liquids enthalten als weiteren deklarierten Inhaltsstoff Ethanol, wobei der Ethanolgehalt stark unterschiedlich ist²⁸⁸. Einer kleinen Studie zufolge, in der 16 junge Erwachsene untersucht wurden, führte der Konsum eines im Handel erhältlichen Liquids mit 23,5 Prozent Ethanolgehalt im Vergleich zu einem Liquid mit 0,4 Prozent Alkoholgehalt zu einer leichten Beeinträchtigung der motorischen Fähigkeiten, obwohl die Testpersonen subjektiv keine Alkoholwirkung wahrnahmen²⁸⁸.

Weitere Substanzen im Aerosol

Beim Erhitzen des Liquids entstehen verschiedene Substanzen, die gesundheitsschädlich sein können.

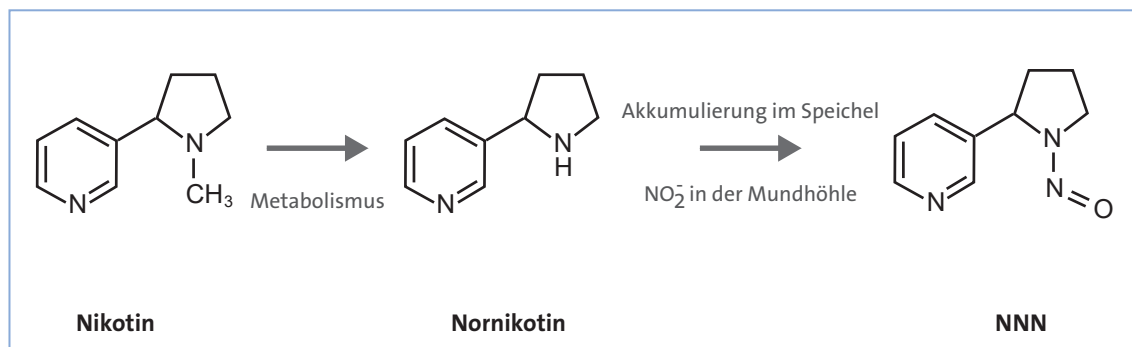


Abbildung 9: Umwandlung von Nikotin über Nornikotin zu N-Nitrosornikotin (NNN). Quelle: Bustamante 2018⁴³. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

- Carbonylverbindungen

Propylenglykol und vor allem Glycerin erzeugen, wenn sie erhitzt werden, Formaldehyd; daneben entstehen andere Carbonylverbindungen, wobei Propylenglykol in erster Linie Acetaldehyd bildet und Glycerin Acrolein. Glycerin produziert Acrolein und Acetaldehyd nur bei höheren Temperaturen.¹⁸⁵

Die Produktion der Carbonylverbindungen hängt dabei vom E-Zigarettentyp, von der Leistung der E-Zigarette, der Temperatur und der Beschaffenheit des Heizdrahts, der Zugdauer, der Zughäufigkeit, dem Zugvolumen, der Menge des verbrauchten Liquids, den Aromen und möglicherweise weiteren Zusatzstoffen, wie beispielsweise Sucrose, ab.^{22,152,185,270} Bei den üblichen Gebrauchstemperaturen von 150 bis 350 °C entstehen Formaldehyd, Acetaldehyd und Acrolein in Mengen, die Bedenken hinsichtlich gesundheitlicher Langzeitfolgen wecken. Formaldehyd kann bei hoher Leistung der E-Zigarette im Aerosol in einer Menge vorliegen, die vergleichbar der in Tabakrauch ist.¹⁸⁵

- Tabakalkaloide

Verschiedene Tabakalkaloide wie Myosmin, Anatabin oder Anabasin wurden in nikotinhaltigen Liquids nachgewiesen. Diese Alkaloide werden bei der Nikotingerinnung aus Tabak mitextrahiert, können aber auch während des Produktionsprozesses durch Oxidation von Nikotin entstehen. Die gemessenen Mengen waren deutlich niedriger als in Tabak. Die gesundheitlichen Auswirkungen dieser Substanzen sind unbekannt.^{169,185}

Bei der Verwendung von E-Zigaretten wird das Tabakalkaloid Nikotyrin gebildet. Die Nikotyribildung hängt dabei vom Nikotingehalt des Liquids, dem Zugvolumen, der Zugdauer, dem Verhältnis von Propylenglykol zu Glycerin und der Verdampfungstemperatur ab. Dabei entstehen geringere bis höhere Mengen Nikotyrin als in Zigarettenrauch. Nikotyrin hemmt den Abbau von Nikotin und kann darüber die Wirksamkeit von Nikotin erhöhen. Es ist nicht bekannt, ob die in E-Zigaretten gebildete Nikotyrimenge für diese Wirkung ausreicht.²⁵⁴

- Tabakspezifische Nitrosamine

Tabakspezifische Nitrosamine (TSNA) sind in der Tabakpflanze enthaltene krebserzeugende Substanzen (Kanzerogene). In verschiedenen Liquids wurden geringe Mengen von TSNA gefunden, in der Regel in ähnlichen Mengen wie in Nikotinersatzprodukten.^{57,185} Im Urin von E-Zigarettenkonsumenten wurden geringe Mengen von 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-Butanol (NNAL) nachgewiesen, wobei die Konzentration

ein bis zehn Prozent der Menge beträgt, die üblicherweise bei Rauchern beobachtet wird^{239,243}.

- Reaktive Sauerstoffspezies und freie Radikale

Reaktive Sauerstoffspezies, zu denen auch freie Radikale gehören, sind hochreaktive Substanzen, die Zellen schädigen und eine Rolle bei der Entstehung mehrerer Krankheiten spielen; dazu gehören Herz-Kreislauferkrankungen, Atemwegserkrankungen (v.a. COPD), neurodegenerative Erkrankungen, Diabetes, rheumatoide Arthritis und manche Krebsarten (Lunge, Darm).

Im E-Zigarettenaerosol sind reaktive Sauerstoffspezies und freie Radikale enthalten.¹⁸⁵ Freie Radikale werden in allen Generationen von E-Zigaretten gebildet. Dabei werden mit zunehmender Leistung der E-Zigarette^{117,253} und somit mit steigender Temperatur mehr reaktive Sauerstoffspezies und Radikale produziert³⁴. Bei hoher Leistung der E-Zigarette können ähnliche Mengen an reaktiven Sauerstoffspezies entstehen, wie sie in Zigarettenrauch vorliegen¹¹⁷. In einer Studie stieg die Radikalproduktion mit zunehmendem Propylenglykolgehalt³⁴, in anderen Studien erhöhte sich die Produktion reaktiver Sauerstoffspezies mit zunehmendem Glyzeringehalt^{117,253}. Daneben steigt die Bildung von Radikalen mit zunehmender Sauerstoffzufuhr durch Belüftungslöcher²⁵³.

Auch verschiedene Aromen erhöhen die Bildung freier Radikale im E-Zigarettenaerosol^{33,253}. Juul-E-Zigaretten erzeugen weniger freie Radikale als andere E-Zigaretten, vermutlich wegen des Verhältnisses von Propylenglykol zu Glycerin²²⁴.

- Flüchtige organische Substanzen (volatile organic compounds, VOCs)

Flüchtige organische Verbindungen sind eine heterogene Gruppe von Kohlenstoffverbindungen, die bei Temperaturen bis ca. 250 °C siedend; dazu gehören beispielsweise Toluol, Aceton, Formaldehyd, d-Limonen oder Ethanol²⁸⁴. Sie sind in der Atmosphäre weit verbreitet²³⁹.

In Liquids wurden zahlreiche VOCs nachgewiesen, darunter Benzol (krebserzeugend), Toluol (verursacht bei Inhalation Leber- und Herzfunktionsstörungen, Knochenmarksschädigungen und Veränderungen des Blutbilds¹⁰⁶) oder Acetaldehyd (möglicherweise krebserzeugend)¹⁸⁵. In einer Stichprobe von 146 Liquids wurde in 95 Prozent der Proben Alkohol gefunden, in 61 Prozent Acetaldehyd, in 54 Prozent d-Limonen, und in jeweils 51 Prozent Isopropylalkohol und Aceton¹⁶². Eine andere Studie fand im Aerosol von E-Zigaretten von 11 analysierten VOCs nur Toluol und p-Xylen¹⁸⁵.

Jugendliche zeigten nach dem Konsum von E-Zigaretten im Vergleich zu Nichtkonsumenten erhöhte Werte für mehrere VOC-Biomarker, aber geringere Messwerte als duale Konsumenten²³². Bei erwachsenen E-Zigarettenkonsumenten, die zum Großteil duale Konsumenten von E-Zigaretten und Tabakprodukten waren, lagen im Urin im Vergleich zu Nichtrauchern erhöhte Biomarker für verschiedene VOCs vor (Xylol, Cyanid, Styrol, Ethylbenzol, Acrolein, Benzol). Nach einmaligem E-Zigarettengebrauch (mindestens 15 Züge in maximal 15 min) stiegen die Biomarker für Acrylonitril, N,N-Dimethylformamid und Xylol um das Zwei- bis Vierfache an, blieben aber deutlich unter den Messwerten von Personen, die eine Zigarette rauchten¹⁷¹. In einer weiteren Studie zeigten ausschließliche E-Zigarettenkonsumenten im Vergleich zu Nichtkonsumenten deutlich erhöhte Werte für die Biomarker von Acrolein, Acrylamid, Acrylonitril und Xylen, aber wesentlich geringere Werte als Raucher und duale Konsumenten. Duale Konsumenten wiesen dieselbe VOC-Belastung auf wie Raucher. Dieser Studie zufolge reduziert somit ausschließlicher E-Zigarettenkonsum im Vergleich zum Rauchen die Belastung durch VOCs, dualer Konsum hingegen bringt keinen Vorteil.¹⁴⁴

- Metalle

Verschiedene Metalle sind gesundheitsschädlich (s. o., Tab. 2). E-Zigarettenaerosol enthält eine große Anzahl verschiedener Metalle, insbesondere Chrom, Nickel, Blei, Mangan, Aluminium, Zinn und Eisen, wobei große Unterschiede zwischen unterschiedlichen Produkten bestehen. Vermutlich stammen die meisten Metalle aus dem Heizdraht und anderen metallischen Komponenten der E-Zigarette. In einer aktuellen Studie waren im Aerosol von nachfüllbaren E-Zigaretten (offenen Systemen) mehr Metalle enthalten als in geschlossenen Systemen und mit steigender Leistung der E-Zigarette stieg die Menge der meisten gemessenen Metalle an³¹⁰. Eine Studie, bei der die Testpersonen täglich E-Zigaretten der ersten, zweiten und dritten Generation verwendeten, weist darauf hin, dass Chrom und Nickel aus dem Aerosol in den Körper aufgenommen werden (Biomarker anderer Metalle wurden in dieser Studie nicht analysiert). Dabei nahmen die Personen umso mehr Metall auf, je größer die Metallmenge im Aerosol war, je mehr Liquid der Konsument pro Woche verbrauchte, je höher die Leistung der E-Zigarette war und je schneller nach dem Aufwachen der Konsument seine erste E-Zigarette verwendete².

- Kohlenmonoxid und gasförmige Kohlenwasserstoffe

Beim Gebrauch von Sub-Ohm-E-Zigaretten entstehen bereits bei einer moderaten Leistung ab etwa 125 Watt Gase wie Kohlenmonoxid, Methan,

Ethen und Acetylen. Dabei steigt die Kohlenmonoxidproduktion mit zunehmender Leistung der E-Zigarette an; zudem spielt die Beschaffenheit des Heizdrahts (Material, Oberfläche, Durchmesser) eine Rolle. Ein Konsument, der am Tag rund 150 Züge nimmt, inhaliert etwa ein Zehntel der Kohlenmonoxidgehalt einer Zigarette, wenn er die E-Zigarette auf 75 Watt einstellt; bei 200 Watt ist er etwa zwei Fünfteln des Kohlenmonoxids aus einer Zigarette ausgesetzt.⁸⁴

- Weitere Substanzen

Bislang wurden im E-Zigarettenaerosol in erster Linie Substanzen untersucht, von denen bekannt ist, dass sie in Tabakrauch vorliegen. Im E-Zigarettenaerosol könnten aber auch Substanzen enthalten sein, die in Tabakrauch nicht auftreten.

So wurde in Australien in Liquids 2-Chlorphenol nachgewiesen⁴⁹, das bei Inhalation gesundheitsschädlich ist⁹³ und üblicherweise in Pestiziden verwendet wird. Inwieweit die im Aerosol vorhandene Menge schädlich ist, ist unklar.

In vielen Kunststoffen werden Flammschutzmittel eingesetzt; sie neigen dazu, sich leicht von dem Produkt, dem sie appliziert wurden, in die Umgebung abzulösen und sind daher in der Umwelt weit verbreitet (z. B. in Lebensmitteln, Staub, Luft). Manche von ihnen sind gesundheitsschädlich. In fünf von 13 untersuchten E-Zigaretten aus Hongkong wurde im Aerosol eine Gruppe von Flammschutzmitteln, polybromierte Diphenylether, nachgewiesen, in einer E-Zigarette in gesundheitlich bedenklicher Menge⁵¹. Eine amerikanische Studie fand in Urin von 14 E-Zigarettenkonsumenten im Vergleich zu Nichtkonsumenten, aber auch verglichen mit Rauchern, deutlich erhöhte Werte eines Abbauprodukts eines Flammschutzmittels. Diese Beobachtung ist allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da nur sehr wenige E-Zigarettenkonsumenten untersucht wurden, weil die Quelle der Substanz unklar blieb, und weil diese Abbauprodukte in der Allgemeinbevölkerung häufig entdeckt werden. Dennoch deutet sie den Autoren der Studie zufolge darauf hin, dass E-Zigarettenkonsumenten möglicherweise einer erhöhten Belastung gegenüber Flammschutzmitteln ausgesetzt sein könnten.³⁰³

- Partikel

Das E-Zigarettenaerosol besteht aus kleinen Flüssigkeitströpfchen einer Größe von rund 200 µm¹⁸⁵. Die Anzahl und Masse der tröpfchenförmigen Partikel verändert sich in Abhängigkeit von der Leistung der E-Zigarette⁹⁹. Anzahl und Größe der Partikel ähneln der von Tabakrauch, in ihrer Zusammensetzung unterschieden sie sich aber von diesem: Die flüssigen Partikel des E-Zigarettenaerosols bestehen in erster Linie aus den

Grundsubstanzen des Liquids, Propylenglykol und Glycerin, sowie Aromen, meist Nikotin und verschiedenen weiteren Substanzen in geringeren Mengen. Tabakrauch hingegen ist ein komplexes Gemisch aus gas- und partikelförmigen Komponenten, das vor allem organische Substanzen und zahlreiche krebserzeugende Stoffe enthält. Daher kann man nicht davon ausgehen, dass beide Aerosole die gleichen gesundheitlichen Auswirkungen haben. Die langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen der Inhalation von E-Zigarettenaerosol sind derzeit – im Gegensatz zur Inhalation von Tabakrauch – unbekannt.¹⁸⁵

Nach dem Ziehen an der E-Zigarette wird das Aerosol zunächst für einen Moment im Mund behalten, bevor es inhaliert wird. Dabei koagulieren die Tröpfchen, sodass die Partikelanzahl sinkt, die Partikelgröße aber ansteigt. Die größere Wachstumsrate der Partikel erhöht ihre Ablagerung in der Lunge.¹⁸⁵

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zu den Bestandteilen der Liquids

Conclusion 4-1: There is conclusive evidence that exposure to nicotine from e-cigarettes is highly variable and depends on product characteristics (including device and e-liquid characteristics) and how the device is operated.

Conclusion 4-2: There is substantial evidence that nicotine intake from e-cigarette devices among experienced adult e-cigarette users can be comparable to that from combustible tobacco cigarettes.

Conclusion 5-1: There is conclusive evidence that in addition to nicotine, most e-cigarette products contain and emit numerous potentially toxic substances.

Conclusion 5-2: There is conclusive evidence that, other than nicotine, the number, quantity, and characteristics of potentially toxic substances emitted from e-cigarettes is highly variable and depends on product characteristics (including device and e-liquid characteristics) and how the device is operated.

Conclusion 5-3: There is substantial evidence that except for nicotine, under typical conditions of use, exposure to potentially toxic substances from e-cigarettes is significantly lower compared with combustible tobacco cigarettes.

Conclusion 5-4: There is substantial evidence that e-cigarette aerosol contains metals. The origin of the metals could be the metallic coil used to heat the e-liquid, other parts of the e-cigarette device, or e-liquids. Product characteristics

and use-patterns may contribute to differences in the actual metals and metal concentrations measured in e-cigarette aerosol.

Conclusion 5-5: There is limited evidence that the number of metals in e-cigarette aerosol could be greater than the number of metals in combustible tobacco cigarettes, except for cadmium, which is markedly lower in e-cigarettes compared with combustible tobacco cigarettes.

Taken together, the evidence in support of these conclusions suggests that e-cigarette aerosol contains fewer numbers and lower levels of toxicants than smoke from combustible tobacco cigarettes. Nicotine exposure can mimic that found with use of combustible tobacco cigarettes, but is highly variable. The exposure to nicotine and toxicants from the aerosolization of flavorings and humectants is dependent on user and device characteristics, however.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made.

4.2 Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums

Kernaussagen

- E-Zigarettenaerosol kann die innere Auskleidung der Blutgefäße schädigen (endotheliale Dysfunktion)
- E-Zigarettenaerosol kann oxidativen Stress auslösen
- E-Zigarettenaerosol wirkt entzündungsfördernd
- E-Zigarettenaerosol könnte die Erbsubstanz schädigen
- E-Zigarettenaerosol kann verschiedene Zellfunktionen beeinträchtigen
- Derzeit ist nicht geklärt, ob E-Zigarettenkonsum langfristig Atemwegserkrankungen verursacht
- E-Zigarettenkonsum birgt ein gewisses kardiovaskuläres Risiko, insbesondere für Menschen mit bestehenden Herz-Kreislauf-erkrankungen; dieses Risiko ist aber geringer als das durch Rauchen
- Derzeit ist nicht geklärt, ob E-Zigarettenkonsum langfristig das Krebsrisiko erhöht
- E-Zigarettenaerosol kann möglicherweise die Mundgesundheit beeinträchtigen, eine gesicherte Aussage zum Einfluss des E-Zigarettenkonsums auf die Mundgesundheit ist derzeit aber nicht möglich
- Tier- und Zellversuche deuten darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum während der Schwangerschaft den Fetus schädigen könnte, sie lassen aber keine verlässliche Aussage zur Schädigung des E-Zigarettenkonsums während der Schwangerschaft zu
- Tierversuche und Fallberichte von Hauttransplantationen deuten darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum die Wundheilung in ähnlichem Ausmaß beeinträchtigen könnte wie Rauchen
- Aufgrund von Fehlfunktionen und Überhitzung von Akkus können E-Zigaretten explodieren und schwere Verbrennungen und Verletzungen verursachen
- Das Nikotin aus E-Zigaretten kann zu Vergiftungen führen, die meist mild verlaufen, in Einzelfällen aber auch tödlich ausgehen

Die Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums wurden bislang vor allem in Tier- und Zellversuchen untersucht; daneben gibt es wenige kleinere experimentelle Studien mit Probanden sowie mehrere Fallberichte. Weitere Hinweise auf gesundheitliche Auswirkungen liefern Vergleichsuntersuchungen von Rauchern, E-Zigarettenkonsumenten und dualen Konsumenten. Einen Überblick über mögliche gesundheitliche Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums gibt Tabelle 3.

Beobachtungen aus Tier- und Zellversuchen

Die aktuell vorliegenden Tier- und Zellversuche unterscheiden sich stark in ihrer Methodik; zudem ist unklar, inwieweit sich die Ergebnisse auf den Menschen übertragen lassen.¹⁸⁵ Dennoch geben sie erste Hinweise auf mögliche Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums.

So zeigen die Tier- und Zellversuche, dass E-Zigarettenaerosol eine endotheliale Dysfunktion verursachen kann. Bei einer endothelialen Dysfunktion sind die Funktionen der inneren Auskleidung der Blutgefäße, des Endothels, beeinträchtigt: Die Gefäßwand verliert ihre Dehnfähigkeit, wird durchlässiger für Proteine, und Blutzellen bleiben leichter an ihr haften. Die endotheliale Dysfunktion ist der erste Schritt in der Entstehung einer Atherosklerose (Verhärtung der Blutgefäßwand), die wiederum der Ausgangspunkt für Herz-Kreislauf-erkrankungen ist. Derzeit ist allerdings noch unklar, welche langfristigen Folgen die Wirkungen des E-Zigarettenaerosols auf die Funktionen des Endothels nach sich ziehen.¹⁸⁵

Daneben kann E-Zigarettenaerosol oxidativen Stress verursachen. Bei oxidativem Stress entstehen vermehrt reaktive Sauerstoffspezies wie freie Radikale, die hochreaktiv sind und biologische Strukturen schädigen. Oxidativer Stress spielt eine wichtige Rolle bei chronischen Entzündungskrankheiten, der Krebsentstehung und dem Alterungsprozess. E-Zigarettenaerosol verursacht zwar im Vergleich zu Tabakrauch einen geringeren oxidativen Stress, aufgrund der beobachteten biologischen Vorgänge ist aber bei langfristigem E-Zigarettenkonsum mit einer Schädigung zu rechnen.¹⁸⁵

Außerdem wirkt eine Behandlung mit E-Zigarettenaerosol in Tierversuchen mit Ratten und Mäusen entzündungsfördernd, beeinträchtigt die Funktion von Makrophagen und der Lunge, verschlechtert die antimikrobielle Abwehr in den Atemwegen und verursacht bei Neugeborenen eine beeinträchtigte Lungenentwicklung. Zudem führt E-Zigarettenaerosol zu Veränderungen der Genexpression, aktiviert Karzinogen-metabolisierende Enzyme, verursacht Strangbrüche der Erbsubstanz (DNA)^{209,244} und verursacht eine

Tabelle 3: Gesundheitliches Gefährdungspotential von E-Zigaretten. DNA: Desoxyribonucleinsäure. Quellen: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2018¹⁸⁵, Eltorai 2018⁸⁷, Qasim 2018²¹

Zellversuche	Tierversuche	Experimentelle Beobachtungen am Menschen
<ul style="list-style-type: none"> • entzündungsfördernd • oxidativer Stress ↑ • zytotoxisch • Veränderung der Zellgestalt • Beeinträchtigung der Zellproliferation • Veränderungen der Genexpression 	<ul style="list-style-type: none"> • entzündungsfördernd • oxidativer Stress ↑ • Makrophagenfunktion ↓ • antimikrobielle Abwehr in den Atemwegen ↓ • Veränderungen der Genexpression • Aktivierung Karzinogen-metabolisierender Enzyme • Strangbrüche der DNA • Beeinträchtigung der Lungenfunktion • beeinträchtigte Lungenentwicklung von Neugeborenen bei Behandlung trächtiger Tiere mit E-Zigarettenaerosol • Aktivierung der Blutplättchen⁵⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> • Nebenwirkungen: Reizungen des Rachenraumes, Husten, Übelkeit, Kopfschmerzen, Benommenheit, Schwindel • kurzfristige Beeinträchtigung der Lungenfunktion • langfristige Wirkung auf Herz-Kreislaufsystem unklar • möglicherweise Verschlechterung der Mundgesundheit • Fallberichte: beeinträchtigte Sauerstoffversorgung von Hauttransplantaten • Fallberichte: verschiedene Formen von Lungenentzündungen • Fallberichte: Verbrennungen durch Explosion • Fallberichte: Vergiftung durch orale Aufnahme (v. a. Kinder bis 5 Jahre) • langfristige Gesundheitsgefährdung unbekannt

krankhafte Bindegewebsvermehrung in Niere, Herz und Leber von Mäusen⁵⁴. Auch in Versuchen mit verschiedenen Zellkulturen verursacht E-Zigarettenaerosol oxidativen Stress, wirkt entzündungsfördernd und zytotoxisch, beeinträchtigt die Zellvermehrung, schädigt die DNA und verändert das Ablesen und Umsetzen der genetischen Information (Genexpression).^{209,220,244} All diese Wirkungen sind den vorliegenden Studien zufolge im Vergleich zu Zigarettenrauch – sofern dies untersucht wurde – weniger stark ausgeprägt.

Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Atemwege

Prinzipiell können verschiedene Inhaltsstoffe des Aerosols die Atemwege schädigen; dazu gehören Nikotin, Aromen, Partikel sowie Substanzen, die bei der Aerosolzeugung entstehen. Abbildung 10 gibt einen Überblick über plausible biologische Mechanismen, über die E-Zigarettenaerosol Atemwegskrankheiten fördern könnte. Derzeit liegen allerdings nur wenige wissenschaftliche Daten zu kurz- und langfristigen Wirkungen des E-Zigarettenaerosols auf die Atemwege vor.

Am Menschen wurden die Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums bislang nur in wenigen Studien untersucht. Diese deuten darauf hin, dass der E-Zigarettenkonsum kurzfristig die Lungenfunktion und die Abwehrmechanismen im Atemtrakt beeinträchtigen könnte. Bei Jugendlichen erhöht E-Zigarettenkonsum möglicherweise das Risiko für Husten und Verschlimmerung von Asthma.¹⁸⁵ In einer Studie mit 43 Teilnehmern war bei E-Zigarettenkonsumenten ein Zellbestandteil, der bei Entzündungsprozessen eine wichtige Rolle spielt, das Inflammasom, im Vergleich zu Nichtrauchern erhöht, aber niedriger als bei Rauchern²⁷⁸. Tier- und Zellversuche deuten ebenfalls darauf hin, dass der Gebrauch von E-Zigaretten die Atemwege beeinträchtigt, wobei wahrscheinlich Entzündungsprozesse, oxidativer Stress, ein reduzierter Hustenreflex und eine verringerte Selbstreinigung der Bronchien (mukoziliäre Clearance) eine Rolle spielen.¹⁸⁵

In einer kleinen Studie mit zehn Nichtrauchern, die noch nie eine E-Zigarette verwendet hatten, veränderte der kurzfristige Gebrauch von E-Zigaretten (2 x 10 Züge im Abstand von 30 min) die

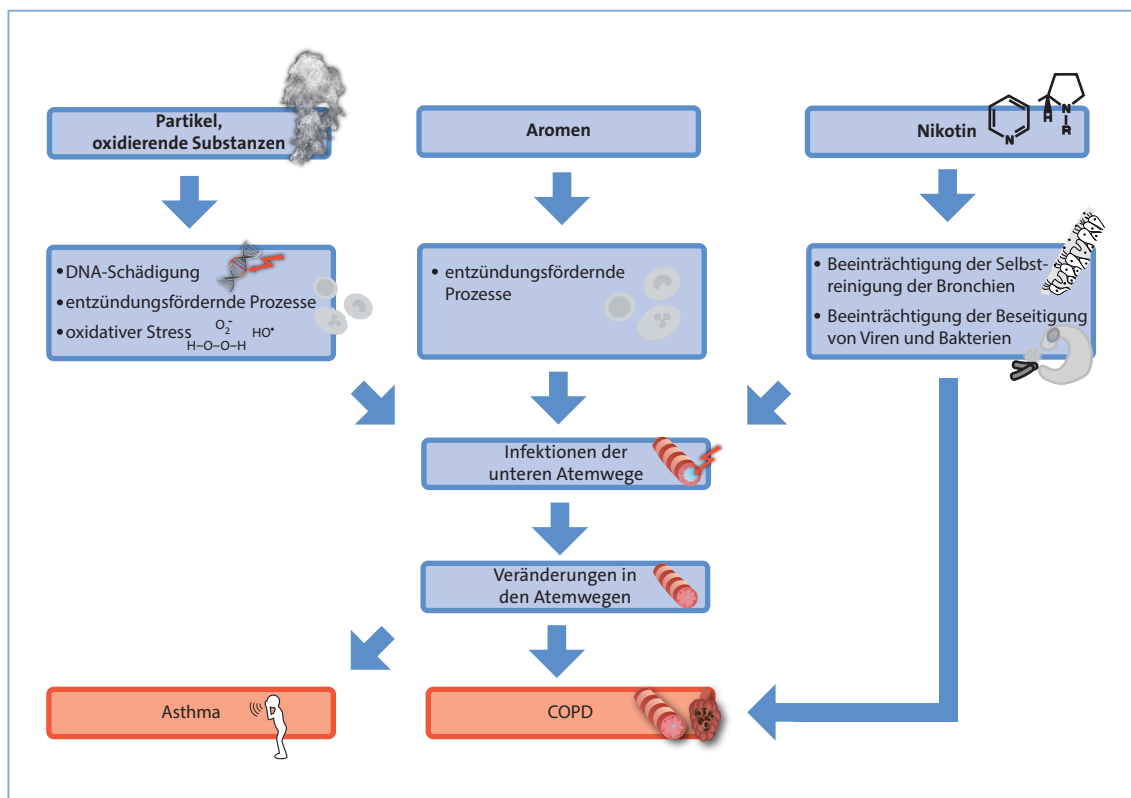


Abbildung 10: Plausible biologische Mechanismen, über die E-Zigarettenaerosol Atemwegserkrankungen fördern könnte. Quelle: verändert nach National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2018¹⁸⁵. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Aktivität von über 70 Genen sowie die Menge eines Biomarkers für den Gesundheitszustand der Lungenbläschen.²⁶² In einer anderen Studie mit 15 Gelegenheitsrauchern führte ein 30-minütiger Konsum von nikotinhaltigen E-Zigaretten der dritten Generation ohne Aromazusatz zu einer Verengung der Atemwege; beim Gebrauch nikotinfreier E-Zigaretten trat dieser Effekt nicht ein⁹. In einer weiteren kleinen Studie vermehrten sich in der Nasenschleimhaut nach fünfminütigem E-Zigarettengebrauch spezielle Rezeptoren, an die Bakterien wie die Erreger der Lungenentzündung binden¹⁸⁰.

In einer Studie, die 13 Raucher mit 10 E-Zigarettenkonsumenten (alles ehemalige Raucher, die seit mindestens sechs Monaten E-Zigaretten verwenden, zwei davon duale Konsumenten) und 18 Nichtrauchern verglich, führte E-Zigarettenkonsum zu Veränderungen in der Lunge: Bei den E-Zigarettenkonsumenten war die Bronchialschleimhaut stärker gerötet und reizbarer als bei Nichtrauchern. Zudem wurden bei den Rauchern 292 Proteine in veränderter Menge produziert und bei den E-Zigarettenkonsumenten 191¹⁰⁸. Eine weitere Studie mit 14 Rauchern, 15 E-Zigarettenkonsumenten (ausschließlicher oder vorwiegender E-Zigarettenkonsum mit weniger als 5 Zigaretten pro Woche für mindestens sechs Monate; 12 davon ehemalige

Raucher) und 15 Nichtrauchern fand bei den E-Zigarettenkonsumenten im Bronchialschleim eine veränderte Funktion einer Gruppe von Immunzellen (Neutrophile)²²³. Da die E-Zigarettenkonsumenten in diesen beiden Studien ehemalige Raucher und zum Teil duale Konsumenten waren, ist nicht auszuschließen, dass die beobachteten Effekte eine Langzeitfolge des (ehemaligen) Rauchens sind; allerdings bestanden in beiden Studien Unterschiede zwischen Rauchern und E-Zigarettenkonsumenten. Eine – sehr kleine – Studie beobachtete hingegen bei neun E-Zigarettenkonsumenten, die nie geraucht hatten, im Verlauf von dreieinhalb Jahren keine Beeinträchtigung der Lungenfunktion; die E-Zigarettenkonsumenten unterschieden sich diesbezüglich nicht von Nichtrauchern²¹⁰. Mehrere Fallbeobachtungen beschreiben aber im Zusammenhang mit E-Zigarettenkonsum verschiedene spezielle Formen von Lungenentzündung^{12,148,251} sowie eine Entzündung der kleinen Atemwege (respiratorische Bronchiolitis) mit interstitieller Lungenerkrankung⁹⁸. In einem weiteren Fall entwickelte sich infolge des E-Zigarettenkonsums eine ausgeprägte Entzündung in der Lunge, die metastasierendem Krebs ähnlich sah²²⁷. Die gesundheitliche Bedeutung dieser Beobachtungen bleibt zwar noch unbekannt, die Veränderungen legen aber nahe, dass E-Zigarettenkonsum nicht harmlos ist.

Auch wenn all diese Beobachtungen die Annahme untermauern, dass E-Zigarettenkonsum nicht harmlos ist und möglicherweise die Atemwege schädigt, ist die Datenlage insgesamt schwach. Daher kommt die von den National Academies of Sciences, Engineering, and Medicines beauftragte Expertengruppe zu dem Schluss, dass derzeit unklar ist, ob E-Zigaretten beim Menschen langfristig Atemwegserkrankungen verursachen.¹⁸⁵

Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf das Herz-Kreislaufsystem

Einige Substanzen wie Blei, Nickel oder Cadmium und auch Partikel erhöhen das Risiko für Herz-Kreislauferkrankungen. Da sich die Partikel des E-Zigarettenaerosols aber von denen des Tabakrauchs unterscheiden, ist nicht bekannt, ob sie im Körper eine vergleichbare Wirkung wie diejenigen aus Verbrennungsprozessen haben oder nicht. Auch die Bedeutung von Nikotin bei der Entstehung von Herz-Kreislauferkrankungen ist noch nicht eindeutig geklärt. Einen Überblick über plausible Mechanismen, über die verschiedene Schadstoffe aus dem E-Zigarettenaerosol die Entstehung von Herz-Kreislauferkrankungen fördern könnten, gibt Abbildung 11.

Die vorliegenden Beobachtungen am Menschen zeigen, dass der Konsum nikotinhaltiger E-Zigaretten zumindest kurzfristig die Herzfrequenz erhöht, wahrscheinlich auch den diastolischen

und möglicherweise den systolischen Blutdruck¹⁸⁵. Dies bestätigen aktuelle Studien: In einer Pilotstudie mit 15 Probanden erhöhten zehn Züge an einer nikotinhaltigen E-Zigarette der dritten Generation den Blutdruck und die Herzfrequenz in ähnlichem Ausmaß wie das Rauchen einer Tabakzigarette; eine nikotinfreie E-Zigarette hingegen blieb wirkungslos¹⁰⁴. In der bereits genannten Studie mit 15 Gelegenheitsrauchern führte der 30-minütige E-Zigarettenkonsum unabhängig vom Nikotingehalt zu einem Anstieg des diastolischen und des systolischen Blutdrucks; die Herzfrequenz und die Pulswellengeschwindigkeit erhöhten sich aber nur bei der Verwendung nikotinhaltiger E-Zigaretten⁹. Langfristig scheint sich der E-Zigarettenkonsum weniger auf das Herz-Kreislaufsystem auszuwirken: Die bereits erwähnte Studie mit neun E-Zigarettenkonsumenten, die nie geraucht hatten, stellte im Verlauf von dreieinhalb Jahren bei den Konsumenten keine Veränderungen von Blutdruck, Herzfrequenz und Körpergewicht fest; die E-Zigarettenkonsumenten unterschieden sich hinsichtlich dieser Parameter nicht von Nichtraucher²¹⁰.

Einige wenige Studien deuten darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum oxidativen Stress erhöht, eine endotheliale Dysfunktion sowie eine Versteifung der Arterien fördert. Diese Beobachtungen decken sich mit denen aus Tier- und Zellversuchen.¹⁸⁵ Möglicherweise fördert der E-Zigarettenkonsum

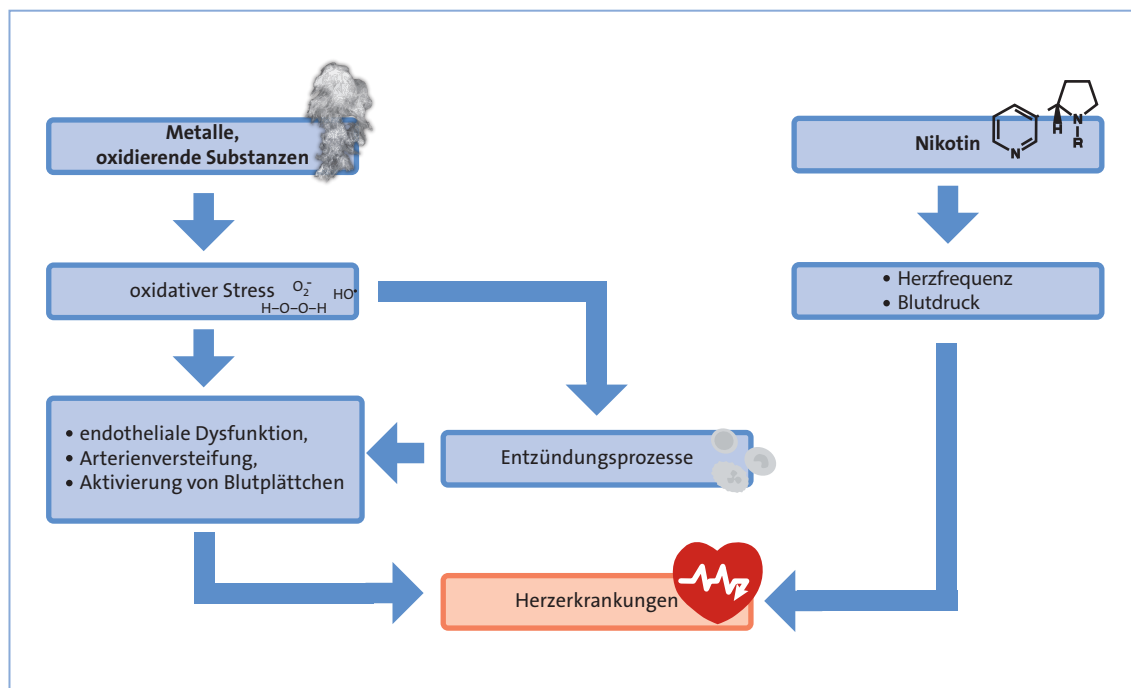


Abbildung 11: Plausible Mechanismen, über die verschiedene Schadstoffe aus dem E-Zigarettenaerosol die Entstehung von Herz-Kreislauferkrankungen fördern könnten. Quelle: verändert nach National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2018¹⁸⁵. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

auch die Aktivierung von Blutplättchen. So zeigen Mäuse, die für fünf Tage E-Zigarettenaerosol ausgesetzt wurden, hyperaktive Blutplättchen, was auf ein erhöhtes Thromboserisiko hinweist²¹⁸. Bei Menschen führten in einer Studie bereits neun Züge an einer E-Zigarette (Typ nicht beschrieben: „from a leading brand“) zu einer Aktivierung der Blutplättchen¹⁸⁹.

Inwieweit diese kurzfristigen Auswirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem zu einer langfristigen Erhöhung des Risikos für Herz-Kreislauferkrankungen führen, ist derzeit nicht bekannt¹⁸⁵. Einer aktuellen Bewertung zufolge birgt der E-Zigarettenkonsum ein gewisses kardiovaskuläres Risiko, insbesondere für Menschen mit bestehenden Herz-Kreislauferkrankungen; dieses Risiko wird aber als geringer eingeschätzt als das durch Rauchen²⁷.

Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf das Krebsrisiko

Das E-Zigarettenaerosol enthält verschiedene krebserzeugende Substanzen; insbesondere Formaldehyd kann in gesundheitlich bedenklichen Mengen vorkommen. Die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (MAK-Kommission) hat für Formaldehyd einen maximalen Arbeitsplatzgrenzwert von 0,37 mg/m³ (0,3 ppm) festgesetzt⁷⁰ und der Ausschuss für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamts hat als Richtwert I für Innenraumluft einen Maximalwert von 0,1 mg/m³ festgelegt²⁸³. Die Formaldehydmenge kann im E-Zigarettenaerosol

in Abhängigkeit von der Leistung der E-Zigarette, dem Liquid und dem Konsumentenverhalten um ein Vielfaches über diesen Werten liegen¹⁸⁵. Zudem kann das Aerosol reaktive Sauerstoffspezies enthalten, die die DNA schädigen können¹⁸⁵. Tier- und Zelleversuchen zufolge kann Nikotin über die Hemmung des programmierten Zelltodes (Apoptose), die Stimulierung des Zellwachstums und über die Förderung von Veränderungen der Zelle die Krebsentstehung fördern¹¹⁵. Aufgrund fehlender Studien am Menschen und der Beobachtung, dass Personen, die Nikotinersatzprodukte wie Nikotinplaster verwenden, kein erhöhtes Krebsrisiko haben, gilt Nikotin allerdings nicht als krebserzeugend für den Menschen.¹⁸⁵ Abbildung 12 gibt einen Überblick über plausible biologische Mechanismen, über die E-Zigarettenaerosol die Entstehung von Krebs fördern könnte.

Die im E-Zigarettenaerosol vorhandenen krebserzeugenden Substanzen können die DNA schädigen und bleibende Schädigungen (Mutationen) verursachen. Damit ist es biologisch plausibel, dass E-Zigarettenkonsum langfristig das Krebsrisiko erhöhen könnte. Es ist jedoch unklar, ob die im Aerosol vorliegenden Mengen an Kanzerogenen ausreichen, um tatsächlich Krebs auszulösen. Die wenigen vorliegenden Tier- und Zellversuche deuten darauf hin, dass dies der Fall sein könnte. Allerdings liegen derzeit keine Studien dazu vor, ob E-Zigarettenkonsum beim Menschen langfristig das Krebsrisiko steigert.¹⁸⁵ Eine Studie, die das kanzerogene Potential verschiedener Tabak- und Nikotinprodukte abzuschätzen versucht, kommt zu dem Schluss, dass E-Zigaretten im Vergleich zu Tabakzigaretten ein deutlich geringeres Krebsrisiko

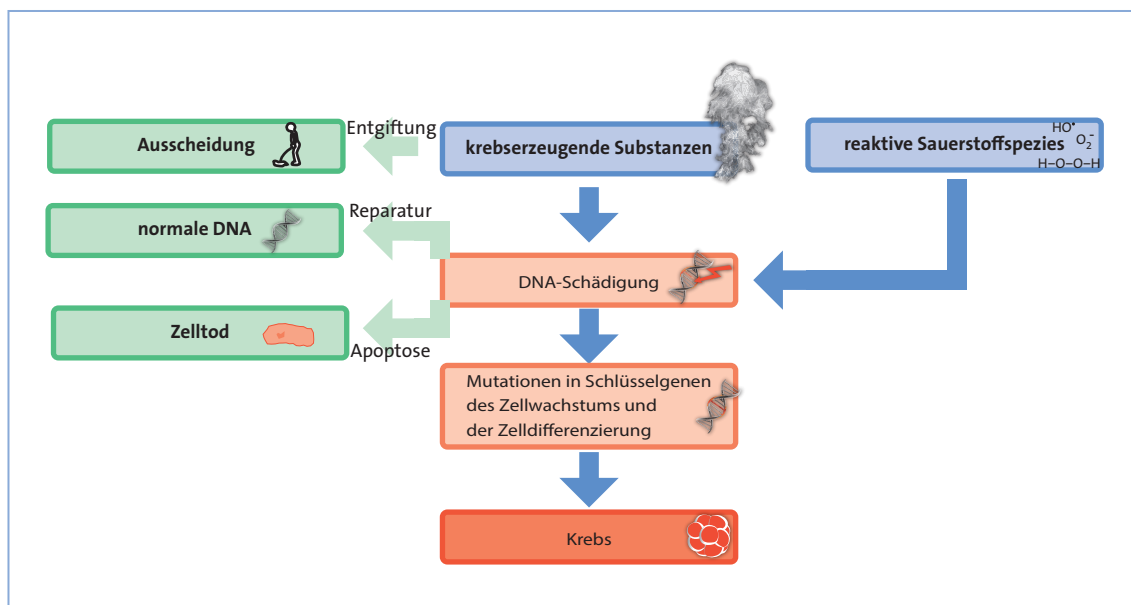


Abbildung 12: Plausible biologische Mechanismen, über die E-Zigarettenaerosol die Entstehung von Krebs fördern könnte. Quelle: verändert nach National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2018¹⁸⁵. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

bergen, wobei jedoch eine große Spannweite zwischen verschiedenen E-Zigarettentypen besteht (Abb. 13).²⁶³

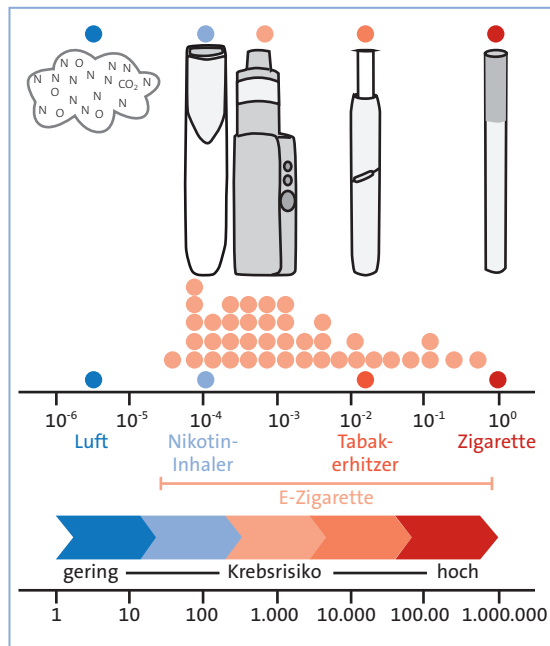


Abbildung 13: Relatives Krebsrisiko von verschiedenen Tabak- und Nikotinprodukten, abgeschätzt auf Basis von 14 Studien. E-Zigaretten bergen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren ein unterschiedlich hohes Krebsrisiko. Die meisten Studien deuten für E-Zigaretten auf ein Krebsrisiko hin, das zwischen dem von Nikotininhalern und Tabakerhitzern liegt (symbolisiert durch die Punkte, die die Verteilung der Messergebnisse widerspiegeln, aber nicht einzelnen Studien oder Messungen entsprechen). Quelle: vereinfacht nach Stephens 2017²⁶³. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Mundgesundheit

Beim E-Zigarettenkonsum behält der Konsument das Aerosol vor der Inhalation einen Moment im Mund, sodass die Substanzen des Aerosols mit der Mundhöhle und den Zähnen in Wechselwirkung treten können. Die Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Mundgesundheit sind bislang kaum untersucht.

Studien mit verschiedenen Zelltypen aus dem Mundraum deuten darauf hin, dass das E-Zigarettenaerosol in diesen Zellen oxidativen Stress und einen Entzündungszustand erzeugt, die DNA schädigt, die Zellvermehrung beeinträchtigt und den programmierten Zelltod fördert^{185,266}. In vitro fördert E-Zigarettenaerosol außerdem das Wachstum des Pilzes *Candida albicans*, der Mundsoor erzeugt, und steigert die Expression von Virulenzgenen. Nikotinhaltiges Aerosol zeigt dabei eine

stärkere Wirkung als nikotinfreies. Diese Effekte des Aerosols sind im Vergleich zu Tabakrauch weniger stark ausgeprägt.³

E-Zigarettenkonsumenten berichten als häufigste Nebenwirkung im Mundraum Mundtrockenheit, Entzündungen der Mundschleimhaut (Stomatitis) und eine haarige Zunge²⁶⁶. Eine Studie mit 45 ehemaligen Rauchern und 45 aktuellen E-Zigarettenkonsumenten beobachtete bei den E-Zigarettenkonsumenten häufiger eine Nikotinstomatitis, eine haarige Zunge sowie eine hyperplastische Candidose als bei den ehemaligen Rauchern¹⁸. Verschiedenen, zumeist kleinen Studien mit nur sehr wenigen Teilnehmern zufolge vermindert E-Zigarettenkonsum vorübergehend die Durchblutung der Mundschleimhaut, verursacht Zahnfleischentzündung, verschlechtert den Gesundheitszustand um Implantate und erhöht Entzündungsfaktoren^{11,185}. In einer Studie mit 160 Rauchern, E-Zigarettenkonsumenten und Nichtrauchern wiesen die E-Zigarettenkonsumenten schlechtere periimplantäre Parameter auf als Nichtraucher, aber bessere als Raucher. Auch entzündungsfördernde Botenstoffe waren bei den E-Zigarettenkonsumenten im Vergleich zu den Nichtrauchern erhöht, aber niedriger als bei Rauchern.⁶

In einer großen Querschnittsstudie zeigte sich nach Adjustierung für verschiedene andere Risikofaktoren, darunter auch Rauchen, ein Zusammenhang zwischen täglichem E-Zigarettenkonsum und schlechter Mundgesundheit, die anhand der Zahl der nicht verletzungsbedingt entfernten Zähne festgestellt wurde; bei gelegentlichem E-Zigarettenkonsum bestand dieser jedoch Zusammenhang nicht¹³⁰. In einer Pilotstudie mit 10 Rauchern, 10 E-Zigarettenkonsumenten (darunter ein dualer Konsument) und 10 nichtrauchenden Nichtkonsumenten veränderte Rauchen die Bakterienzusammensetzung im Darm. E-Zigarettenkonsumenten hingegen unterschieden sich diesbezüglich nicht von den Nichtkonsumenten.²⁶⁴

Die vorliegenden Studien deuten darauf hin, dass das E-Zigarettenaerosol die Mundgesundheit beeinträchtigen könnte, eine gesicherte Aussage zum Einfluss des E-Zigarettenkonsums auf die Mundgesundheit ist derzeit aber nicht möglich.^{185,266}

Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums während der Schwangerschaft

Viele Schadstoffe, darunter Nikotin, können die Plazentaschranke, die den mütterlichen Blutkreislauf von dem des Kindes trennt, überschreiten und so in den Fetus gelangen. Rauchen während der Schwangerschaft schädigt das Ungeborene nachhaltig, wobei das Nikotin eine wichtige Rolle zu spielen scheint. Tier- und Zellversuche zeigen, dass Nikotinkonsum während der Schwangerschaft die

Lungen- und Gehirnentwicklung des Fetus stört; außerdem beeinträchtigt er die Lungenfunktion des Kindes und zieht Verhaltensauffälligkeiten nach sich.^{88,166,185,260} Neben dem Nikotin können verschiedene andere Substanzen aus dem E-Zigarettenaerosol zytotoxisch wirken, Entzündungsprozesse fördern oder oxidativen Stress verursachen; somit könnten sie schädliche Auswirkungen auf den Fetus haben. Daher steht zu befürchten, dass auch der E-Zigarettenkonsum während der Schwangerschaft dem Kind schaden könnte.^{88,166,260}

Bislang liegen keine Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums während der Schwangerschaft beim Menschen vor.^{166,185} Tier- und Zellversuche deuten allerdings darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum während der Schwangerschaft der Entwicklung des Fetus schaden könnte.¹⁶⁶ So beeinträchtigte eine Behandlung mit nicht aromatisiertem E-Zigarettenaerosol unabhängig vom Nikotingehalt verschiedene Funktionen von Trophoblastzellen (der Trophoblast ist wichtig für die Einnistung der befruchteten Eizelle im Uterus)²¹⁹. Ein Extrakt aus E-Zigaretten führte bei Embryonen des Krallenfrosches *Xenopus laevis* zu Missbildungen, jedoch in deutlich geringerem Ausmaß als ein Extrakt aus Zigarettenkippen¹⁹⁹. Eine Behandlung von Zebrafischen und von menschlichen embryonalen Stammzellen mit E-Zigarettenaerosol hatte negative Auswirkungen auf die Entwicklung des Herzens¹⁹⁶. Mäuse, die im Uterus und kurz nach der Geburt E-Zigarettenaerosol ausgesetzt wurden, hatten ein geringeres Geburtsgewicht und ein erhöhtes Risiko für Asthma, die Aktivität verschiedener Gene im Gehirn und in der Lunge war bei ihnen verändert, in ihrem Gehirn kam es zu Veränderungen von Mechanismen, die den Stoffwechsel und entzündliche Prozesse steuern, und sie zeigten schlechtere kognitive Leistungen^{166,188}.

Auch wenn diese Versuche auf eine schädigende Wirkung hindeuten, lassen sie keine verlässliche Aussage zur Schädigung des E-Zigarettenkonsums während der Schwangerschaft zu.

Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Wundheilung

Rauchen verschlechtert die Wundheilung über verschiedene Mechanismen: Es führt zu einer Unterversorgung des Gewebes mit Sauerstoff (Hypoxie), es stört die Funktion von Entzündungszellen und reduziert die Zellvermehrung²⁵⁶. Auch das Aerosol von E-Zigaretten enthält Substanzen, die die Wundheilung beeinträchtigen könnten. So kann Nikotin über seine blutgefäßverengende Wirkung sowie über die Steigerung der Blutviskosität zu einer Hypoxie führen und könnte auf diesem Weg die Wundheilung beeinträchtigen. Geringe Nikotinmengen scheinen allerdings die Neubildung von Blutgefäßen und somit auch die Wundheilung zu fördern.¹¹⁶

E-Zigarettenaerosol kann oxidativen Stress verursachen, entzündliche Prozesse fördern und die Funktion von Immunzellen beeinträchtigen¹⁰³. Möglicherweise stören auch die feinen Partikel des E-Zigarettenaerosols die Wundheilung²²¹. Einer Pilotstudie zufolge reduziert E-Zigarettengebrauch den Blutfluss in der Haut¹⁰³.

Die Wirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Wundheilung wurden bislang nur in zwei Tierversuchen untersucht; daneben liegen einzelne Fallberichte vor. In den beiden Studien mit Ratten führte eine Ganzkörperexposition mit E-Zigarettenaerosol oder Zigarettenrauch (entspricht Passivdampfen/Passivrauchen) dazu, dass an einem zunächst chirurgisch abgelösten und dann wieder angenähten Hautlappen deutlich größere Hautbereiche abstarben als bei Kontrolltieren, die weder Rauch noch Aerosol ausgesetzt waren. Passivrauchen und Passivdampfen verursachten dabei vergleichbar große abgestorbene Bereiche.^{221,276} Die exponierten Tiere zeigten in dem Hautlappen außerdem deutlich mehr mit Sauerstoff unterversorgte Bereiche als die Kontrolltiere²²¹.

Mehrere Berichte von Personen, bei denen Haut transplantiert wurde, zeigen, dass E-Zigarettenkonsum den Heilungsprozess beeinträchtigen kann. So traten bei einer Frau, bei der eine Brustrekonstruktion durchgeführt wurde, nach der Operation behandlungsbedürftige Durchblutungsstörungen im Transplantat auf. Die Frau hatte zwar mit Festlegung des Operationstermins aufgehört zu rauchen, hatte aber bis zum Tag des Eingriffs eine E-Zigarette verwendet.¹⁵⁹ Bei einem jungen Mann, der am Unterarm Verletzungsbedingt eine Hauttransplantation erhielt, sank die Sauerstoffversorgung des Transplantats vorübergehend deutlich ab, nachdem er eine E-Zigarette verwendet hatte¹. Bei einer anderen Frau, die drei Monate vor ihrer Brustrekonstruktion von Tabak auf E-Zigaretten umgestiegen war und diese auch nach dem Eingriff weiterhin benutzte, starben die Hauttransplantate ab¹⁰³.

Diese Studien lassen zwar keine verlässliche Einschätzung der Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Wundheilung zu, sie weisen aber darauf hin, dass der Gebrauch von E-Zigaretten ähnlich negative Auswirkungen auf die Wundheilung haben könnte wie Zigarettenrauchen.

Verbrennungen

E-Zigaretten beziehen den benötigten Strom aus Lithium-Ionen-Akkus, die brennbare Flüssigkeiten enthalten. Diese können bei Überhitzung eine Explosion verursachen, bei der der Akku an seinem Ende aufbricht. Da E-Zigaretten zylinderförmig sind, haben sie, ebenso wie der Akku, ihre schwächsten Punkte an den Enden. Daher schießt der Brand aus

einem Ende der E-Zigarette und die Explosion eines Akkus kann das Gerät wie eine brennende Rakete abschießen. Diese Gefahr besteht in dieser Form bei keinem anderen Konsumprodukt. Bei anderen Elektrogeräten laufen Fehlfunktionen von Akkus wesentlich glimpflicher ab, da die Akkus entweder in einem festen, kastenförmigen Gerät (z.B. Laptop) enthalten sind, die ein Abschießen wie bei E-Zigaretten verhindern, oder es werden flache, rechteckige Akkus verbaut, die bei Überhitzung keinen so hohen Druck aufbauen und nicht explodieren, sondern anfangen zu brennen.²⁸⁶

Explosionen von E-Zigaretten sind zwar sehr selten, haben aber gravierende Folgen, da sie schwere Verletzungen und teilweise auch Brände verursachen²⁸⁶. Das Risiko für solche gefährlichen Fehlfunktionen steigt, wenn andere als die Original-Akkus verwendet werden, wenn die Batterien schlechte Qualität haben oder wenn sie vom Konsumenten manipuliert werden¹⁸⁵.

In den meisten Fällen explodieren E-Zigaretten in der Hosentasche des Konsumenten, zum Teil nach Kontakt mit metallischen Gegenständen wie Münzen oder Schlüssel. Seltener explodieren sie beim Gebrauch, beim Laden oder bei der Lagerung. Verbrennungen entstehen daher vor allem am Oberschenkel, aber auch an den Genitalien, an den Händen und im Gesicht. Zumeist handelt es sich um Verbrennungen zweiten oder dritten Grades, die eine medizinische Versorgung benötigen.^{53,127,185,242,286} Mehrere Fallberichte beschreiben schwere Gesichtsverletzungen und den Verlust von Zähnen, wenn die E-Zigarette im Mund explodiert¹⁸⁵. In einem Fall schoss ein Teil der E-Zigarette durch den Rachen in die Halswirbelsäule und verursachte dort einen Bruch, der glücklicherweise ohne Lähmungserscheinungen blieb¹⁹⁰. Betroffen sind vor allem junge Männer^{53,127,242}.

In den USA nehmen die Anzahl der beim amerikanischen National Fire Incident Reporting System (NFIRS) gemeldeten Explosionen von E-Zigaretten und die der dabei verursachten Verletzungen parallel zu den ansteigenden Verkaufszahlen von E-Zigaretten zu (Abb. 14).

Vergiftungen

Nikotin ist in hoher Dosis ein starkes Gift, das in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, wie einer eventuell bestehenden Gewöhnung, der Entwicklungsphase (Kind oder Erwachsener) und dem Gesundheitszustand der Person zu milden Vergiftungserscheinungen von Übelkeit bis hin zu Erbrechen führen kann. Bei größerer Exposition kommt es zu Durchfall, erhöhtem Speichelfluss, einer Verlangsamung der Herzschlagfrequenz und der vermehrten Bildung von Atemwegssekreten. Tödlich ist eine Nikotinvergiftung allerdings nur

in den seltensten Fällen, da die Aufnahme von Nikotin über den Mund häufig Brechreiz auslöst und somit das Verschlucken einer tödlichen Dosis verhindert.^{20,279}

Das in den Liquids zum Teil in hoher Konzentration enthaltene Nikotin stellt dennoch insbesondere für Kleinkinder eine Vergiftungsgefahr dar. Weltweit wurden an Vergiftungszentralen zahlreiche Vergiftungsfälle durch E-Zigaretten und Liquids gemeldet, wobei häufig Kinder unter fünf Jahren betroffen sind. Meist sind die Vergiftungserscheinungen mild, es wurden aber auch einzelne Todesfälle berichtet.¹⁸⁵

In den USA wurde zwischen 2012 und 2015 parallel zum zunehmenden E-Zigarettenkonsum in der Bevölkerung eine steigende Anzahl von Vergiftungsfällen von Kindern unter sechs Jahren an die Vergiftungszentralen gemeldet. Nach der gesetzlichen Einführung von kindersicheren Verpackungen und gestiegener öffentlicher und medialer Aufmerksamkeit reduzierte sich die Anzahl der Vergiftungsfälle wieder.¹¹⁴

In Europa wurde in Vergiftungszentralen aus acht Ländern (Schweden, Niederlande, Irland, Portugal, Österreich, Slowakei, Litauen, Ungarn) für den Zeitraum von 2012 bis 2015 eine zunehmende Anzahl von Vergiftungsfällen gemeldet. 43 Prozent der gemeldeten Fälle betrafen Kinder, 57 Prozent Erwachsene. Der Großteil der Vergiftungen (71 Prozent) war unbeabsichtigt 18 Prozent waren beabsichtigt, der Rest entfiel auf Missbrauch, falsche Verwendung, Verdacht auf Suizid oder unbekannte Ursachen. In der Regel traten nur milde Vergiftungserscheinungen auf; als häufigste Beschwerden wurden Erbrechen (20 Prozent), Schwindel (15 Prozent), Übelkeit (14 Prozent) und Rachenbeschwerden (9 Prozent) gemeldet. Todesfälle gab es keine.²⁹⁴

Um die Vergiftungsgefahr durch Nikotin aus Liquids zu minimieren, dürfen E-Zigaretten und Liquids in Deutschland – wie auch in der gesamten Europäischen Union – nicht mehr als 20 mg/ml Nikotin enthalten. E-Zigaretten und Einwegkartuschen dürfen nicht mehr als 2 ml Inhalt haben, Nachfüllbehälter maximal 10 ml. Die Behälter müssen auslaufsicher, bruchfest und kindersicher sein.⁴¹

Suizidversuche

E-Zigarettenliquid wurde internationalen Berichten zufolge mehrfach als Hilfsmittel zum Selbstmord verwendet, wobei das Liquid meist getrunken, seltener intravenös injiziert wurde.^{185,252,272} Die Nikotinaufnahme aus Liquids führte häufig zum Herzstillstand¹⁹⁸, in Einzelfällen auch zum Tod^{47,185,272}.

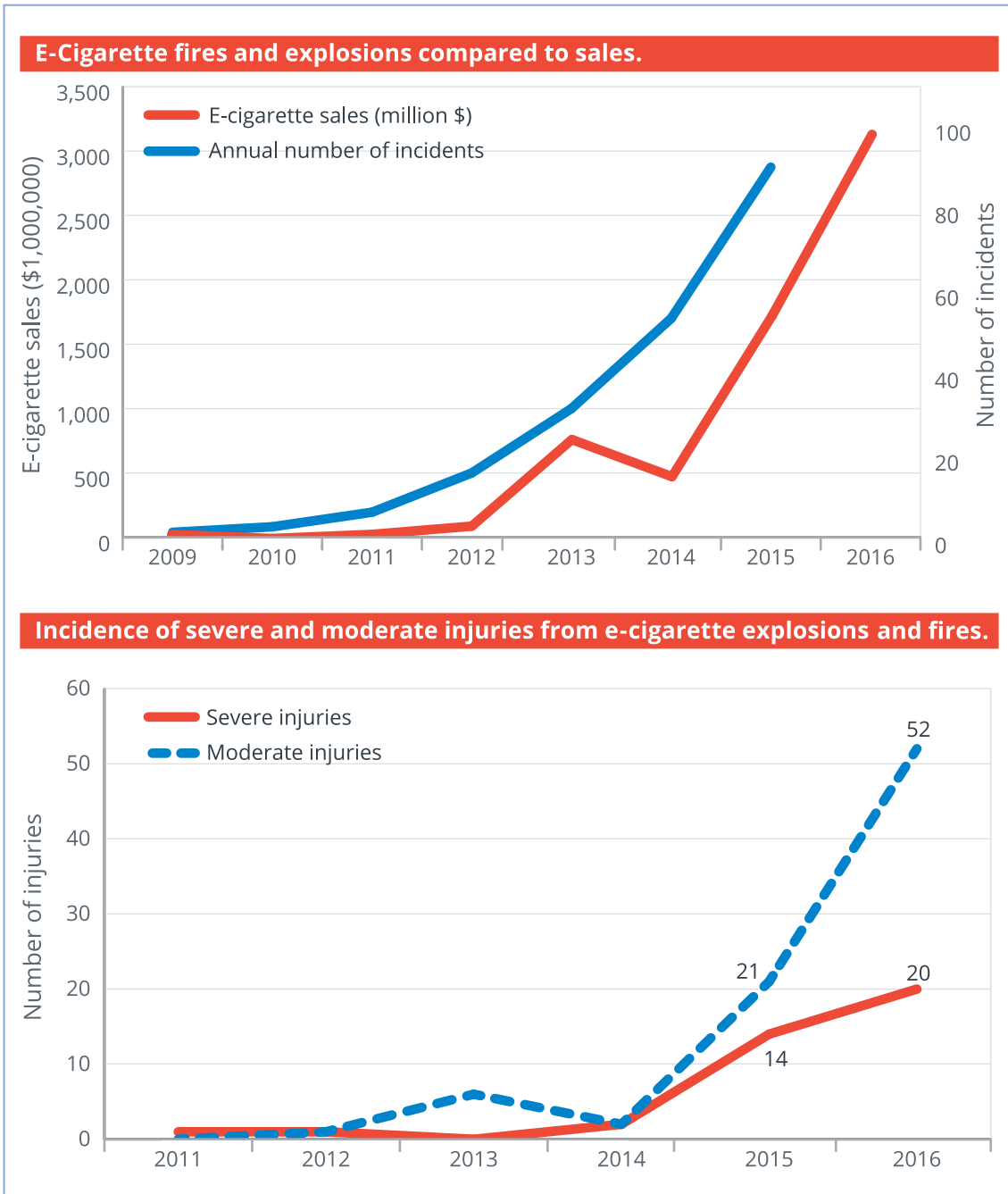


Abbildung 14: Anzahl der E-Zigarettenverkaufszahlen und Anzahl der durch E-Zigaretten verursachten Explosionen (oben) sowie Inzidenz der daraus resultierenden Verletzungen (unten). Quelle: US Fire Administration 2017²⁸⁶

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zu den Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums

Conclusion 5-3: There is substantial evidence that except for nicotine, under typical conditions of use, exposure to potentially toxic substances from e-cigarettes is significantly lower compared with combustible tobacco cigarettes.

Conclusion 7-1: There is substantial evidence that e-cigarette aerosols can induce acute

endothelial cell dysfunction, although the long-term consequences and outcomes on these parameters with long-term exposure to e-cigarette aerosol are uncertain.

Conclusion 7-2: There is substantial evidence that components of e-cigarette aerosols can promote formation of reactive oxygen species/oxidative stress. Although this supports the biological plausibility of tissue injury and disease from long-term exposure to e-cigarette aerosols, generation of reactive oxygen species and oxidative stress induction is generally

lower from e-cigarettes than from combustible tobacco cigarette smoke.

Conclusion 9-1: There is no available evidence whether or not e-cigarette use is associated with clinical cardiovascular outcomes (coronary heart disease, stroke, and peripheral artery disease) and subclinical atherosclerosis (carotid intima media-thickness and coronary artery calcification).

Conclusion 9-2: There is substantial evidence that heart rate, increases after nicotine intake from e-cigarettes.

Conclusion 9-3: There is moderate evidence that diastolic blood pressure increases after nicotine intake from e-cigarettes.

Conclusion 9-4: There is limited evidence that e-cigarette use is associated with a short-term increase in systolic blood pressure, changes in biomarkers of oxidative stress, increased endothelial dysfunction and arterial stiffness, and autonomic control.

Conclusion 9-5: There is insufficient evidence that e-cigarette use is associated with long-term changes in heart rate, blood pressure, and cardiac geometry and function.

Conclusion 10-1: There is no available evidence whether or not e-cigarette use is associated with intermediate cancer endpoints in humans. This holds true for comparisons of e-cigarette use compared with combustible tobacco cigarettes and e-cigarette use compared with no use of tobacco products.

Conclusion 10-2: There is limited evidence from in vivo animal studies using intermediate biomarkers of cancer to support the hypothesis that long-term e-cigarette use could increase the risk of cancer; there is no available evidence from adequate long-term animal bioassays of e-cigarette aerosol exposures to inform cancer risk.

Conclusion 10-3: There is limited evidence that e-cigarette aerosol can be mutagenic or cause DNA damage in humans, animal models, and human cells in culture.

Conclusion 10-4: There is substantial evidence that some chemicals present in e-cigarette aerosols (e.g., formaldehyde, acrolein) are capable of causing DNA damage and mutagenesis. This supports the biological plausibility that long-term exposure to e-cigarette aerosols could increase risk of cancer and adverse reproductive outcomes. Whether or not the

levels of exposure are high enough to contribute to human carcinogenesis remains to be determined.

Conclusion 11-1: There is no available evidence whether or not e-cigarettes cause respiratory diseases in humans.

Conclusion 11-4: There is moderate evidence for increased cough and wheeze in adolescents who use e-cigarettes and an association with e-cigarette use and an increase in asthma exacerbations.

Conclusion 11-5: There is limited evidence of adverse effects of e-cigarette exposure on the respiratory system from animal and in vitro studies.

Conclusion 12-2: There is limited evidence suggesting that nicotine and non-nicotine containing e-cigarette aerosol can adversely affect cell viability and cause cell damage of oral tissue in non-smokers.

Conclusion 13-1: There is no available evidence whether or not e-cigarettes affect pregnancy outcomes.

Conclusion 13-2: There is insufficient evidence whether or not maternal e-cigarette use affects fetal development.

Conclusion 14-1: There is conclusive evidence that e-cigarette devices can explode and cause burns and projectile injuries. Such risk is significantly increased when batteries are of poor quality, stored improperly or are being modified by users.

Conclusion 14-2: There is conclusive evidence that intentional or accidental exposure to e-liquids (from drinking, eye contact, or dermal contact) can result in adverse health effects including but not limited to seizures, anoxic brain injury, vomiting, and lactic acidosis.

Conclusion 14-3: There is conclusive evidence that intentionally or unintentionally drinking or injecting e-liquids can be fatal.

Taken together, the evidence reviewed by the committee suggests that e-cigarettes are not without physiological activity in humans, but the implications for long-term effects on morbidity and mortality are not yet clear.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including

randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made.

4.3 Gesundheitliche Veränderungen nach einem Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten

Kernaussagen

- Ein vollständiger Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten verringert die Schadstoffbelastung des Konsumenten
- Ein vollständiger Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten verringert kurzfristige Gesundheitsschäden
- Die langfristigen gesundheitlichen Folgen eines Wechsels vom Rauchen zu E-Zigaretten sind unbekannt

Das Aerosol von E-Zigaretten enthält – anders als Tabakrauch – kein Kohlenmonoxid, und verschiedene weitere möglicherweise giftige Substanzen liegen unter den üblichen Betriebsbedingungen

von E-Zigaretten im Aerosol in deutlich geringerer Menge vor als in Tabakrauch. Daher ist die Belastung mit Schadstoffen beim E-Zigarettenkonsum geringer als beim Rauchen.¹⁸⁵

Die gesundheitlichen Auswirkungen eines Wechsels vom Rauchen zum E-Zigarettenkonsum wurden in mehreren Tier- und Zellversuchen sowie in verschiedenen Studien mit Menschen untersucht. Ein beträchtlicher Teil dieser Tier- und Zellversuche sowie ein guter Teil der Studien, die untersuchen, welche gesundheitlichen Veränderungen sich bei Rauchern zeigen, die von Tabak- auf E-Zigaretten umsteigen, wurde von Tabakkonzernen oder deren E-Zigarettenunternehmen durchgeführt, oder sie wurden von E-Zigarettenherstellern oder E-Zigaretteninteressengruppen gesponsert; daher muss bei der Beurteilung der Studien ein möglicher Interessenkonflikt in Betracht gezogen werden.

Die Tier- und Zellversuche zeigen, dass E-Zigarettenaerosol oxidativen Stress verursacht, die DNA schädigt, die Lebensfähigkeit der Zellen beeinträchtigt, Stoffwechselprozesse und die Genexpression verändert sowie zytotoxisch wirkt. Die große Mehrheit dieser Studien verdeutlicht, dass diese Wirkungen bei einer Belastung durch E-Zigarettenaerosol weniger stark ausgeprägt sind als bei einer Belastung durch Tabakrauch; einige Studien finden aber auch eine ähnlich starke Wirkung für Aerosol und Rauch.¹⁸⁵

Beim Menschen reduziert ein Umstieg – insbesondere ein vollständiger – von Tabak- auf E-Zigaretten die Schadstoffbelastung des Konsumenten, denn nach einem Umstieg sinken die Biomarker für die meisten untersuchten Schadstoffe (Kohlenmonoxid, tabakspezifische Nitrosamine, Acrolein, Benzol, Acrylonitril, flüchtige organische Substanzen, Cadmium) zum Teil deutlich ab; bei manchen Substanzen (manche polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Blei) zeigt sich allerdings keine Veränderung^{56,111,185,214,217,230}. Bei dualen Konsumenten ist der Rückgang der Schadstoff-Biomarker geringer ausgeprägt als bei Personen, die vollständig auf E-Zigaretten umsteigen^{56,111,185,208,214}. In einer Studie, die Daten von über 2 700 täglichen Rauchern einbezog, wiesen die dualen Konsumenten für einige Substanzen sogar höhere Werte auf als Raucher: für NNAL (das Hauptabbauprodukt des krebserzeugenden tabakspezifischen Nitrosamins NNK), für HPMA (ein Abbauprodukt des atemwegsschädigenden Acroleins), für MHB3 (ein Stoffwechselprodukt des krebserzeugenden 1,3-Butadiens) und für ein Stoffwechselprodukt von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen²²⁹.

Die Nikotinaufnahme verändert sich durch den Wechsel von Tabak- zu E-Zigaretten nicht wesentlich, sondern entspricht bei erfahrenen

E-Zigarettenkonsumenten derjenigen von Rauchern¹⁸⁵. Duale Konsumenten nehmen allerdings mehr Nikotin auf als Raucher, denn sie zeigen im Körper höhere Werte für Cotinin und trans-3'-Hydroxycotinin (beides Abbauprodukte des Nikotins)²²⁹.

Nach einem Wechsel von Tabak- zu E-Zigaretten fühlen sich die Konsumenten subjektiv gesünder^{163,185}; in einer Längsschnittstudie bestanden jedoch hinsichtlich des selbst eingeschätzten Gesundheitszustandes nach vier Jahren keine wesentlichen Unterschiede zwischen E-Zigarettenkonsumenten, Rauchern und dualen Konsumenten⁹⁷. Den wenigen vorliegenden Studien zufolge sinkt nach einem Umstieg der Blutdruck, und die Lungenfunktion und die Mundgesundheit verbessern sich. Bei Asthmatikern verbesserten sich in einer Studie nach dem Umstieg auf E-Zigaretten die Lungenfunktion, die Krankheitssymptome und die Asthmakontrolle.¹⁸⁵ Bei Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) verringerte der Wechsel zu E-Zigaretten die Anzahl der Exazerbationen und er verbesserte die Krankheitssymptome sowie die Fähigkeit, übliche Alltagsaktivitäten durchzuführen²¹¹.

Zu gesundheitlichen Veränderungen bei einem dualen Konsum, also einem unvollständigen Wechsel, bei dem neben E-Zigaretten weiterhin geraucht wird, liegen derzeit nur zwei Studien vor, sodass dazu keine verlässliche Aussage möglich ist. Diesen beiden Studien zufolge bringt der duale Konsum im Vergleich zum Rauchen keine gesundheitliche Verbesserung^{97,295}.

Die langfristigen Auswirkungen eines Umstiegs vom Rauchen auf E-Zigaretten sind bislang nicht untersucht. Tabakrauchbedingte Krankheiten entwickeln sich über einen langen Zeitraum hinweg, und umgekehrt dauert es auch Jahre, bis sich nach einem Rauchstopp das Risiko eines Rauchers für chronische Krankheiten wesentlich verringert. In einer über einen Zeitraum von vier Jahren laufenden Studie traten bei E-Zigarettenkonsumenten ähnlich häufig tabakassoziierte Krankheiten auf wie bei Rauchern und dualen Konsumenten. Den Autoren der Studie zufolge war der Beobachtungszeitraum zu kurz, um eine Veränderung im langfristigen Krankheitsgeschehen erwarten zu können.⁹⁷

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zu gesundheitlichen Veränderungen nach einem Umstieg von Tabak- auf E-Zigaretten

Conclusion 11-2: There is limited evidence for improvement in lung function and respiratory symptoms among adult smokers with asthma

who switch to e-cigarettes completely or in part (dual use).

Conclusion 11-3: There is limited evidence for reduction of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) exacerbations among adult smokers with COPD who switch to e-cigarettes completely or in part (dual use).

Conclusion 12-1: There is limited evidence suggesting that switching to e-cigarettes will improve periodontal disease in smokers.

Conclusion 18-1: There is conclusive evidence that completely substituting e-cigarettes for combustible tobacco cigarettes reduces users' exposure to numerous toxicants and carcinogens present in combustible tobacco cigarettes.

Conclusion 18-2: There is substantial evidence that completely switching from regular use of combustible tobacco cigarettes to e-cigarettes results in reduced short-term adverse health outcomes in several organ systems.

Conclusion 18-3: There is no available evidence whether or not long-term e-cigarette use among smokers (dual use) changes morbidity or mortality compared with those who only smoke combustible tobacco cigarettes.

Conclusion 18-4: There is insufficient evidence that e-cigarette use changes short-term adverse health outcomes in several organ systems in smokers who continue to smoke combustible tobacco cigarettes (dual users).

Taken together, the evidence reviewed by the committee suggests that e-cigarettes are not without physiological activity in humans, but the implications for long-term effects on morbidity and mortality are not yet clear. Use of e-cigarettes instead of combustible tobacco cigarettes by those with existing respiratory disease might be less harmful.

The evidence about harm reduction suggests that across a range of studies and outcomes, e-cigarettes pose less risk to an individual than combustible tobacco cigarettes.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made

5 Abhängigkeit

Kernaussagen

- E-Zigarettenkonsum verursacht Abhängigkeitssymptome
- Wahrscheinlich steigt das Abhängigkeitspotential mit zunehmender Häufigkeit und Dauer des E-Zigarettenkonsums
- Möglicherweise ist das Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten geringer als das von Tabakzigaretten.
- Möglicherweise wird das Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten von verschiedenen Eigenschaften der E-Zigarette, der Nikotinkonzentration des Liquids und von Aromen beeinflusst

Die Tabakabhängigkeit wird im Wesentlichen durch Nikotin verursacht, das bei der Aufnahme über die Lunge besonders schnell und effizient aufgenommen wird und daher ein höheres Abhängigkeitspotential hat, als wenn es – wie bei Nikotinkaugummi oder -pflaster – langsamer über den Mund oder die Haut aufgenommen wird. Bei der Entstehung der Abhängigkeit spielen zudem andere Faktoren, wie der Geruch und Geschmack des Rauchs sowie das Gefühl des Rauchs im Hals („throat hit“), aber auch situative Faktoren wie die Handbewegungen und das Inhalieren beim Rauchen, eine wichtige Rolle.

Beim E-Zigarettenkonsum wird das Nikotin in ähnlicher Weise wie beim Rauchen inhaliert und es kommen vergleichbare begleitende Faktoren zum Tragen wie beim Rauchen, sodass es plausibel erscheint, dass E-Zigaretten ein Abhängigkeitspotential bergen, zumal moderne E-Zigaretten das Nikotin ähnlich effektiv abgeben wie Zigaretten. Derzeit gibt es allerdings noch keine hinreichend validierte Methode, um eine E-Zigarettenabhängigkeit nachzuweisen^{36,185}. Üblicherweise werden dafür auf den E-Zigarettenkonsum angepasste Methoden zur Feststellung der Tabakabhängigkeit verwendet wie beispielsweise der Fagerströmtest oder die Nikotinabhängigkeitssyndromskala¹⁸⁵. Eine aktuelle Studie deutet darauf hin, dass der an E-Zigarettenkonsum angepasste Fagerströmtest die E-Zigarettenabhängigkeit nicht angemessen erfasst, möglicherweise aufgrund

von unterschiedlichen Motivationsmotiven beim Rauchen und beim E-Zigarettenkonsum³⁶.

Auf Basis der bis 2018 vorliegenden Studien zu dieser Fragestellung kommt die von den National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine beauftragte Expertengruppe zu dem Schluss, dass der E-Zigarettenkonsum Abhängigkeitssymptome verursacht. Dabei steigt das Abhängigkeitspotential wahrscheinlich mit zunehmender Häufigkeit und Dauer des E-Zigarettenkonsums. Einiges deutet darauf hin, dass das Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten geringer ist als das von Tabakzigaretten und dass es von verschiedenen Eigenschaften der E-Zigarette, der Nikotinkonzentration des Liquids und Aromen beeinflusst wird.¹⁸⁵

Neuere Studien bestätigen dies: So erleben einer amerikanischen Querschnittsstudie zufolge 40 Prozent der E-Zigarettenkonsumenten und 30 Prozent der dualen Konsumenten Entzugssymptome, wenn sie mit dem E-Zigarettenkonsum aufhören. Dies ist allerdings deutlich weniger als bei Rauchern, von denen 71 Prozent Entzugssymptome bekommen, wenn sie mit dem Rauchen aufhören. Die E-Zigarettenkonsumenten und dualen Konsumenten haben nicht nur seltener, sondern auch weniger Entzugssymptome als Raucher, die mit dem Rauchen aufhören. In allen drei Gruppen sind die häufigsten Entzugssymptome erhöhte Nahrungsaufnahme, Ärger und Angst.¹²⁹ In einer Studie mit 65 Rauchern bekamen 44 Teilnehmer

für drei Monate eine E-Zigarette gestellt, die restlichen 21 rauchten als Kontrollgruppe wie gewohnt weiter. Die 44 Probanden verwendeten die E-Zigaretten zumeist parallel zu den Tabakzigaretten (dualer Konsum), gleichzeitig reduzierten sie im Studienverlauf die Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten. Die (dualen) E-Zigarettenkonsumenten zeigten weniger Abhängigkeitssymptome als die ausschließlich rauchenden Kontrollpersonen; dabei traten bei den Probanden, deren E-Zigarette einen höheren Nikotingehalt hatte, weniger Abhängigkeitssymptome auf als bei den Probanden, deren E-Zigaretten weniger Nikotin enthielten.²⁴⁹ Auch in einer retrospektiven Studie mit 436 über Dampfer-Foren rekrutierten Teilnehmern zeigten die E-Zigarettenkonsumenten, die früher geraucht haben, deutlich geringere Abhängigkeitssymptome als sie rückblickend als Raucher hatten. Dabei stieg die Abhängigkeit mit zunehmender Nikotinstärke des Liquids an.³⁶

Im Gegensatz dazu erreichten in einer Studie mit polnischen Studenten (je 30 Raucher, E-Zigarettenkonsumenten und duale Konsumenten) die E-Zigarettenkonsumenten und die dualen Konsumenten höhere Werte beim Fagerströmtest für Abhängigkeitssymptome als die Raucher; über die Hälfte dieser Konsumenten verwendete moderne, leistungsstarke E-Zigaretten der dritten oder vierten Generation¹³⁶.

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zum Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten

Conclusion 4-1: There is conclusive evidence that exposure to nicotine from e-cigarettes is highly variable and depends on product characteristics (including device and e-liquid characteristics) and how the device is operated.

Conclusion 4-2: There is substantial evidence that nicotine intake from e-cigarette devices among experienced adult e-cigarette users can be comparable to that from combustible tobacco cigarettes

Conclusion 8-1: There is substantial evidence that e-cigarette use results in symptoms of dependence on e-cigarettes.

Conclusion 8-2: There is moderate evidence that risk and severity of dependence are lower for e-cigarettes than combustible tobacco cigarettes.

Conclusion 8-3: There is moderate evidence that variability in e-cigarette product characteristics (nicotine concentration, flavoring, device type, and brand) is an important determinant of risk and severity of e-cigarette dependence.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made.

6 Belastung Dritter („Passivdampfen“)

Kernaussagen

- E-Zigarettenkonsum belastet die Raumluft mit Partikeln und Nikotin
- Die passive Belastung durch Partikel und Nikotin ist wahrscheinlich geringer als beim Passivrauchen
- Die Schadstoffbelastung der Luft durch E-Zigarettenaerosol könnte für sensible Bevölkerungsgruppen wie Kinder, Schwangere, alte Menschen und Personen mit chronischen Erkrankungen eine Gesundheitsgefahr bedeuten
- Möglicherweise lagern sich Nikotin und andere Substanzen aus dem Aerosol auf Oberflächen ab

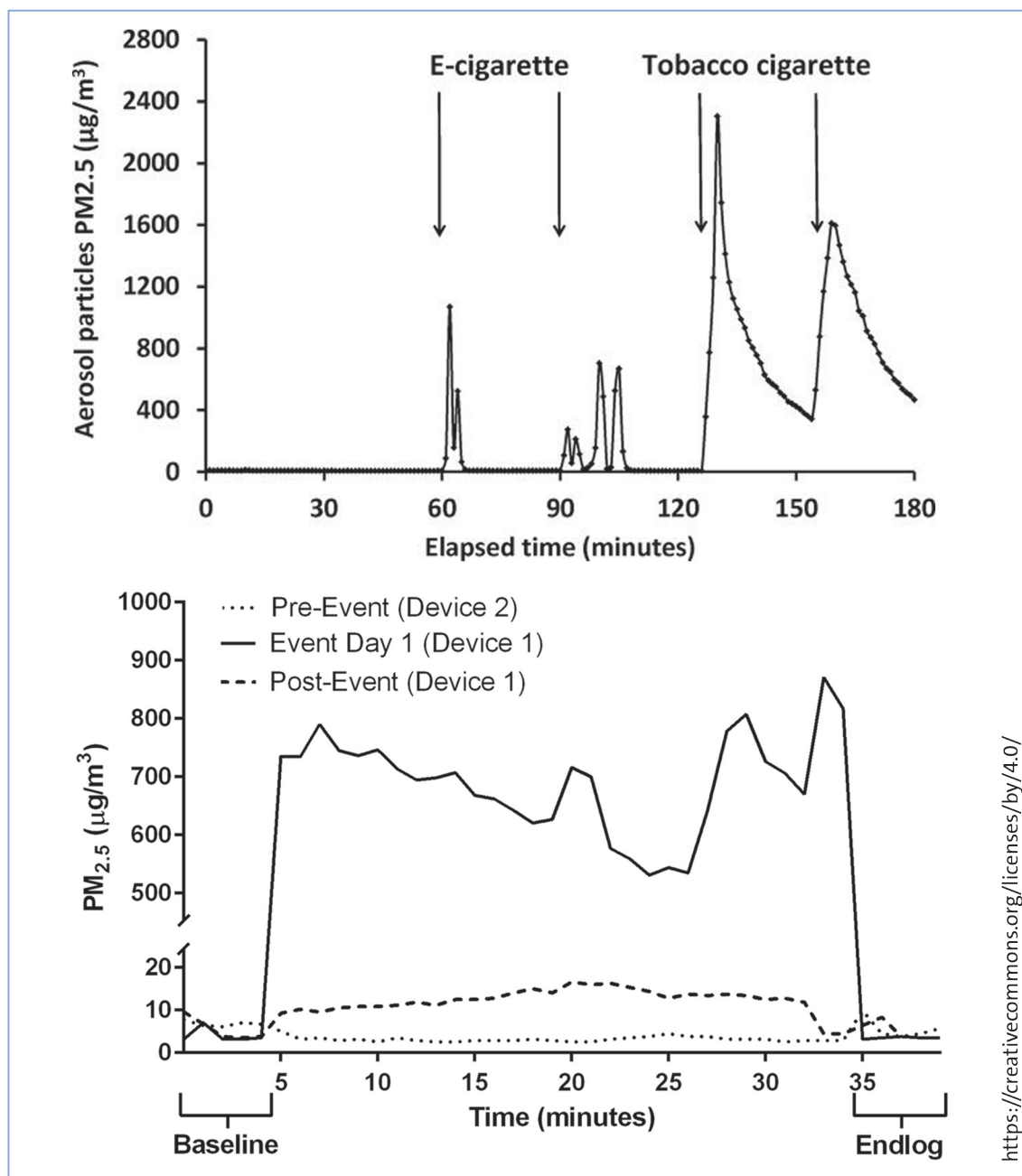
Beim Konsum von E-Zigaretten gelangt Aerosol in die Raumluft und kann von im Raum anwesenden Nichtkonsumenten inhaliert werden. Dieses in die Raumluft abgegebene Aerosol unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht vom Tabakrauch, der beim Passivrauchen inhaliert wird. Dieser besteht zum Teil aus dem Hauptstromrauch, den der Raucher inhaliert und wieder ausatmet, vor allem besteht er aber aus dem Nebenstromrauch, der entsteht, wenn die Zigarette zwischen den Zügen des Rauchers vor sich hin glimmt. Im Gegensatz dazu wird bei E-Zigaretten das Aerosol nur dann gebildet, wenn der Konsument an dem Gerät zieht – es entsteht also kein Nebenstromrauch. Das von im Raum anwesenden Personen eingeatmete Aerosol ist daher nur das Aerosol, das der Konsument inhaliert und wieder ausgeatmet hat. Dieses besteht zum Großteil aus Flüssigkeitströpfchen – Tabakrauch hingegen setzt sich vor allem aus festen und halbfesten Substanzen zusammen.¹⁸⁵ Mit dem E-Zigarettenaerosol gelangen vor allem lungengängige Partikel und Nikotin in die Raumluft, aber auch verschiedene flüchtige organische Substanzen.^{142,185}

Die Belastung der Raumluft mit Partikeln einer Größe bis zu 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) kann, wenn viele E-Zigaretten gleichzeitig in einem Raum verwendet werden, Werte erreichen, wie sie in einer verrauchten Bar auftreten (Abb. 15).^{142,185,240}

Die Art der E-Zigarette sowie deren Nikotingehalt scheinen eine Rolle dabei zu spielen, wie stark die

Raumluft mit Partikeln belastet wird: In einem Raum, in dem 12 Züge an E-Zigaretten verschiedener Generationen genommen wurden, stieg bei allen getesteten E-Zigaretten die Raumluftbelastung von Partikeln einer Größe bis 1 μm (PM_1) deutlich an, wobei E-Zigaretten der vierten Generation eine wesentlich größere Partikelbelastung verursachten als solche vorhergehender Generationen. Außerdem entstanden mehr Partikel, wenn nikotinhaltige Liquids verwendet wurden als wenn nikotinfreie Liquids zum Einsatz kamen (Abb. 16).²¹⁵

Die Belastung der Raumluft mit Schadstoffen ist allerdings geringer als beim Rauchen^{185,312}. So wurden bei Messungen bei vier großen E-Zigarettenveranstaltungen mit – je nach Event – rund 150 bis 1500 Teilnehmern erhöhte Werte für Propylenglykol gemessen (im Durchschnitt 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und auch Nikotin war in der Raumluft vorhanden (im Mittel 0,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Formaldehyd und Acetaldehyd lagen allerdings in ähnlichen Mengen vor wie bei Vergleichsveranstaltungen ohne E-Zigarettenkonsum.¹³⁷ Die Raumluftbelastung mit Propylenglykol lag bei diesen E-Zigarettenevents zwischen den beiden vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes für Propylenglykol festgesetzten Richtwerten (Richtwert I: 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Richtwert II: 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁸². Auch bei der Verwendung von E-Zigaretten im Auto kann die Propylenglykolkonzentration im Innenraum diese Richtwerte überschreiten²⁴⁰.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abbildung 15: Belastung der Raumluft mit Partikeln einer Größe bis zu 2,5 µm (PM_{2,5}) nach der zweimaligen fünfminütigen Verwendung einer E-Zigarette und dem zweimaligen Rauchen einer Zigarette (oben) und Raumluftbelastung mit Partikeln der Größe PM_{2,5} bei einem E-Zigaretteevent (unten). Quellen: Czogala 2014⁵⁵, published by Oxford University Press (oben), Soule 2017²⁵⁷, © 2020 BMJ Publishing Group Ltd. (unten)

Richtwert I (Vorsorgerichtwert) beschreibt dabei die Menge einer Substanz in der Raumluft, bei der auch bei lebenslanger Exposition zwar keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, eine Überschreitung des Wertes aber eine unerwünschte Belastung bedeutet. Richtwert II bezeichnet die Menge einer Substanz in der Raumluft, ab der Schutzmaßnahmen notwendig sind. Dabei sollte im Sinne eines präventiven Gesundheitsschutzes bei einer Raumluftbelastung zwischen Richtwert I und II gehandelt werden, wobei als Maßnahmen bauliche Maßnahmen oder ein verändertes Nutzerverhalten genannt

werden.²⁸¹ Für Nikotin hat in Deutschland weder die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) der Deutschen Forschungsgemeinschaft eine maximale Arbeitsplatzkonzentration festgelegt, noch hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte einen Richtwert festgesetzt.

Substanzen aus dem Aerosol können sich auf Oberflächen von Räumen, in denen E-Zigaretten verwendet werden, ablagern, wobei die Belastung umso größer ist, je mehr E-Zigaretten im Raum verwendet werden. So wurden in einem Wohnraum,

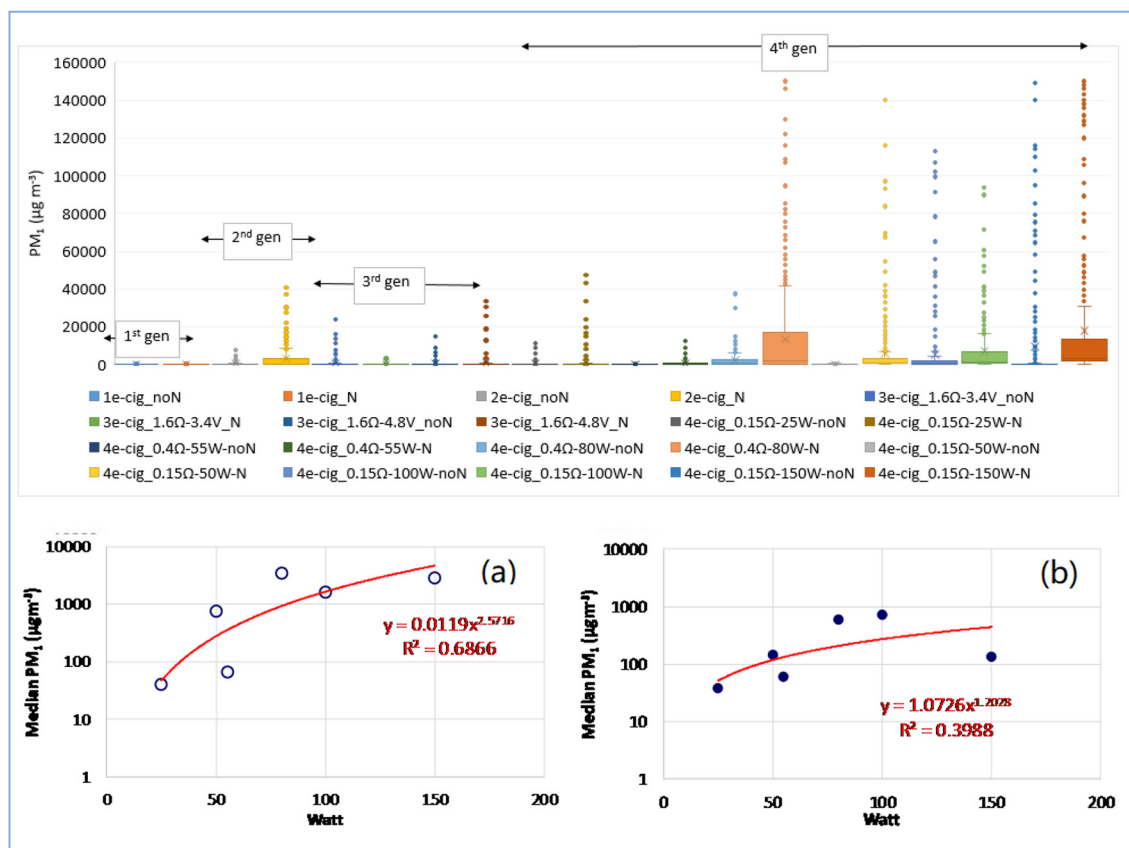


Abbildung 16: Belastung der Raumluft mit PM₁ durch verschiedene E-Zigarettentypen (oben) und bei unterschiedlicher Leistung der E-Zigarette (unten). Quelle: Protano C. 2018²¹⁵, ©2018 by the authors

in dem regelmäßig E-Zigaretten verwendet wurden, auf im Raum aufgehängten Stoffstücken im Vergleich zu einem Nichtraucherwohnzimmer erhöhte Messwerte für Nikotin, Cotinin, N-Formyl-nornicotin und Myosmin nachgewiesen. In einem E-Zigarettenladen ohne Lüftungs-, aber mit Klimaanlage lagen die Werte für diese Substanzen noch einmal wesentlich höher.¹⁴⁷ In einem anderen Vape-Shop mit Lüftungsanlage und in dem die Oberflächen täglich abgewischt werden, wurden in der Raumluft geringe Mengen von Aromen, Formaldehyd und Propylenglykol nachgewiesen, wobei die Werte alle unterhalb der jeweiligen amerikanischen Arbeitsplatzgrenzwerte lagen. Auf den Oberflächen fand sich kein Nikotin, vermutlich, da diese täglich gereinigt wurden.³²² Aus einem weiteren E-Zigarettenladen in einem Einkaufszentrum gelangten Nikotin und verschiedene Tabakalkaloide über das Lüftungssystem in einen Nachbarladen¹⁴⁶.

Die Substanzen aus dem E-Zigarettenaerosol können offenbar von Nichtkonsumenten aufgenommen werden. So stiegen bei Nichtrauchern, die zwei Stunden lang E-Zigarettenaerosol ausgesetzt waren, die Cotininwerte in Speichel, Blut und Urin an; demnach hatten die Testpersonen Nikotin aus dem Aerosol in der Raumluft aufgenommen. Der Cotininanstieg fiel aber geringer aus, als bei einer Tabakrauchbelastung zu erwarten wäre

und war nicht zu beobachten bei Personen mit einem hohen Cotininausgangswert – also denjenigen, die bereits vor dem Test Nikotin ausgesetzt waren. Zudem könnte die Nikotinaufnahme durch den E-Zigarettentyp, das Liquid und das Konsumentenverhalten beeinflusst werden.¹⁷⁷ Auch bei fünf Nichtrauchern, die mit einem E-Zigarettenkonsumenten die Wohnung teilten, waren die Cotininwerte im Speichel und Urin gegenüber nichtbelasteten Nichtrauchern erhöht; sie lagen aber niedriger als diejenigen von Nichtrauchern, die mit einem Raucher zusammenwohnen, der sieben Zigaretten oder mehr pro Tag raucht.¹⁷ In einer kleinen Pilotstudie wurde im Urin von sechs Nichtrauchern, die mit einem E-Zigarettenkonsumenten zusammenleben, geringe Mengen des Tabakalkaloids 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanol (NNAL) nachgewiesen; dabei bestand ein Zusammenhang zwischen der NNAL-Menge im Urin der passivdampfenden Personen mit den Messwerten der mit ihnen zusammenwohnenden E-Zigarettenkonsumenten.¹⁷⁴

Die gesundheitlichen Auswirkungen des Passivdampfens sind derzeit unbekannt. Einer ersten Abschätzung zufolge, die auf Basis der von Konsumenten ausgeatmeten Substanzen erfolgte, könnten passiv dampfende Nichtkonsumenten Reizungen der oberen Atemwege und der Augen erleiden und eine Nikotinwirkung wie

eine gesteigerte Herzfrequenz erfahren, wobei die Effekte selbst bei einer hohen Belastung entsprechend dieser Berechnung mild ausfallen. Da die Probanden dieser Studie tabakspezifische Nitrosamine ausatmeten, kann ein Krebsrisiko für Passivkonsumenten nicht ausgeschlossen werden. Dieses könnte jedoch beseitigt werden, indem die Schadstoffe wirksam in den Liquids vermieden werden, beispielsweise durch eine effektive Qualitätskontrolle.²⁹⁸

Die Schadstoffbelastung der Luft durch E-Zigarettenaerosol könnte aber für sensible Bevölkerungsgruppen wie Kinder, Schwangere, alte Menschen und Personen mit chronischen Erkrankungen eine Gesundheitsgefahr bedeuten.¹⁸⁵ So deutet eine Querschnittsstudie mit fast 12 000 Jugendlichen mit Asthma aus Florida darauf hin, dass eine passive Belastung mit E-Zigarettenaerosol für die Gesundheit Jugendlicher schädlich sein könnte. Diese Untersuchung, in der 33 Prozent der Jugendlichen angaben, innerhalb der vergangenen 30 Tage E-Zigarettenaerosol ausgesetzt gewesen zu sein, fand einen Zusammenhang zwischen Passivdampfen und Asthmaanfällen. Allerdings lässt sie aufgrund des Studiendesigns keine Aussage dazu zu, ob ein Kausalzusammenhang besteht, also ob das Passivdampfen tatsächlich die Ursache für die vermehrten Asthmaanfälle ist.²¹

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zur Passivbelastung durch E-Zigaretten

Conclusion 3-1: There is conclusive evidence that e-cigarette use increases airborne concentrations of particulate matter and nicotine in indoor environments compared with background levels.

Conclusion 3-2: There is limited evidence that e-cigarette use increases levels of nicotine and other e-cigarette constituents on a variety of indoor surfaces compared with background levels.

Conclusion 18-5: There is moderate evidence that secondhand exposure to nicotine and particulates is lower from e-cigarettes compared with combustible tobacco cigarettes.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made.

7 E-Zigarettenkonsum von Jugendlichen – Zusammenhang mit dem Rauchverhalten

Kernaussagen

- Bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen könnte der Gebrauch von E-Zigaretten die Wahrscheinlichkeit erhöhen, später Tabakzigaretten zu probieren
- Auch wenn zahlreiche Studien einen Zusammenhang zwischen E-Zigarettenkonsum und Rauchen nahelegen, wirkt sich dies auf Bevölkerungsebene bislang offenbar nur wenig und unterschiedlich aus

Die meisten Raucher fangen als Jugendliche mit dem Rauchen an. In Deutschland haben die aktuell 30- bis 65-jährigen Raucher durchschnittlich mit rund 17 Jahren mit dem Tabakkonsum begonnen: Männer dieser Altersgruppe haben im Alter von 16,9 Jahren mit dem Rauchen angefangen und Frauen begannen im Alter von 17,4 Jahren zu rauchen³⁰⁹.

Allerdings wird nicht jeder, der jemals an einer Zigarette zieht, danach tatsächlich zum regelmäßigen Raucher. Einige Jugendliche probieren Zigaretten lediglich aus und fangen gar nicht erst mit regelmäßigem Rauchen an. Der Großteil, schätzungsweise 69 Prozent, wird aber nach dem anfänglichen Ausprobieren von Zigaretten schließlich zu regelmäßigen Rauchern³¹. Diesen Übergangsprozess vom Experimentieren zum dauerhaften Rauchen könnten E-Zigaretten auf verschiedene Weise beeinflussen: Sie könnten präventiv wirken, wenn sie diejenigen Jugendlichen, die aufgrund einer hohen Risikobereitschaft mit erhöhter Wahrscheinlichkeit anfangen zu rauchen, davon abhalten, Tabakzigaretten zu verwenden. Präventiv wären sie außerdem, wenn jugendliche E-Zigarettenkonsumenten Tabakzigaretten lediglich ausprobieren, aber nicht zu regelmäßigen Rauchern werden. Andererseits könnten E-Zigaretten risikoerhöhend wirken, wenn sie für Jugendliche, die normalerweise mit geringerer Wahrscheinlichkeit anfangen würden zu rauchen, attraktiv sind und diese letztendlich dazu motivieren, auch Tabakzigaretten auszuprobieren. Risikoerhöhend wären sie außerdem dann, wenn sie den Übergang vom Ausprobieren zum

regelmäßigen Rauchen begünstigen. Als letzte Möglichkeit könnten sie auch keinerlei Effekt auf das Rauchverhalten haben.¹⁸⁵ (Abb. 17)

Der Zusammenhang zwischen E-Zigarettenkonsum von Jugendlichen und ihrem späteren Rauchverhalten ist schwer zu untersuchen. Randomisierte kontrollierte Studien, der Goldstandard der Studien, bei denen Testpersonen unter kontrollierten Versuchsbedingungen beobachtet werden, sind aus ethischen Gründen nicht möglich; denn es ist unverantwortlich, nichtrauchenden Jugendlichen E-Zigaretten zu geben, da diese abhängig machen können und ihr gesundheitsschädigendes Potential unbekannt ist. Querschnittstudien analysieren eine Personengruppe zu einem einzigen Zeitpunkt. Wenn solche Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen E-Zigarettenkonsum und Zigarettenrauchen feststellen, lassen sie aufgrund des einmaligen Beobachtungszeitpunkts keinen Schluss zu Kausalitätszusammenhängen zu; es bleibt also offen, ob der E-Zigarettenkonsum die Wahrscheinlichkeit zu rauchen erhöht, oder ob umgekehrt das Rauchen die Wahrscheinlichkeit für den E-Zigarettenkonsum erhöht. Längsschnittstudien, die eine Gruppe Jugendlicher über einen längeren Zeitraum hinweg beobachten, geben für diese Fragestellung die verlässlichsten Hinweise; allerdings können auch bei diesem Studientyp verschiedene Störfaktoren (Confounder) wie beispielsweise das soziale Umfeld, das Rauchverhalten von Eltern oder Freunden oder das persönliche Risikoverhalten die Ergebnisse beeinflussen; ein Herausrechnen von Confoundern ist nur annäherungsweise möglich.^{44,185}

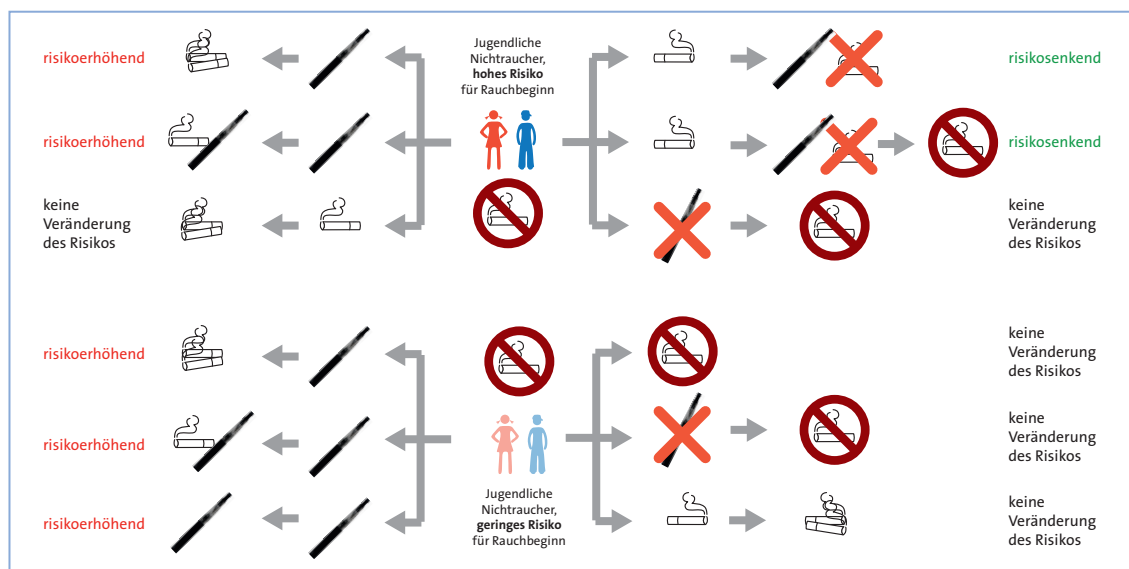


Abbildung 17: Mögliche Auswirkungen von E-Zigaretten auf das Rauch- und Konsumverhalten von Jugendlichen. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Mehrere Längsschnittstudien zum Zusammenhang zwischen E-Zigarettenkonsum von Jugendlichen und ihrem späteren Rauchverhalten sowie weitere Studien zeigen, dass bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen der Gebrauch von E-Zigaretten die Wahrscheinlichkeit erhöht, später Tabakzigaretten zu probieren. Zudem deutet Einiges darauf hin, dass der E-Zigarettenkonsum auch damit zusammenhängt, dass die Jugendlichen später häufiger und mehr rauchen.¹⁸⁵

Verschiedene Längsschnittstudien, die nach dem NASEM-Report veröffentlicht wurden, unterstützen diese Schlussfolgerungen der Expertengruppe. So erhöhte in einer deutschen Studie, die 2186 Zehntklässler zu zwei Zeitpunkten im Abstand von sechs Monaten beobachtete, bei nichtrauchenden Jugendlichen der E-Zigarettenkonsum – neben fünf anderen Faktoren, darunter der Drang nach Erlebnissuche („sensation seeking“, gilt als Risikofaktor für den Rauchbeginn) – die Wahrscheinlichkeit, das Rauchen auszuprobieren. Dieser Zusammenhang war bei Schülern mit einem geringen Erlebnisdrang stärker ausgeprägt als bei denjenigen mit hohem Erlebnisdrang.¹⁸² Auch in einer amerikanischen Längsschnittstudie (Population Assessment of Tobacco and Health, PATH), in der knapp 12000 Jugendliche im Alter von 12 bis 17 Jahren im Abstand von einem Jahr zwei Mal befragt wurden, begannen nichtrauchende Heranwachsende, die jemals E-Zigaretten verwendet hatten, deutlich häufiger mit dem Rauchen als Nie-Konsumenten von E-Zigaretten, wobei die Häufigkeit des E-Zigarettenkonsums einen Einfluss hatte.²⁶¹ Eine andere Auswertung derselben Erhebung bestätigt, dass von den nichtrauchenden Jugendlichen im Vergleich zu Nie-Konsumenten diejenigen mit höherer Wahrscheinlichkeit anfangen zu rauchen, die bei der ersten Erhebung jemals E-Zigaretten verwendet hatten. Dabei war die

Wahrscheinlichkeit, mit dem Rauchen anzufangen, für E-Zigarettenkonsumenten ähnlich hoch wie für Heranwachsende, die bei der Basisbefragung Wasserpfeife oder Zigarillos/Zigarren/Pfeife rauchten oder rauchfreien Tabak verwendeten.³⁰¹ Die komplexen Zusammenhänge zwischen dem Konsum verschiedener Substanzen zeigt eine weitere Auswertung der PATH-Studie, der zufolge der Jemalskonsum von E-Zigaretten von Jugendlichen bei der Basiserhebung das Risiko erhöht, dass die Heranwachsenden später mit Alkohol- oder Drogenkonsum beginnen; umgekehrt steigern Alkohol- und Drogenkonsum bei der Erstbefragung die Wahrscheinlichkeit, bei der zweiten Erhebung E-Zigaretten zu verwenden²⁴⁵. Eine weitere Auswertung der PATH-Studie bezog zusätzlich die dritte Befragungswelle aus dem Zeitraum von 2015 bis 2016 in die Analyse ein. Diese Auswertung kommt zu dem Schluss, dass der E-Zigarettenkonsum die Wahrscheinlichkeit deutlich erhöht, mit dem Rauchen anzufangen, wobei dies in besonderem Maße für diejenigen gilt, die aufgrund verschiedener Faktoren nur ein geringes Risiko haben, mit dem Rauchen zu beginnen. Der E-Zigarettenkonsum erhöht dieser Auswertung zufolge das Risiko für einen Rauchbeginn sogar in einem etwas höheren Ausmaß als dies der Konsum anderer Tabakprodukte außer Zigaretten tut. Die Autoren der Studie schätzen, dass 22 Prozent derjenigen, die jemals Zigaretten ausprobiert haben und 15 Prozent der aktuellen Raucher (Rauchen innerhalb der letzten 30 Tage) infolge des E-Zigarettenkonsums damit angefangen haben.²⁸

In einer anderen amerikanischen Studie, in der Schüler der zehnten bis zwölften Klasse zweimal im Abstand von etwa sechs Monaten bis zu einem Jahr befragt wurden, erhöhte der E-Zigarettenkonsum ebenfalls die Wahrscheinlichkeit, mit dem Rauchen anzufangen: In dieser Untersuchung

hatten diejenigen nichtrauchenden Jugendlichen, die bei der ersten Befragung jemals E-Zigaretten verwendet hatten, bei der zweiten Befragung mit höherer Wahrscheinlichkeit Tabakzigaretten ausprobiert oder waren gelegentliche oder regelmäßige Raucher als diejenigen Nichtraucher, die bei der ersten Befragung niemals E-Zigaretten verwendet hatten. (Abb. 18) Allerdings war der Anteil derer, die überhaupt mit dem Rauchen anfangen oder damit experimentierten, sehr gering: Von insgesamt 5 028 Nichtrauchern wurden innerhalb des Studienzeitraums 96 Jugendliche zu gelegentlichen Rauchern und 55 zu häufigen Rauchern; weitere 313 hatten Zigaretten ausprobiert.¹⁹

In einer kanadischen Längsschnittstudie mit 9 501 Schülern der Klassen neun bis elf begannen nach zwei Jahren von den nichtrauchenden Jugendlichen die E-Zigarettenkonsumenten mit höherer Wahrscheinlichkeit zu rauchen als die Nichtkonsumenten. Dieser Zusammenhang war unter Heranwachsenden, die bei der Basiserhebung dem Rauchen zurückhaltend gegenüber standen, deutlicher ausgeprägt als bei denjenigen, die es zu Studienbeginn eher in Erwägung gezogen hatten, zukünftig mit dem Rauchen zu beginnen (Abb. 19).⁴

In einer Studie aus Großbritannien wurden rund Tausend 11- bis 18-jährige Schüler im April 2016

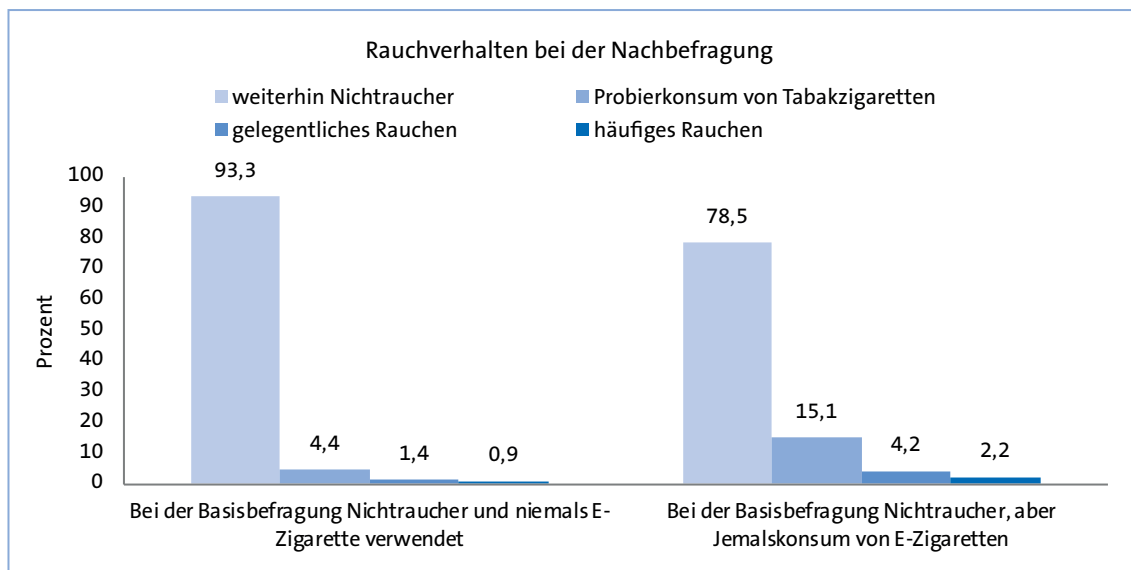


Abbildung 18: Einfluss von Jemals-E-Zigarettenkonsum auf den Rauchbeginn bei Jugendlichen. Quelle: Barrington-Trimis 2018¹⁹. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

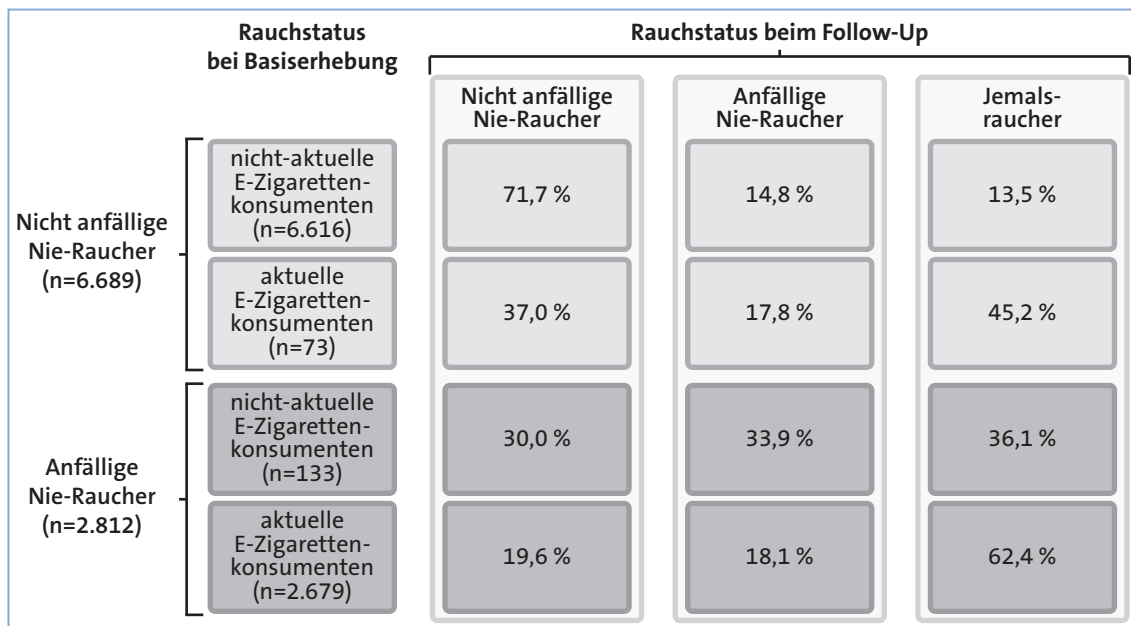


Abbildung 19: Zusammenhang von E-Zigarettenkonsum und Rauchbeginn zwei Jahre später. Quelle: Aleyan 2018⁴. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

und erneut zwischen August und Oktober 2016 zu ihrem Rauchverhalten und E-Zigarettenkonsum befragt. Diejenigen Schüler, die bei der Basiserhebung jemals E-Zigaretten verwendet hatten, begannen im Beobachtungszeitraum mit erhöhter Wahrscheinlichkeit mit dem Rauchen. Umgekehrt begannen auch diejenigen Schüler, die zu Studienbeginn jemals geraucht hatten, mit größerer Wahrscheinlichkeit mit dem E-Zigarettenkonsum. Demnach förderte bei dieser Schülergruppe der Konsum des einen Produkts den Konsum des jeweils anderen Produkts.⁸²

Die Implikation aus diesen Befunden, nämlich dass der Anstieg des E-Zigarettenkonsums auch zu einem (Wieder-)Anstieg des Tabakkonsums unter Jugendlichen führen müsste, findet sich in Trend-Studien, die den zeitlichen Verlauf des

E-Zigaretten- und des Tabakzigarettenkonsums unter Jugendlichen untersuchen, allerdings nicht eindeutig wieder. So kommt eine Studie, die die Entwicklung des E-Zigarettenkonsums unter Jugendlichen mit der Entwicklung des Raucheranteils unter Heranwachsenden anhand einer von 2004 bis 2014 mehrfach wiederholten Erhebung in Zusammenhang stellt, zu dem Ergebnis, dass der Raucheranteil (Jemalsrauchen und Rauchen innerhalb der letzten 30 Tage) von 2004 bis 2014 kontinuierlich und deutlich zurückgegangen ist (Abb. 20). Dieser Rückgang zeigte ab der ersten Erhebungswelle nach der Einführung von E-Zigaretten in den USA keine Trendänderung. Die Autoren weisen aber darauf hin, dass zwischen 2011 und 2014 der Anteil der Jugendlichen anstieg, die innerhalb der letzten 30 Tage geraucht hatten.⁸⁰

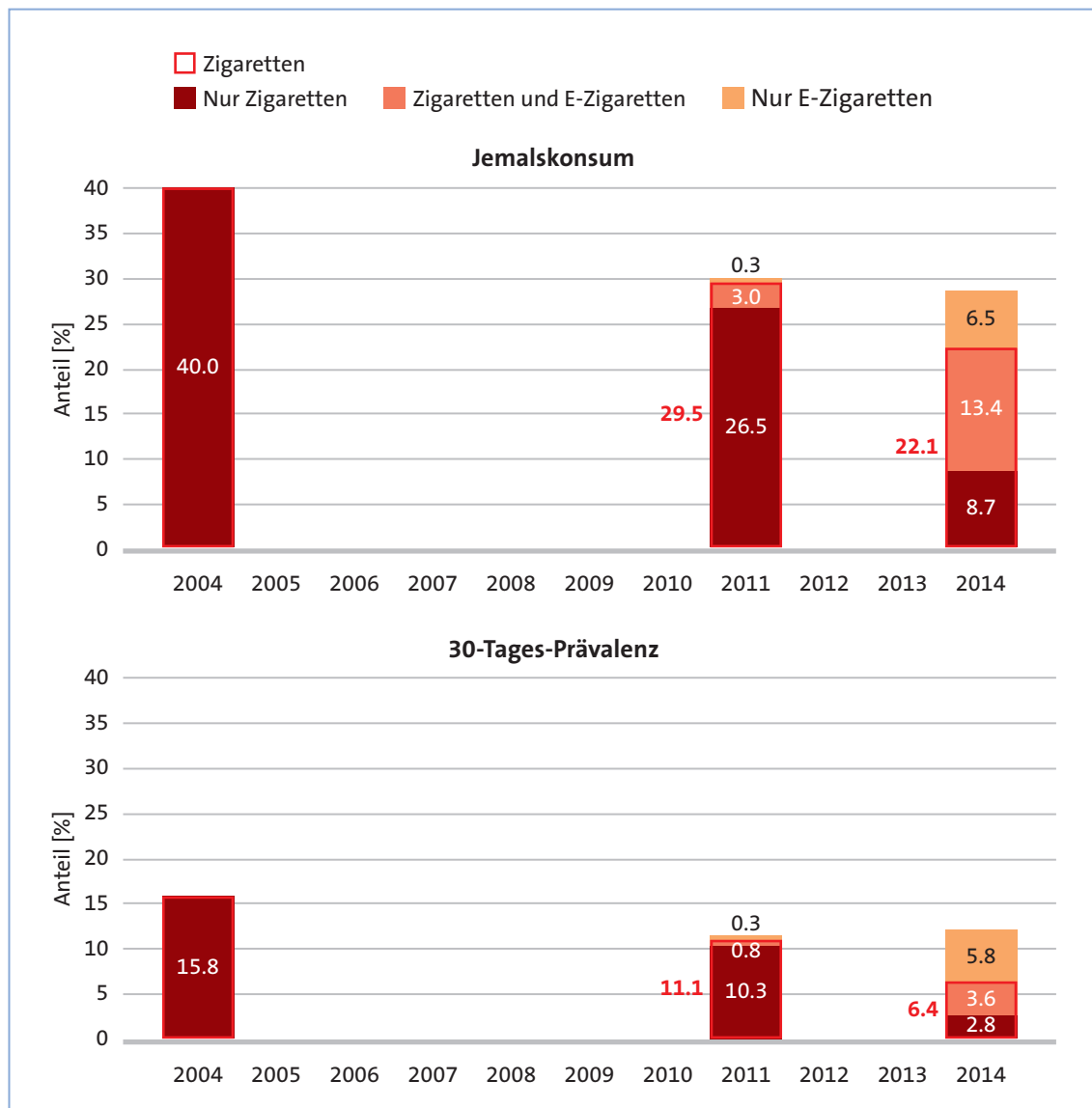


Abbildung 20: Entwicklung des Jemalskonsums (oben) und der 30-Tages-Prävalenz (unten) von Zigaretten und E-Zigaretten unter 9- bis 21-Jährigen in den USA von 2004 bis 2014. Quelle: Dutra 2017⁸⁰. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2020

Eine andere Studie vergleicht auf Basis von fünf verschiedenen amerikanischen Querschnittsuntersuchungen, darunter auch die aus der vorgenannten Studie, wie sich unter Jugendlichen und jungen Erwachsenen der E-Zigarettenkonsum und der Raucheranteil im Zeitverlauf entwickelt haben. Dabei wurde 2014 als das Jahr gewählt, ab dem der E-Zigarettenkonsum in den USA unter Jugendlichen und jungen Erwachsenen deutlich zunahm. Dieser Studie zufolge sank in den USA der Raucheranteil unter Jugendlichen und jungen Erwachsenen, insbesondere im Alter von 18 bis 21 Jahren, ab dem Moment deutlich stärker als zuvor, ab dem E-Zigaretten in dieser Altersgruppe populär wurden. Auch das regelmäßige Rauchen (mehr als 100 Zigaretten im Leben geraucht, fast tägliches Rauchen, tägliches Rauchen, mehr als eine halbe Packung pro Tag) ging ab 2014 deutlicher zurück als zuvor (Abb. 21). Bei dieser Beschleunigung des Rückgangs könnten aber möglicherweise auch Tabakkontrollmaßnahmen eine Rolle gespielt haben.¹⁶⁵

Eine Studie aus Großbritannien verwendete mehrere verschiedene Befragungen, die ab 2010 bei 13- und 15-Jährigen neben dem Rauchen auch den E-Zigarettenkonsum erfassten. In England, Schottland und Wales sank der Anteil der Jugendlichen, die jemals oder regelmäßig rauchten, im Beobachtungszeitraum kontinuierlich ab. Für die Jemalsraucher blieb dieser Rückgang nach 2010 weiterhin konstant; bei den regelmäßigen

Rauchern schwächte sich dieser Trend ab 2010 allerdings ab (Abb. 22); dies gilt vor allem für diejenigen Untergruppen, bei denen der Rückgang zuvor besonders stark ausgeprägt war (Mädchen und 13-Jährige). Da sich für Alkohol- und Cannabiskonsum eine ähnliche Trendabschwächung zeigte, vermuten die Autoren der Studie, dass der Knick nicht tabakspezifisch ist, sondern eher einen insgesamt veränderten Substanzkonsum unter Jugendlichen widerspiegelt. Im Gegensatz zum Rauchverhalten sank die Akzeptanz des Rauchens unter Jugendlichen nach 2010 stärker ab als zuvor. Demnach haben sich E-Zigaretten in Großbritannien offenbar uneinheitlich auf das Rauchverhalten und die Einstellung zum Rauchen von Jugendlichen ausgewirkt.¹¹⁹

In Polen sank unter 15- bis 19-Jährigen über drei Querschnittserhebungen (2010/2011, 2013/2014, 2015/2016) hinweg der Anteil der Nie-Raucher; auch der Anteil derjenigen, die ausschließlich rauchten oder Tabakzigaretten zumindest ausprobiert hatten, ging zurück. Im Gegenzug verwendeten aber mehr Jugendliche E-Zigaretten (jemals oder innerhalb der letzten 30 Tage) und auch der Anteil der dualen Konsumenten stieg an (Abb. 23). Da im Beobachtungszeitraum die Jugendlichen zunehmend sowohl E-Zigaretten als auch Tabakzigaretten verwendeten, blieb der Gesamtraucheranteil (ausschließliche Raucher plus duale Konsumenten) insgesamt konstant.²⁴⁸

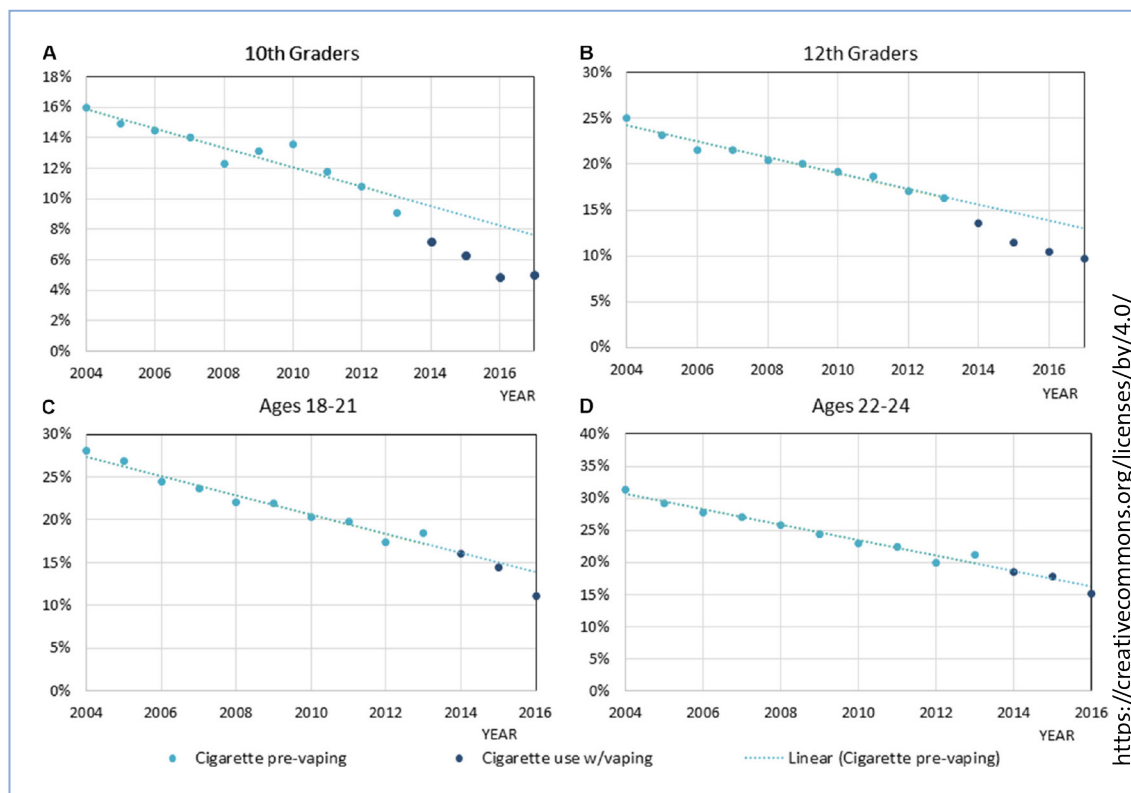


Abbildung 21: Entwicklung des E-Zigarettenkonsums und des Raucheranteils unter Jugendlichen und jungen Erwachsenen in den USA 2004 bis 2016. Quelle: Levy 2018¹⁶⁵

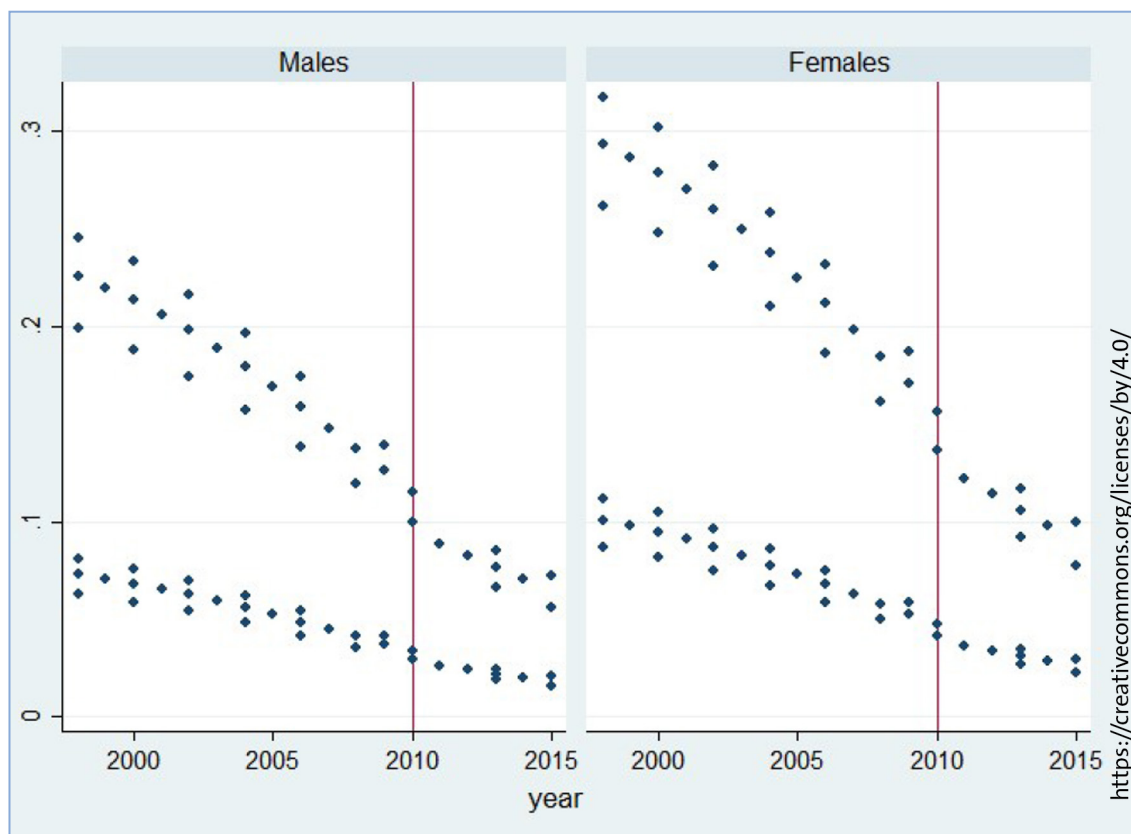


Abbildung 22: Veränderung in der Häufigkeit des regelmäßigen Rauchens von Jugendlichen vor und nach 2010 in Großbritannien. Quelle: Hallingberg 2019¹¹⁹

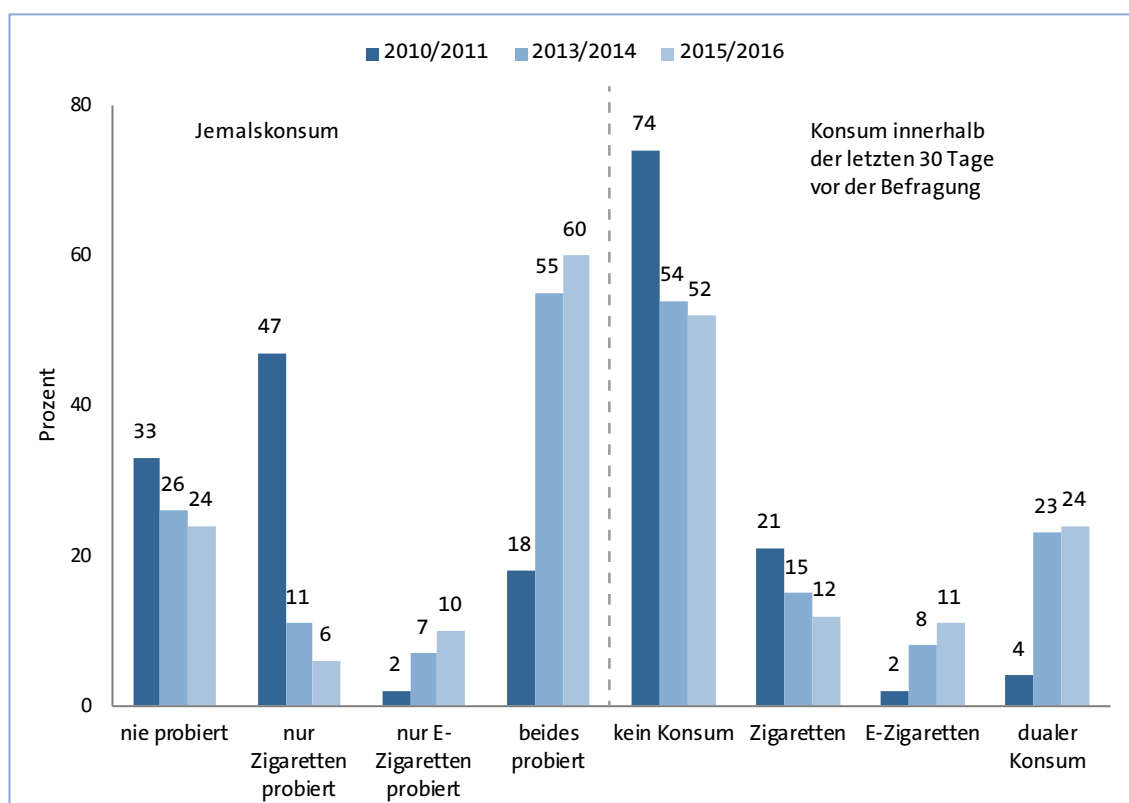


Abbildung 23: Entwicklung des E-Zigaretten- und Zigarettenkonsums unter Jugendlichen in Polen 2010/2011 bis 2015/2016. Jemalskonsum (links) und Konsum innerhalb der letzten 30 Tage vor der Befragung (rechts). Quelle: Smith 2019²⁴⁸. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Den genannten Studien zufolge könnte der E-Zigarettenkonsum unter Jugendlichen und jungen Erwachsenen zwar die Wahrscheinlichkeit für einen Einstieg ins Rauchen erhöhen, auf Bevölkerungsebene wirkt sich dies aber offenbar bislang nur wenig und zudem unterschiedlich aus. Inwieweit der Zusammenhang zwischen E-Zigarettenkonsum und einem Einstieg ins Rauchen tatsächlich kausal ist, bleibt damit unklar. Bei Veränderungen des Raucheranteils unter Jugendlichen könnte der E-Zigarettenkonsum eine Rolle spielen, daneben üben aber weitere Faktoren, insbesondere Tabakkontrollmaßnahmen, ebenfalls einen Einfluss darauf aus.

Sonderfall Juul

Seit Dezember 2018 gibt es in Deutschland eine E-Zigarette mit Pod-Nachfüllsystem, die optisch einem USB-Stick nachempfunden ist („Juul“). Das Nikotin in den Pods liegt als Salz vor und hat in den USA eine sehr hohe Konzentration von 50 mg/ml und mehr; in der Europäischen Union darf die Nikotinkonzentration aber 20 mg/ml nicht überschreiten.^{78,128}

Juul warb in den USA intensiv in sozialen Medien wie Twitter, Instagram und YouTube; insbesondere die Anzahl der Tweets auf Twitter spiegelt die Entwicklung der Verkaufszahlen wider¹²⁸. In den Vereinigten Staaten sind die Verkaufszahlen von Juul nach der Markteinführung im Jahr 2015 ab 2016 sprunghaft angestiegen; von 2016 bis

2017 stieg der Marktanteil von Juul um insgesamt 515 Prozent von durchschnittlich 2 auf 13 Prozent an¹⁵⁰. Im vierten Quartal von 2017 hatte Juul rund 40 Prozent Anteil am E-Zigarettenmarkt¹²⁸ (Abb. 24), im Oktober 2018 lag der Marktanteil bei 75 Prozent²⁷⁷. Im Dezember 2018 kaufte Altria, der Mutterkonzern von Philip Morris USA (Marlboro), 35 Prozent Anteile von Juul¹³⁹.

Im September 2018 gab es in den USA bereits 14 Marken, die mit Juul compatible Pods verkaufen, von denen ein Teil höhere Nikotinkonzentrationen enthält, ein Teil nachfüllbar ist und der Großteil billiger als die Originalpods angeboten wird. Ebenso waren 39 E-Zigaretten in einer Juul nachempfundenen Form mit größerem Liquidvolumen erhältlich, von denen fast die Hälfte nachfüllbar ist.¹³⁵

In den USA hat sich Juul unter Jugendlichen zu einer der beliebtesten E-Zigaretten entwickelt^{121,158} und wird für den erneuten starken Anstieg des E-Zigarettenkonsums unter Jugendlichen verantwortlich gemacht¹⁰⁵. Umfragen der Truth Initiative zufolge ist der Jemalskonsum von Juul unter Jugendlichen und jungen Erwachsenen bis 21 Jahre von unter 5 Prozent im Juli 2017 auf rund 15 Prozent im Oktober 2018 angestiegen²⁷⁷. Im Frühjahr 2017 hatten 10 Prozent der 15- bis 17-Jährigen Juul ausprobiert und 6 Prozent verwendeten sie regelmäßig; von den 18- bis 21-Jährigen waren 11 Prozent Probierer und 8 Prozent regelmäßige Juul-Konsumenten²⁸⁹.

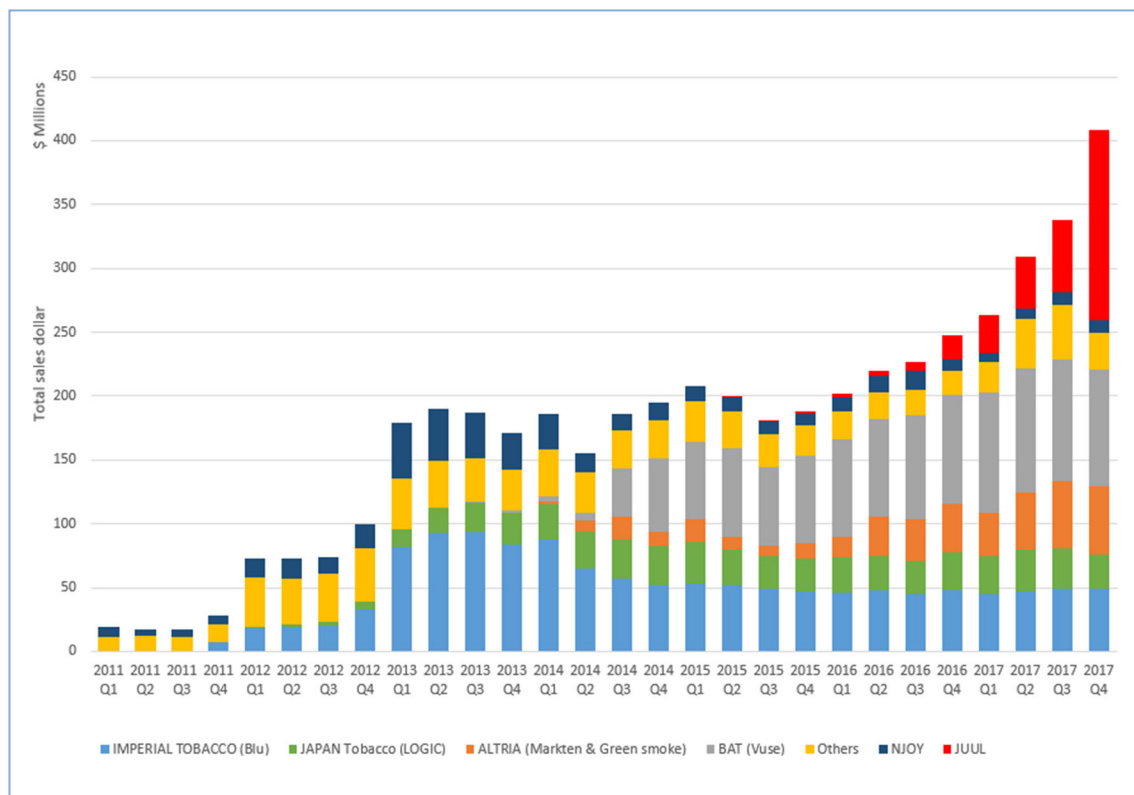


Abbildung 24: Marktanteile verschiedener E-Zigarettenmarken in den USA 2011–2017. Quelle: Huang 2018¹²⁸

Von rund 1000 regelmäßigen Juul-Konsumenten im Alter von 15 bis 24 Jahren, die von der Truth Initiative im November 2017 befragt wurden, wussten nur 37 Prozent, dass Juul immer Nikotin enthält³⁰⁴. Von 600 im Sommer 2018 befragten Jugendlichen und jungen Erwachsenen, die jemals Juul oder andere E-Zigaretten verwendet haben, waren die wichtigsten Gründe für den Konsum, dass Freunde sie verwenden (47 Prozent), dass es das Produkt in verschiedenen Geschmacksrichtungen gibt (29 Prozent), dass sie als weniger schädlich als Tabakzigaretten wahrgenommen werden (25 Prozent) und dass sie einen „Kick“ vermitteln (21 Prozent)²⁷⁷.

Der Verkaufsstart in Deutschland im Dezember 2018 war von zahlreichen Medienberichten zu der „umstrittenen E-Zigarette Juul“ begleitet. Es bleibt zu beobachten, ob dieser E-Zigarettentyp in Deutschland eine ähnliche Entwicklung nimmt wie in den USA.

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zum Zusammenhang von E-Zigarettenkonsum und Rauchen bei Jugendlichen

Conclusion 16-1: There is substantial evidence that e-cigarette use increases risk of ever using combustible tobacco cigarettes among youth and young adults.

Conclusion 16-2: Among youth and young adult e-cigarette users who ever use combustible tobacco cigarettes, there is moderate evidence that e-cigarette use increases the frequency and intensity of subsequent combustible tobacco cigarette smoking.

Conclusion 16-3: Among youth and young adult e-cigarette users who ever use combustible tobacco cigarettes, there is limited evidence that e-cigarette use increases, in the near term, the duration of subsequent combustible tobacco cigarette smoking.

Taken together the evidence suggests that [...] e-cigarettes might cause youth who use them to transition to use of combustible tobacco products.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made.

8 E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung

Kernaussagen

- Die Studienlage ist bislang für eine abschließende Aussage zur Wirksamkeit von E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung nicht ausreichend
- Die vorliegenden Studien deuten darauf hin, dass E-Zigaretten beim Rauchstopp hilfreich sein können
- Wahrscheinlich sind E-Zigaretten mit Nikotin wirksamer als solche ohne Nikotin
- Wahrscheinlich ist die häufigere Verwendung wirksamer als seltenerer Gebrauch
- Möglicherweise haben E-Zigaretten eine ähnlich hohe oder bessere Wirkung als Nikotinersatzprodukte
- Möglicherweise spielen weitere Faktoren dabei eine Rolle, inwieweit E-Zigaretten einen Rauchstopp unterstützen oder nicht

In Deutschland möchten 65 Prozent der Raucher irgendwann mit dem Rauchen aufhören¹³⁴ und 65 Prozent möchten dies nicht nur, sondern haben tatsächlich schon einmal versucht, mit dem Rauchen aufzuhören¹⁶⁰. Im Laufe des Lebens schafft es etwa die Hälfte der Raucher, dauerhaft mit dem Rauchen aufzuhören²⁴¹. Knapp die Hälfte der Aufhörwilligen verwendet zur Unterstützung des Rauchstopps ein Hilfsmittel wie beispielsweise Selbsthilfematerialien oder Nikotinersatzprodukte; seit einigen Jahren gehören auch E-Zigaretten dazu.¹⁶⁰ Einer vom Deutschen Krebsforschungszentrum in Auftrag gegebenen und von der Gesellschaft für Konsumforschung durchgeführten Umfrage zufolge haben beim letzten Rauchstoppversuch rund drei Prozent der Raucher E-Zigaretten zu Hilfe genommen, und knapp zwei Prozent der ehemaligen Raucher – Tendenz steigend – geben an, den Ausstieg mithilfe von E-Zigaretten geschafft zu haben¹⁰⁷ (Abb. 25). Entsprechend einer europaweiten Umfrage haben in Deutschland im Jahr 2017 drei Prozent der ehemaligen Raucher und aktuellen Raucher beim letzten Rauchstopp(versuch) E-Zigaretten zu Hilfe genommen²⁷⁴. Laut den Daten dieser Umfrage wurde im Jahr 2017 in acht Mitgliedstaaten der EU deutlich seltener medikamentöse Unterstützung

zum Rauchstopp in Anspruch genommen als 2015 und in neun Ländern wurden auch Beratungsangebote weniger genutzt (Deutschland gehört jeweils dazu); im Gegenzug wurde in 12 Mitgliedstaaten im Jahr 2017 die E-Zigarette häufiger zum Rauchstopp genutzt als 2015 (in Deutschland wurde in diesem Zeitraum nur ein tendenzieller, statistisch nicht signifikanter Anstieg beobachtet).⁹⁶

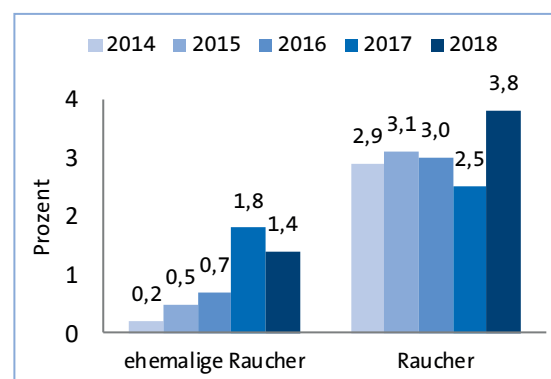


Abbildung 25: Verwendung von E-Zigaretten zum Rauchstopp in Deutschland von 2014 bis 2018. Daten: Gesellschaft für Konsumforschung 2014–2018¹⁰⁷. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

E-Zigaretten sind derzeit in Deutschland kein zur Tabakentwöhnung zugelassenes Hilfsmittel. Zur Wirksamkeit von E-Zigaretten zur Unterstützung eines Rauchstopps liegen bislang nur wenige randomisierte, kontrollierte Studien und einige Kohorten- und mehrere Querschnittsstudien vor. Das Expertenkomitee des NASEM-Reports kommt im Wesentlichen auf Basis der bis 2017 veröffentlichten Reviews^{86,123,141,149,290} zu dem Schluss, dass die Studienlage bislang noch nicht ausreichend ist, um diese Fragestellung eindeutig zu beantworten. Insgesamt deuten die Studien aber darauf hin, dass E-Zigaretten beim Rauchstopp hilfreich sein können, wobei E-Zigaretten mit Nikotin wahrscheinlich wirksamer sind als solche ohne Nikotin und die häufigere Verwendung wahrscheinlich wirksamer ist als seltenerer Gebrauch.¹⁸⁵

Die Ergebnisse dieser Wirksamkeitsstudien könnten durch verschiedene Faktoren des Studiendesigns beeinflusst sein. So könnte es einen Unterschied machen, ob die Teilnehmer den Wunsch haben, mit dem Rauchen aufzuhören oder ob dieser Wunsch nicht besteht. Außerdem könnten neuere, leistungsstärkere E-Zigaretten, die das Nikotin effektiver abgeben als E-Zigaretten der ersten Generation, stärker ausgeprägte Effekte zeigen. Zudem könnte die Wirksamkeit von E-Zigaretten als Hilfsmittel beim Rauchstopp von einer begleitenden Verhaltenstherapie beeinflusst werden.¹⁸⁵

Seit der Veröffentlichung des NASEM-Reports sind mehrere Studien zu dieser Fragestellung erschienen, von denen die relevanten Ergebnisse im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

Randomisiert-kontrollierte Studien

In der aktuellsten randomisierten, kontrollierten Studie, die in London von 2015 bis 2018 in drei Raucherberatungseinrichtungen mit 886 Teilnehmern durchgeführt wurde, erwiesen sich E-Zigaretten im Rahmen einer Verhaltenstherapie zur Tabakentwöhnung als wirksamer zur Unterstützung des Rauchstopps als Nikotinersatzprodukte: Nach einem Jahr waren 18 Prozent derjenigen Teilnehmer rauchfrei, die E-Zigaretten zur Unterstützung des Ausstiegs erhielten, aber nur 9,9 Prozent derjenigen, die Nikotinersatzprodukte bekamen. Wurden aus der Analyse diejenigen ausgeschlossen, die anstelle des per Zufall zugewiesenen Produkts das andere benutzten (sich also nicht den Studienvorgaben entsprechend verhalten hatten), waren nach einem Jahr 17,7 Prozent der E-Zigarettengruppe und 8,0 Prozent der Nikotinersatzproduktgruppe rauchfrei. An Nebenwirkungen verursachten E-Zigaretten mehr Irritationen im Rachen und Mund und Nikotinersatzprodukte lösten mehr Übelkeit aus, wobei

die Nebenwirkungen bei beiden Produkten meist mild verliefen. In dieser Studie wurden E-Zigaretten der zweiten Generation verwendet, nicht solche der ersten Generation, wie in den älteren randomisierten, kontrollierten Studien.¹¹⁸ Allerdings verwenden in dieser Studie von denjenigen, die ein Jahr lang nicht rauchten, 80 Prozent aus der E-Zigarettengruppe und nur 9 Prozent der Nikotinersatzmittel-Gruppe weiterhin das jeweilige Produkt³⁵.

Im Rahmen eines amerikanischen betrieblichen Tabakentwöhnungsprogramms, das online Tipps und Unterstützung für einen Rauchstopp anbietet, wurden im Oktober 2014 und im November 2015 rund 6000 rauchende Mitarbeiter zufällig auf fünf Studienarme verteilt (1. nur die Webseiteninformation, 2. Webseiteninformation + kostenlose medikamentöse Unterstützung oder ggf. E-Zigaretten, 3. Webseiteninformation + kostenlose E-Zigaretten; 4. Webseiteninformation + kostenlose medikamentöse Unterstützung oder ggf. E-Zigaretten + finanzielle Anreize, 5. Webseiteninformation + kostenlose medikamentöse Unterstützung/E-Zigaretten + rückzahlbare Spareinlage); davon nutzten 1191 Raucher tatsächlich das randomisiert zugewiesene Angebot. Sechs Monate nach dem Rauchstopp waren 6,7 Prozent der Teilnehmer rauchfrei. Die Abstinenzraten waren bei den Teilnehmern, die nur die Webseite zur Verfügung hatten, ähnlich niedrig wie bei denjenigen, die zusätzlich medikamentöse Unterstützung oder E-Zigaretten bekamen (Gruppen 1, 2 und 3); lediglich finanzielle Anreize erhöhten den Erfolg (Gruppen 4 und 5).¹²⁰ Das Angebot von E-Zigaretten hatte in diesem betrieblichen Tabakentwöhnungsprogramm demnach eine ähnlich geringe Wirkung wie eine medikamentöse Unterstützung oder eine Online-Unterstützung.

Diese randomisiert-kontrollierten Studien legen nahe, dass der Umgang mit dem Thema E-Zigaretten im Rahmen eines Entwöhnungsprogramms (Empfehlung/keine Erwähnung) die Wirksamkeit des E-Zigarettenkonsums als Hilfsmittel beim Rauchstopp beeinflussen könnte. Sie deuten darauf hin, dass E-Zigaretten eine ähnliche Wirkung wie Nikotinersatzprodukte¹²⁰ oder eine bessere Wirkung als diese¹¹⁸ haben könnten, wenn sie ein fester Bestandteil des Entwöhnungsprogramms sind. Dabei hat die Londoner Untersuchung, die eine bessere Wirkung von E-Zigaretten im Vergleich zu Nikotinersatzprodukten zeigt, aufgrund ihrer methodischen Stärke eine höhere Aussagekraft.

Längsschnittstudien

Längsschnittstudien geben das Nutzungsverhalten von Tabak- und Nikotinprodukten in der realen Welt wider. Die Bewertung dieser Studien

Ein ähnliches Wechselverhalten beobachten auch Piper und Kollegen in einer über den Zeitraum von einem Jahr laufenden Längsschnitt-Beobachtungsstudie mit 322 Rauchern und dualen Konsumenten: In dieser Studie blieben 97 Prozent der Raucher über den Beobachtungszeitraum hinweg Raucher und nur wenige probierten zumindest zwischenzeitig E-Zigaretten aus. Von den dualen Konsumenten blieb weniger als die Hälfte beim dualen Konsum, und von den restlichen dualen Konsumenten, die ihr Konsumverhalten änderten, wechselten 86 Prozent zum Rauchen. Dabei begünstigten folgende Faktoren den Wechsel vom dualen Konsum hin zum Rauchen: stärkere Tabakabhängigkeit, geringere Motivation zum Rauchstopp und höherer Zigarettenkonsum. Aufgehört mit dem Rauchen hatten zu Studienende zwei Raucher (1,9 Prozent) und 14 duale Konsumenten (8,0 Prozent).²⁰⁷ Eine andere Längsschnittstudie mit 617 Rauchern und 88 dualen Konsumenten wurde in Ohio, USA, von 2014 bis 2017 mit einem Beobachtungszeitraum von anderthalb Jahren durchgeführt. In dieser Untersuchung hatten diejenigen Raucher, die zu Studienbeginn E-Zigaretten verwendeten (duale Konsumenten), nach 6 Monaten mit höherer Wahrscheinlichkeit mit dem Rauchen aufgehört als die ausschließlichen Raucher. Dies änderte sich aber im Laufe der Zeit, denn nach 12 und 18 Monaten hatten Raucher und duale Konsumenten mit

ähnlich hoher Wahrscheinlichkeit das Rauchen eingestellt. Demnach könnten E-Zigaretten kurzfristig den Rauchstopperfolg erhöhen, langfristig jedoch ohne Wirkung darauf sein.²⁶⁷

Die bereits genannte PATH-Studie wurde in mehreren Analysen hinsichtlich der Wirksamkeit von E-Zigaretten als Hilfsmittel zum Rauchstopp und als Rückfallprophylaxe unter verschiedenen Gesichtspunkten und mit unterschiedlichen Methoden ausgewertet. In die Analysen wurde dabei jeweils die Entwicklung des Rauchverhaltens von der Basiserhebung 2013/2014 bis zur ersten Nacherhebung 2014/2015 einbezogen. Die meisten dieser Auswertungen kommen zu dem Ergebnis, dass der E-Zigarettenkonsum die Wahrscheinlichkeit erhöht, innerhalb des Beobachtungszeitraums von einem Jahr mit dem Rauchen aufzuhören^{24,29,52,297}. Dabei ist offenbar der häufige E-Zigarettengebrauch wirksamer als ein seltener Gebrauch (Abb. 28)^{29,52,297}, und E-Zigaretten der zweiten und dritten Generation scheinen effektiver zu sein als solche der ersten Generation²⁹.

Eine Untersuchung verglich den E-Zigarettenkonsum mit der Verwendung zugelassener medikamentöser Unterstützung zur Tabakentwöhnung und kam zu dem Schluss, dass die medikamentöse Unterstützung keinen Einfluss

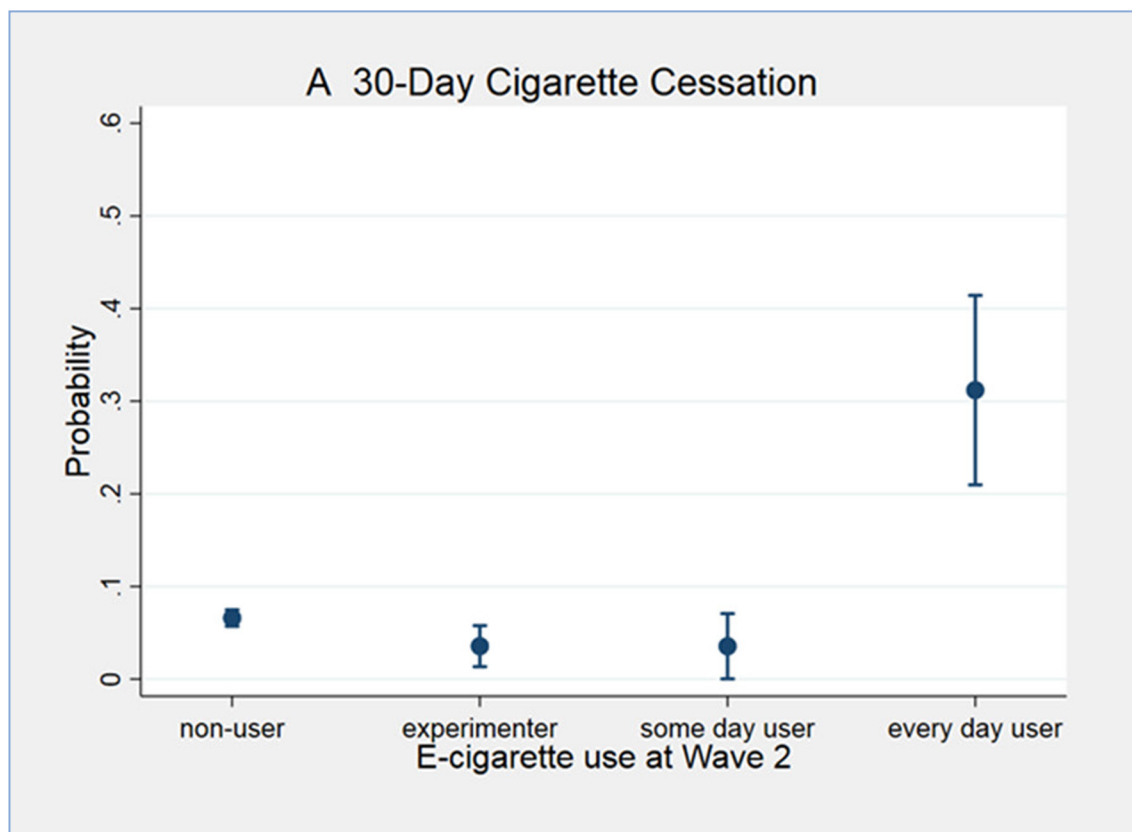


Abbildung 28: Wahrscheinlichkeit für einen Rauchstopp in Abhängigkeit von der E-Zigarettenverwendung. Quelle: Berry 2019²⁹

auf den Rauchstopperfolg hatte, die Verwendung von E-Zigaretten hingegen schon (Abb. 29). Weder E-Zigaretten noch medikamentöse Unterstützung des Rauchstopps reduzierten bei denjenigen, rückfällig wurden, den Zigarettenkonsum.²⁴

Einen Schutz vor einem Rückfall nach einem Rauchstopp scheinen E-Zigaretten nicht zu bieten: Einer weiteren Analyse der PATH-Studie zufolge begannen diejenigen Männer, die bei der Basiserhebung E-Zigaretten (täglich oder seltener) verwendeten, mit größerer Wahrscheinlichkeit als Nichtkonsumenten wieder an zu rauchen – dies traf allerdings nicht für Frauen zu.²⁹⁷ Einer anderen Analyse der PATH-Studie zufolge spielen offenbar die Gründe, aus denen E-Zigaretten verwendet werden, eine Rolle für das Rückfallrisiko. So verringert der Grund, dass man E-Zigaretten in Nichtraucherbereichen verwenden darf, bei Rauchern die Motivation für einen Rauchstopp. Bei ehemaligen Rauchern verringern die Aromen und der geringere Geruch das Rückfallrisiko, umgekehrt erhöht es das Rückfallrisiko, wenn Raucher E-Zigaretten verwenden, weil sie beim Rauchstopp helfen sollen.²⁵⁸

In einer Kohortenstudie, die in den USA von 2015 bis 2016 mit 858 Rauchern durchgeführt wurde, erhöhte der E-Zigarettenkonsum zwar bei den Teilnehmern die Wahrscheinlichkeit, einen Rauchstoppversuch zu unternehmen, reduzierte aber die Wahrscheinlichkeit, dass sie nach einem Jahr tatsächlich nicht rauchten. Auf diesen Zusammenhang hatten weder die Häufigkeit oder Dauer des E-Zigarettenkonsums, noch der verwendete E-Zigarettentyp, das Aroma oder die Motivation für den E-Zigarettenkonsum einen Einfluss.³⁰²

Insgesamt deuten die Längsschnittstudien darauf hin, dass E-Zigarettenkonsum die Wahrscheinlichkeit für einen Rauchstoppversuch und für einen tatsächlichen Rauchstopp innerhalb eines kürzeren Zeitraums erhöhen könnte. Inwieweit die Häufigkeit des Konsums, das E-Zigarettenmodell oder die Motivation für die E-Zigarettennutzung einen Einfluss haben, bleibt unklar.

Empfehlungen zur Verwendung von E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung

Entsprechend der S3-Leitlinie „Screening, Diagnostik und Behandlung des schädlichen und abhängigen Tabakkonsums“ aus dem Jahr 2015, die noch bis 30. Juli 2019 gültig ist, sollen E-Zigaretten „nicht empfohlen werden, bevor sie nicht unter den Bedingungen der Arzneimittelpflichtprüfung auf ihre Wirksamkeit und Verträglichkeit bei der harm reduction und Tabakentwöhnung untersucht worden sind.“¹⁰ Die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP) verweist in ihrem Positionspapier zur E-Zigarette auf die Empfehlungen der American Heart Association (AHA) aus dem Jahr 2014. Die AHA empfiehlt, lediglich bei Rauchern, bei denen eine Tabakentwöhnungsintervention versagt hat oder die diese ablehnen und E-Zigaretten zum Ausstieg verwenden möchten, dies zu unterstützen. Dabei solle aber darüber informiert werden, dass E-Zigaretten nicht harmlos sind und ihr Nutzen in der Entwöhnung nicht belegt ist. Die Patienten sollten E-Zigaretten – außer zur Rückfallprophylaxe – nicht dauerhaft verwenden. Die DGP ergänzt, dass Patienten mit allen tabakassoziierten Krankheiten so rasch wie möglich eine intensive Rauchstoppberatung und

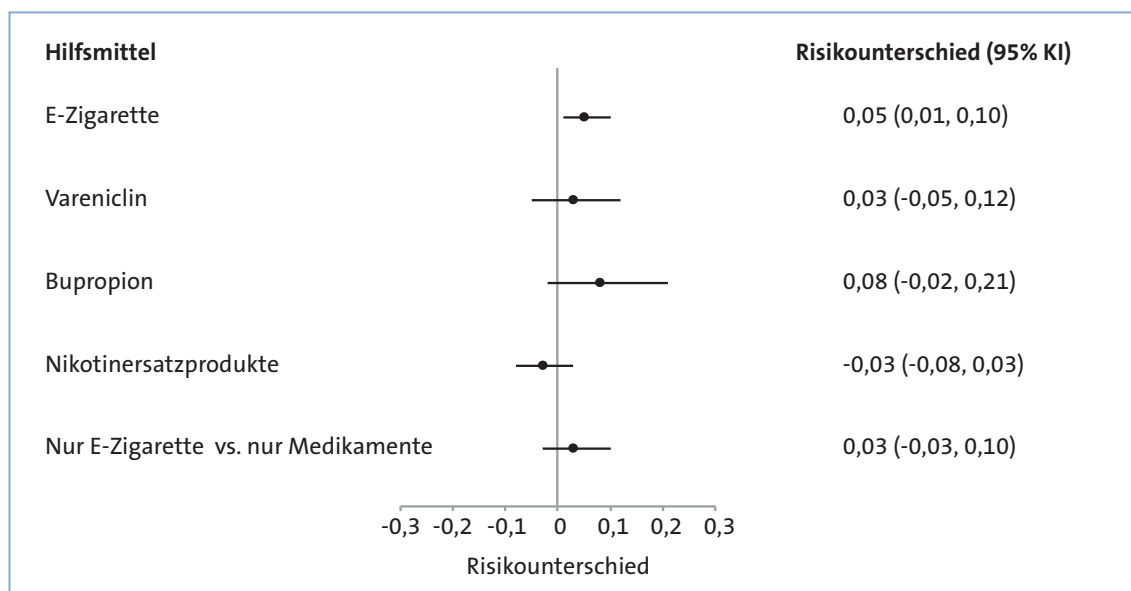


Abbildung 29: Wahrscheinlichkeit für einen Rauchstopp in Abhängigkeit vom verwendeten Hilfsmittel. ENDS: electronic nicotine delivery systems (E-Zigaretten), NRT: nicotine replacement therapy (Nikotinersatzprodukte), RD: risk difference (Risikounterschied), CI: confidence interval (Konfidenzintervall). Quelle: Benmarhnia 2018²⁴. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Pharmakotherapie anzubieten ist¹⁹². Die Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen empfiehlt auf Basis der bis 2016 vorliegenden Daten in ihrem Positionspapier zur Schadensreduzierung: „Rauchern, denen der Rauchstopp mit anderen Hilfsmitteln nicht gelungen ist und die die E-Zigarette ausprobieren möchten, sollte erklärt werden, dass E-Zigaretten zwar im Vergleich zu Tabakzigaretten weniger schädlich sind, die langfristigen Gesundheitsauswirkungen aber nicht bekannt sind. Die Verwendung von E-Zigaretten sollte diesen Rauchern zwar nicht empfohlen, es sollte aber auch nicht von der Verwendung abgeraten werden.“⁷¹ Die Dachgesellschaft Sucht geht einen Schritt weiter und empfiehlt in einem Positionspapier aus dem Jahr 2017, dass Rauchern, die nicht für einen Rauchstopp mithilfe von Beratung, psychotherapeutischen und/oder first-Line-Medikation zu gewinnen sind, geraten werden solle, nach Möglichkeit vollständig auf E-Zigaretten umzusteigen, vom dualen Konsum sei aber abzuraten²³⁴. Einen Überblick, wie sich die verschiedenen Empfehlungen im Verlauf der Zeit entwickelt haben, gibt Abbildung 30.

International werden unterschiedliche Empfehlungen gegeben: Großbritannien, wo viel zur Tabakkontrolle unternommen wird, ist das einzige Land, das hinsichtlich des Rauchens das Prinzip der Schadensverringerung (Harm Reduction) stark unterstützt. Dabei wird Rauchern, die nicht mit dem Rauchen aufhören wollen oder können,

eine weniger schädliche Alternative zum Rauchen empfohlen. In diesem Sinne vertritt Großbritannien hinsichtlich des Einsatzes von E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung international die liberalste und offensivste Strategie: Public Health England empfiehlt, dass Raucher, die erfolglos andere Hilfsmittel zum Rauchstopp ausprobiert haben, ermutigt werden könnten, E-Zigaretten zum Rauchstopp zu verwenden. Tabakentwöhnungseinrichtungen sollten Raucher, die mit E-Zigaretten den Ausstieg versuchen, dabei mit Verhaltenstherapie unterstützen.¹⁷⁵

In anderen Ländern wird das Thema etwas zurückhaltender angegangen. So rät die American Cancer Society Ärzten, dass sie rauchenden Patienten von der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) anerkannte Hilfsmittel empfehlen. Diejenigen Raucher, die nicht mit dem Rauchen aufhören möchten oder die anerkannten Hilfsmittel ablehnen, sollten ermutigt werden, weniger schädliche Produkte – auch E-Zigaretten – zu verwenden. Ihnen sollte aber regelmäßig angeraten werden, den Konsum sämtlicher Tabakprodukte einzustellen, und von dualen Konsum sollte abgeraten werden.⁷

Das Royal Australasian College of Physicians, der Ärztenbund Australiens und Neuseelands, empfiehlt, dass Ärzte alle Raucher ermutigen sollten, mit dem Rauchen aufzuhören, und sie dabei unterstützen sollten. Als Unterstützung werden Therapie und, bei Bedarf, Medikamente wie

Leitlinie Tabakentwöhnung bei COPD (2013)	S3-Leitlinie Tabakentwöhnung (9.2.2015)	DGP (9.3.2015)	DHS (2016)	Dachgesellschaft Sucht (2017)
Elektronische Zigaretten können aufgrund eines fehlenden Wirksamkeitsnachweises für eine Entwöhnungsbehandlung und gleichzeitig bestehender Sicherheitsbedenken nicht empfohlen werden.	<ul style="list-style-type: none"> E-Zigaretten sollen nicht empfohlen werden, bevor sie nicht unter den Bedingungen der Arzneimittelprüfung auf ihre Wirksamkeit und Verträglichkeit bei der harmreduktion und Tabakentwöhnung untersucht worden sind. Die E-Zigarette sollte auf Grund der hohen Akzeptanz bei Rauchern durchaus als Mittel zur Tabakentwöhnung (erwachsener, stark konsumierender Raucher) diskutiert werden. Auf Grund der Mängel in der Qualitätsregulierung, wegen mangelnder Daten zum Langzeitgebrauch der E-Zigarette und zum Einsatz als Mittel der „Harm Reduction“, sowie wegen politischer und ethischer Bedenken kann die E-Zigarette jedoch nicht uneingeschränkt zur Nikotinersatztherapie empfohlen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Es gibt derzeit nicht genügend Evidenz für E-Zigaretten als primäre Ausstiegshilfe. Bei Patienten, bei denen die primäre Entwöhnung versagt hat, diese nicht toleriert wird, medikamentöse Therapie abgelehnt wird, und der Patient E-Zigaretten als Ausstiegshilfe benutzen möchte, ist es empfehlenswert, dies zu unterstützen. Patienten sollten informiert werden, dass E-Zigaretten vermutlich deutlich weniger toxisch sind als Zigaretten, niedrige Konzentrationen toxischer Chemikalien beinhalten können und ihre Wirksamkeit in der Entwöhnung nicht belegt ist. Patienten sollten E-Zigaretten, außer zur Rückfallprophylaxe, nicht dauerhaft verwenden. Für Patienten mit allen tabakassoziierten Krankheiten ist intensive Rauchstopp-Beratung und Pharmakotherapie so rasch wie möglich anzubieten. 	Rauchern, denen der Rauchstopp mit anderen Hilfsmitteln nicht gelungen ist und die die E-Zigarette ausprobieren möchten, sollte erklärt werden, dass E-Zigaretten zwar im Vergleich zu Tabakzigaretten weniger schädlich sind, die langfristigen Gesundheitsauswirkungen aber nicht bekannt sind. Die Verwendung von E-Zigaretten sollte diesen Rauchern zwar nicht empfohlen, es sollte aber auch nicht von der Verwendung abgeraten werden.	<ul style="list-style-type: none"> In Relation zu Zigarettenrauch ist die Schädlichkeit des E-Zigarettenaerosols um ein Vielfaches geringer. E-Zigaretten weisen derzeit einen (geringen) potenziellen Nutzen zur Raucherentwöhnung sowie positive kurzfristige und sehr wahrscheinlich langfristige Effekte zur Schadensreduzierung auf. Rauchern, die nicht für einen Rauchstopp mithilfe Beratung, Psychotherapie und/oder first-line Medikation zu gewinnen sind, kann geraten werden, nach Möglichkeit vollständig auf E-Zigaretten umzusteigen Von dual use ist abzuraten. Weitere Studien zur langfristigen Effektivität zur Raucherentwöhnung sowie bzgl. des Gesundheitsrisikos sind nötig, um eine differenzierte Abwägung im Vergleich zu alternativen Behandlungsoptionen vorzunehmen.

Zunehmende Evidenz; Positionen spiegeln Debatte um E-Zigaretten wider; es bestehen Überschneidungen bei den Autorenteam der einzelnen Empfehlungen

Abbildung 30: Verschiedene Empfehlungen zu E-Zigaretten im Zeitverlauf. Quellen: Andreas 2013⁸, AWMF 2015¹⁰, Nowak 2015¹⁹², Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen 2016⁷¹, Rütter 2017²³⁴. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Nikotinersatzprodukte genannt. Hinsichtlich E-Zigaretten wird darauf hingewiesen, dass zwar manches darauf hinweist, dass die Produkte beim Rauchstopp helfen können, aber wenig über deren Wirksamkeit im Vergleich zu anderen Hilfsmitteln bekannt ist und zudem ihre Sicherheit unklar ist. Empfehlungen gegenüber Patienten sollten sorgfältig abgewogen werden.²³¹

Schlussfolgerungen des NASEM-Reports zu E-Zigaretten in der Tabakentwöhnung

Conclusion 17-1: Overall, there is limited evidence that e-cigarettes may be effective aids to promote smoking cessation.

Conclusion 17-2: There is moderate evidence from randomized controlled trials that e-cigarettes with nicotine are more effective than e-cigarettes without nicotine for smoking cessation.

Conclusion 17-3: There is insufficient evidence from randomized controlled trials about the effectiveness of e-cigarettes as cessation aids compared with no treatment or to Food and Drug Administration–approved smoking cessation treatments.

Conclusion 17-4: While the overall evidence from observational trials is mixed, there is moderate evidence from observational studies that more frequent use of e-cigarettes is associated with increased likelihood of cessation.

Taken together the evidence suggests that [...] they might increase adult cessation of combustible tobacco cigarettes.

Levels of Evidence Framework for Conclusions

Conclusive evidence: There are many supportive findings from good-quality controlled studies (including randomized and non-randomized controlled trials) with no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, and the limitations to the evidence, including chance, bias, and confounding factors, can be ruled out with reasonable confidence.

Substantial evidence: There are several supportive findings from good-quality observational studies or controlled trials with few or no credible opposing findings. A firm conclusion can be made, but minor limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Moderate evidence: There are several supportive findings from fair-quality studies with few or no credible opposing findings. A general conclusion can be made, but limitations, including chance, bias, and confounding factors, cannot be ruled out with reasonable confidence.

Limited evidence: There are supportive findings from fair-quality studies or mixed findings with most favoring one conclusion. A conclusion can be made, but there is significant uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

Insufficient evidence: There are mixed findings or a single poor study. No conclusion can be made because of substantial uncertainty due to chance, bias, and confounding factors.

No available evidence: There are no available studies; health endpoint has not been studied at all. No conclusion can be made.

9 Umweltbelastung und Entsorgung

Kernaussage

- E-Zigaretten könnten sich zu einem Umweltproblem entwickeln, da sie bei weitverbreiteter Verwendung große Mengen an Elektroschrott, leeren Batterien und Plastikmüll erzeugen

E-Zigaretten können die Umwelt auf verschiedene Weise beeinträchtigen (Abb. 31). Da die Produkte aus Plastik, Metall, einem Mikroprozessor und einer Batterie bestehen, benötigen sie für die Herstellung wertvolle Rohstoffe wie Erdöl und Metalle, und ihre Herstellung verbraucht viel Energie. Das Nikotin wird entweder aus Tabak in einem Prozess extrahiert, der viel Wasser und Energie erfordert, oder es wird synthetisch hergestellt.⁴⁶ Der Tabakanbau ist durch die Anlage von Monokulturen sowie durch hohen Pestizid- und Düngereinsatz sehr umweltschädlich¹⁹¹. E-Zigaretten, die weggeworfen werden, sind

Elektromüll; außerdem können sie als gefährliche Abfälle eingestuft werden, da in manchen E-Zigaretten hohe Mengen an Blei vorliegen¹⁵⁷. Zudem enthalten sie, ebenso wie die Nachfüllbehälter, nach Gebrauch Reste des gesundheits- und umweltschädlichen Nikotins, sofern – wie es meist der Fall ist – nikotinhaltiges Liquid verwendet wird. Leere Nachfüllbehälter erhöhen das ohnehin schon große Aufkommen an Plastikmüll; dieses Problem wird durch die geringe Füllmenge von maximal 10 ml, die Nachfüllbehälter aufgrund des Tabakerzeugnisgesetzes von 2016⁴¹ nur haben dürfen, verstärkt.

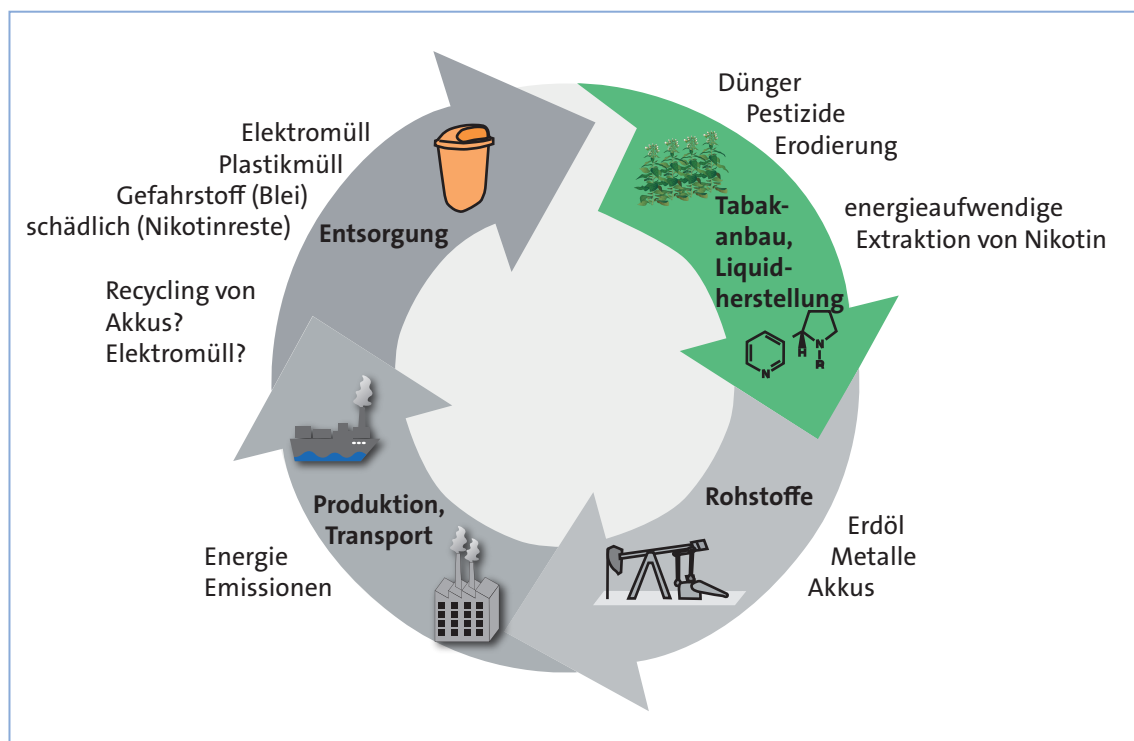


Abbildung 31: Mögliche Auswirkungen von E-Zigaretten auf die Umwelt. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Besonders problematisch sind Einweg-E-Zigaretten, die nach ca. 400 bis 500 Zügen weggeworfen werden sowie Geräte, bei denen weder der Akku noch der Verdampfer ausgetauscht werden können, da diese in kurzer Zeit viel Abfall erzeugen. Aber auch die Verdampfer und Akkus von wieder aufladbaren und nachfüllbaren Modellen haben eine begrenzte Lebensdauer und müssen regelmäßig ausgetauscht werden; so lässt sich ein Akku etwa 300 Mal aufladen und die Verdampfer haben – je nach Nutzungshäufigkeit – eine Lebensdauer von wenigen Wochen^{63,212}. Somit produzieren auch diese E-Zigarettenelemente viel Abfall.

Grundsätzlich müssen alte Elektrogeräte – also auch E-Zigaretten – aufgrund des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes (ElektroG), das die Europäische WEEE-Richtlinie 2012/19/EU umsetzt, gesondert entsorgt werden: Das ElektroG verpflichtet die Kommunen dazu, Elektrogeräte aus

Privathaushalten an Sammelstellen anzunehmen und die Hersteller müssen die alten Produkte dort abholen und fachgerecht entsorgen. Die Verbraucher müssen alte Elektrogeräte an den Sammelstellen abgeben oder Rücknahmesysteme der Hersteller oder Vertreiber nutzen.³⁹ Zusätzlich verpflichtet das Batteriegesetz, das die Europäische Richtlinie 2006/66/EG umsetzt, den Verbraucher, alte Batterien an den Handel oder an Rückgabestellen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zurückzugeben. Händler müssen alte Batterien vom Verbraucher unentgeltlich zurücknehmen.⁴⁰

Die Händler und Hersteller weisen auf ihren Internetseiten auf die speziellen Entsorgungspflichten hin. Derzeit liegen keine Daten dazu vor, inwieweit die Verbraucher, Händler und Hersteller E-Zigaretten vorschriftsgemäß entsorgen und wie Liquidreste entsorgt werden.

10 E-Zigarettenkonsum und Gesunderhaltung der Bevölkerung (Public Health)

Kernaussagen

- E-Zigaretten können sich je nach Regulierung positiv oder negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken
- Modellierungen zufolge kann die Wirkung des E-Zigarettenkonsums auf Bevölkerungsebene durch politische Maßnahmen in Richtung einer positiven Wirkung beeinflusst werden, sofern diese Maßnahmen den E-Zigarettenkonsum für Jugendliche unattraktiv machen, ihn aber für Raucher attraktiv machen und den Rauchstopp fördern

E-Zigaretten sind zwar weniger schädlich als Tabakzigaretten, aber sie sind auch keine harmlosen Konsumgüter. Raucher, die vollständig auf E-Zigaretten umsteigen – und wegen der unklaren Langzeitriskien am besten langfristig auch den E-Zigarettenkonsum einstellen – könnten daher ihr Erkrankungsrisiko verringern. Für nichtrauchende Jugendliche hingegen bedeutet der Konsum von E-Zigaretten eine Gesundheitsgefährdung. Dies gilt umso mehr, wenn sie über den E-Zigarettenkonsum zum Rauchen kommen, vor allem, wenn sie ohne E-Zigaretten nicht mit dem Rauchen begonnen hätten, denn dann kommt langfristig zu der – bislang noch unbekannt – Gesundheitsgefährdung durch den E-Zigarettenkonsum noch die bekannte große Gesundheitsschädigung durch das Rauchen hinzu.

Unter diesen Gesichtspunkten können sich E-Zigaretten langfristig prinzipiell positiv auf die Gesunderhaltung der Bevölkerung auswirken, wenn zum Einen sehr viele Raucher vollständig auf E-Zigaretten umsteigen (und möglichst langfristig auch deren Konsum beenden) und zum Anderen möglichst wenige Jugendliche mit dem E-Zigarettenkonsum beginnen oder über diesen zum Rauchen animiert werden. Umgekehrt können sie sich negativ auswirken, wenn kaum Raucher auf E-Zigaretten umsteigen oder diese parallel zu Tabakzigaretten verwenden und zugleich sehr viele Jugendliche in den E-Zigarettenkonsum einsteigen und womöglich dadurch auch noch anfangen zu rauchen. (Abb. 32)

Derzeit ist in Fachkreisen heiß umstritten, ob sich E-Zigaretten langfristig positiv oder negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken. Modellrechnungen geben Hinweise, wie sich der E-Zigarettenkonsum langfristig auf Bevölkerungsebene auswirken könnte.

Kalkhoran und Glantz berechnen auf Basis der Raucher- und E-Zigarettenkonsumentenprävalenzen sowie der Rauchstoppquoten aus dem Jahr 2013 mithilfe von Monte-Carlo-Simulation, wie sich der E-Zigarettenkonsum bevölkerungsweit auf die Gesundheitskosten auswirkt. Dabei werden sieben verschiedene Szenarien durchgespielt, in denen der E-Zigarettenkonsum in verschiedenen Kombinationen und in unterschiedlichem Ausmaß bei Rauchern entweder die Bereitschaft für einen Rauchstopp erhöht oder verringert und gleichzeitig bei Jugendlichen die Wahrscheinlichkeit für den Rauchbeginn erhöht oder reduziert. In diesem Modell ergeben sich geringere Gesundheitskosten, wenn die meisten E-Zigarettenkonsumenten ausstiegswillige Raucher sind oder Personen, die ansonsten mit dem Rauchen begonnen hätten. Umgekehrt entstehen höhere Gesundheitskosten, wenn Raucher E-Zigaretten nicht zum Rauchstopp sondern diese in erster Linie in Nichtraucherbereichen verwenden, und wenn gleichzeitig viele Jugendliche, die sonst nie Zigaretten geraucht hätten, mit dem E-Zigarettenkonsum anfangen. Bei mehreren Modellen bestimmt das Ausmaß der langfristigen gesundheitlichen Folgen des E-Zigarettenkonsums, ob dieser die Gesundheitskosten erhöht oder senkt.¹⁴⁰

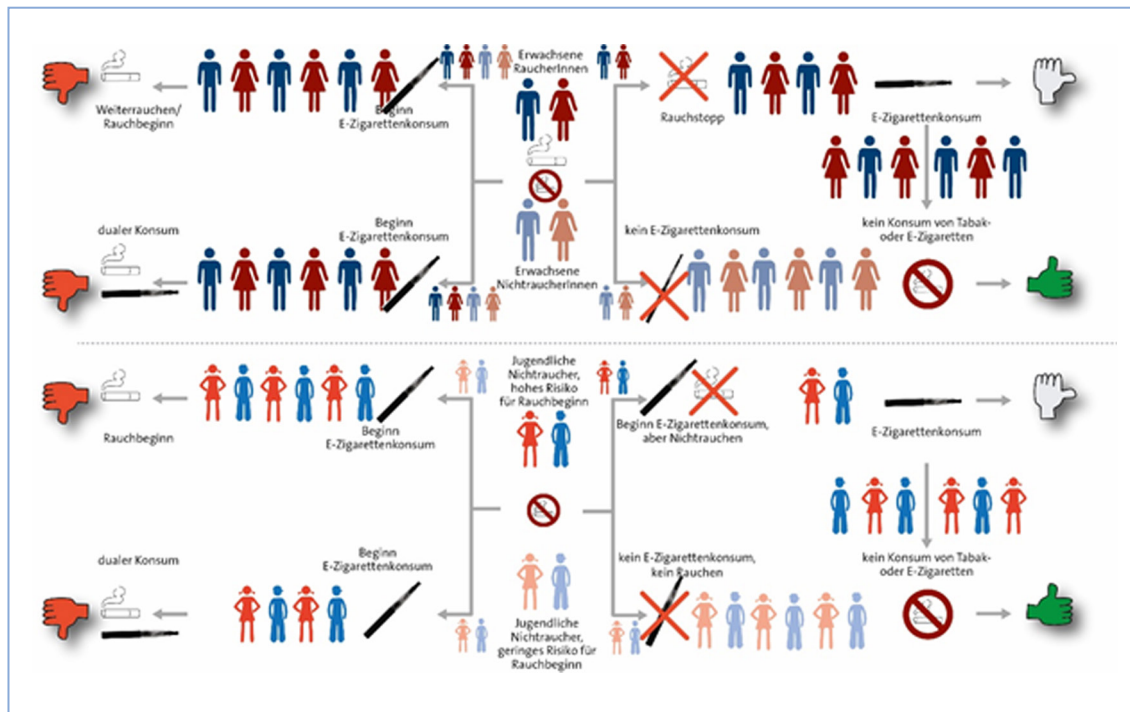


Abbildung 32: Mögliche Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums auf das Rauchverhalten in der Bevölkerung.
 Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Soneji und Kollegen berechnen mithilfe von Monte-Carlo-Simulationen für die Situation in den USA auf der Basis sehr pessimistischer Annahmen (negativer Effekt von E-Zigaretten auf den Rauchstopp und positiver Effekt auf den Rauchbeginn bei Jugendlichen) zum einen den Gewinn an Lebensjahren für diejenigen Raucher, die im Jahr 2014 25 bis 69 Jahre alt sind und die mithilfe von E-Zigaretten mit dem Rauchen aufhören und 7 Jahre oder mehr abstinent bleiben. Zum anderen berechnen sie für Jugendliche und junge Erwachsene, die im Jahr 2014 12 bis 29 Jahre alt sind, den Verlust an Lebensjahren für diejenigen, die infolge des Einstiegs in den E-Zigarettenkonsum im Alter von 35-39 Jahren tägliche Raucher sind. Diese Simulation kommt zu dem Ergebnis, dass der E-Zigarettenkonsum in den USA im Jahr 2014 auf Bevölkerungsebene zu einem Verlust von rund 1,6 Millionen Lebensjahren führt, da er unter Rauchern, die mithilfe von E-Zigaretten rauchfrei werden, einen deutlich geringeren Gewinn an Lebensjahren bringt, als er Verlust an Lebensjahren bei denjenigen Jugendlichen und jungen Erwachsenen verursacht, die über den E-Zigarettenkonsum zu Rauchern werden. Dabei sagt die Simulation einen noch größeren Schaden voraus, wenn der E-Zigarettenkonsum langfristig Gesundheitsschäden verursacht. Wenn allerdings mehr Raucher mithilfe von E-Zigaretten aufhören, zu rauchen, als junge Menschen infolge von E-Zigarettenkonsum damit anfangen, kommt diese Simulation zu dem Ergebnis, dass E-Zigaretten bevölkerungsweit zu einem Gewinn an Lebensjahren führen könnten.²⁵⁵

Levy und Kollegen berechnen für zwei Szenarien, in denen bevölkerungsweit innerhalb von zehn Jahren das Rauchen zum Großteil durch E-Zigarettenkonsum ersetzt wird, für das Jahr 2100 die vermiedenen Todesfälle und die gewonnenen Lebensjahre in den USA. In einem optimistischen Szenario gibt es im Jahr 2026 nur noch 5 Prozent Raucher und E-Zigaretten haben im Vergleich zu Zigaretten ein um 95 Prozent geringeres Erkrankungsrisiko. Im pessimistischen Szenario rauchen im Jahr 2026 noch 10 Prozent der Bevölkerung und dem E-Zigarettenkonsum wird im Vergleich zum Rauchen ein um 60 Prozent geringeres Erkrankungsrisiko zugeschrieben. Für das optimistische Szenario werden 25 Prozent weniger vorzeitige Todesfälle und 35 Prozent weniger verlorene Lebensjahre als beim Status Quo berechnet; das pessimistische Szenario ergibt 6 Prozent weniger Todesfälle und 8 Prozent weniger verlorene Lebensjahre.¹⁶⁴

Die Expertengruppe des NASEM-Reports zeichnet – in Abhängigkeit von den Annahmen der Modelle – ein differenziertes Bild: Auf Basis ihrer Modellierungsrechnungen kommt die Gruppe zu dem Schluss, dass der E-Zigarettenkonsum in den USA zumindest bis 2050 insgesamt die Gesundheit der Bevölkerung verbessert, sofern er Raucher verstärkt dazu bringt, mit dem Rauchen aufzuhören. Negative gesundheitliche Effekte, die dadurch entstehen, dass Jugendliche infolge des E-Zigarettenkonsums verstärkt anfangen zu rauchen, kommen aufgrund der verzögerten Auswirkungen auf den Körper erst Jahrzehnte später zum Tragen.

Auf lange Sicht, den Modellrechnungen zufolge ab 2070, ist daher bevölkerungsweit mit einem deutlich geringeren gesundheitlichen Vorteil, bei manchen Annahmen der Modelle sogar mit einem Nachteil zu rechnen. Sollten E-Zigaretten allerdings Raucher nicht zum Rauchstopp motivieren und die Aufhorraten nicht erhöhen, wäre sowohl kurz- als auch langfristig auf Bevölkerungsebene mit einer schädlichen Wirkung zu rechnen.¹⁸⁵

In der aktuellsten Studie modellieren Warner und Mendez die verlorenen und gewonnenen kumulativen Lebensjahre für die Erwachsenenbevölkerung der USA für drei Szenarien: In einem pessimistischen Szenario erhöht der E-Zigarettenkonsum die Einstiegsrate von Jugendlichen ins Rauchen um zwei Prozent und hat keinen Einfluss auf die Rauchausstiegsrate aktueller Raucher. In einem optimistischeren Szenario erhöht der E-Zigarettenkonsum die Rauchausstiegsrate bei Erwachsenen um 10 Prozent und hat keinen Einfluss auf den Einstieg Jugendlicher ins Rauchen. Im dritten Szenario erhöht E-Zigarettenkonsum bei Jugendlichen die Einstiegsrate ins Rauchen um zwei Prozent und gleichzeitig die Rauchausstiegsrate bei Erwachsenen um 10 Prozent. Diesen Modellierungen zufolge werden in den USA bis 2070 fast 260 000 Lebensjahre verloren, wenn der E-Zigarettenkonsum ausschließlich den Einstieg ins Rauchen fördert, und es werden 3,5 Millionen Lebensjahre gewonnen, wenn er ausschließlich

den Ausstieg fördert. In dem Modell, in der der E-Zigarettenkonsum sowohl den Ein- als auch den Ausstieg fördert, werden knapp 3,3 Millionen Lebensjahre gewonnen (Abb. 33).³⁰⁰

Die Ergebnisse dieser Modellierungen hängen stark von den zugrundeliegenden Annahmen ab und kommen daher zu voneinander abweichenden Resultaten. So unterschiedlich die Ergebnisse der verschiedenen Modellierungen und Simulationen auch sind, so zeigen sie doch, dass die Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums auf Bevölkerungsebene stark davon abhängen, inwieweit E-Zigaretten den Einstieg von Jugendlichen in den Tabakkonsum vorantreiben und gleichzeitig bei Rauchern den Rauchstopp fördern. Zudem scheint der Zeitraum eine Rolle zu spielen, für den die Wirkung des E-Zigarettenkonsums berechnet wird. Diesen Modellierungen zufolge kann die Wirkung des E-Zigarettenkonsums auf Bevölkerungsebene durch politische Maßnahmen in Richtung einer positiven Wirkung beeinflusst werden, sofern diese Maßnahmen auf der einen Seite den E-Zigarettenkonsum für Jugendliche unattraktiv machen, ihn aber auf der anderen Seite für Raucher attraktiv machen und den Rauchstopp fördern. Dabei sind allerdings nicht nur Regulierungsmaßnahmen für E-Zigaretten notwendig, sondern auch starke Tabakkontrollmaßnahmen, da diese offenbar neben ihrer Wirkung auf den Tabakkonsum auch den E-Zigarettenkonsum beeinflussen können.

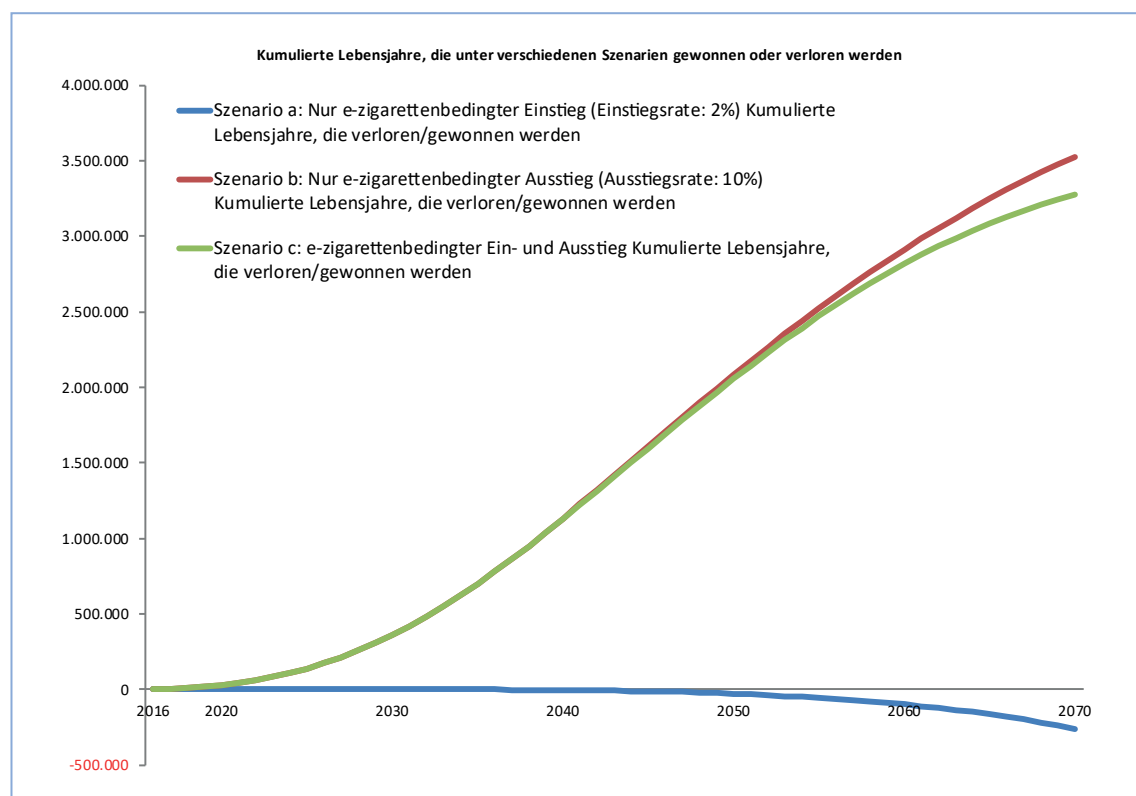


Abbildung 33: Modellrechnungen zum Verlust und Gewinn von Lebensjahren durch E-Zigarettenkonsum. Quelle: Warner 2019³⁰⁰. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Einige wenige Studien analysieren die Wirkung verschiedener Regulierungsmaßnahmen auf den E-Zigarettenkonsum und das Rauchverhalten. So untersuchen Dave und Kollegen, welchen Einfluss die von 2010 bis 2016 in einzelnen US-Staaten eingeführten Verbote, E-Zigaretten an Jugendliche abzugeben, auf das Rauchverhalten von Jugendlichen hatten. Die Berechnungen deuten auf eine negative Wirkung hin: Nach der Einführung von Altersgrenzen für den Kauf von E-Zigaretten steigt der Raucheranteil unter Jugendlichen an. Dieser Effekt lässt nach, wenn die Jugendlichen die Altersgrenze überschreiten und somit legal E-Zigaretten erwerben dürfen.⁶⁷ Die Wirkung von Abgabebeschränkungen dürfte allerdings stark davon abhängen, wie konsequent sie umgesetzt werden.

Einer Längsschnittstudie zufolge, bei der in Südkalifornien Jugendliche einmal als unter 18-Jährige und ein zweites Mal nach ihrem achtzehnten Geburtstag befragt wurden, fangen Jugendliche, die in Landkreisen mit strengen Auflagen für den Verkauf von Tabakprodukten leben, mit geringerer Wahrscheinlichkeit an zu rauchen und E-Zigaretten zu verwenden als diejenigen, die in Gegenden mit weniger strengen Lizenzauflagen leben.¹⁴ Eine Querschnittsstudie untersucht die Auswirkungen von vier Tabakkontrollmaßnahmen (Rauchverbote, Versorgung mit Tabakentwöhnungsmaßnahmen, Budget für Tabakkontrolle und Zigarettensteuer) auf den E-Zigaretten- und Zigarettenkonsum. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass strengere Tabakkontrollmaßnahmen zu einem geringeren Konsum von E-Zigaretten und Tabakzigaretten führen, wobei allerdings auch die sozioökonomische Zusammensetzung der Staaten einen Einfluss hat.⁸⁵

Vor allem die Preise von E-Zigaretten und Zigaretten scheinen einen deutlichen Einfluss auf das Konsumverhalten zu haben. Darauf weist eine Studie hin, die anhand von Verkaufszahlen und Produktpreisen aus Estland, Lettland, Litauen, Irland, dem Vereinigten Königreich und Schweden berechnet, dass ein Anstieg des E-Zigarettenpreises um 10 Prozent zu einem Verkaufsrückgang um rund 8 Prozent führt. Zugleich verursacht eine Preiserhöhung von Tabakzigaretten um 10 Prozent einen Anstieg des E-Zigarettenabsatzes um 40 Prozent. Die Autoren schließen daraus, dass eine Steuer auf E-Zigaretten, die deren Preis erhöht, Neukonsumenten vom Kauf abhalten könnte, und eine gleichzeitige Erhöhung der Tabaksteuer Raucher zu einem Umstieg auf E-Zigaretten motivieren könnte. Bei der Beurteilung dieser Ergebnisse muss man allerdings beachten, dass in der Studie aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenbasis weniger als ein Drittel der Absatzmärkte von E-Zigaretten erfasst wurde; die Onlineverkäufe waren nicht enthalten. Zudem wurden nur wenige Länder betrachtet.²⁶⁵ Eine Querschnittsstudie, die ebenfalls Nielsen-Scanner-Daten nutzt, findet auch für die USA einen Zusammenhang zwischen höheren Preisen für E-Zigaretten und geringerem ausschließlichen oder dualem Konsum. In dieser Untersuchung hatte allerdings der Preis für Tabakzigaretten keine eindeutige Wirkung auf den E-Zigarettenkonsum. Ein Verbot, E-Zigaretten in Nichtraucherbereichen zu verwenden, verringerte ebenfalls den E-Zigarettenkonsum.⁴⁸

Insgesamt deuten diese Studien darauf hin, dass sowohl Maßnahmen zur Regulierung von E-Zigaretten als auch Tabakkontrollmaßnahmen den E-Zigarettenkonsum und das Rauchverhalten beeinflussen können, wobei preislichen Maßnahmen eine besondere Bedeutung zuzukommen scheint.

11 Regulierung von E-Zigaretten

Kernaussagen

- In Ländern, die E-Zigaretten regulieren, werden diese sehr unterschiedlich kategorisiert
- Weltweit verfügen 98 Länder über konkrete Regulierungsbestimmungen für E-Zigaretten (Stand: November 2019). Davon verbietet ein Viertel E-Zigaretten vollständig, viele andere Länder regeln die Abgabe an Jugendliche, den Konsum in Nichtraucherbereichen, die Werbung, die Inhaltsstoffe, die Verpackung und manche Länder erheben eine Steuer auf E-Zigaretten

E-Zigaretten sind keine harmlosen Konsumprodukte und sollten daher reguliert werden. Bei der siebten Konferenz der Vertragsparteien des WHO-Tabakrahmenübereinkommens (COP 7) wurden vier Ziele hinsichtlich nikotinhaltiger und nikotinfreier E-Zigaretten festgelegt und Maßnahmen benannt, mit denen diese Ziele erreicht werden könnten³⁰⁶:

Ziel 1: Verhindern, dass Nichtraucher und Jugendliche mit dem E-Zigarettenkonsum beginnen

Mögliche Maßnahmen:

- Verbot des Verkaufs an Minderjährige
- Verwendungsverbot für Minderjährige
- Verbot oder Beschränkung aller Werbeformen für E-Zigaretten
- Besteuerung von E-Zigaretten auf einem Niveau, das Jugendlichen den Erwerb erschwert; gleichzeitig sollten Tabakprodukte höher besteuert sein, um den Einstieg ins Rauchen zu erschweren
- Verbot oder Beschränkung von Aromen, die für Jugendliche attraktiv sind
- Regulierung der Verkaufsorte und -kanäle sowie deren Dichte
- Maßnahmen gegen illegalen Handel mit E-Zigaretten

Ziel 2: Minimierung möglicher Gesundheitsgefahren des E-Zigarettenkonsums und Schutz von Nichtkonsumenten vor Belastung durch Emissionen

Mögliche Maßnahmen zur Minimierung möglicher Gesundheitsgefahren:

- Test von Aromen auf Gesundheitsschädigung bei Inhalation und Verbot oder Beschränkung gesundheitlich bedenklicher Aromen für Liquids
- Ausschließlich Verwendung unbedenklicher Bestandteile für Liquids und Bestandteile nur in höchstmöglicher Reinheit
- Sicherheitsstandards für Elektronik und Feuergefahr
- Angabe der Inhaltsstoffe durch den Hersteller
- Vorschriften für die Kennzeichnung von E-Zigaretten und Liquids
- Verpflichtung der Hersteller, negative gesundheitliche Auswirkungen zu beobachten und zu melden
- Beseitigung von Produkten vom Markt, die den regulatorischen Vorgaben nicht entsprechen

Mögliche Maßnahmen zum Schutz von Nichtkonsumenten vor Belastung durch Emissionen:

- Benutzungsverbot in Innenräumen/ Nichtraucherbereichen
- Warnhinweise zu möglichen Gesundheitsgefahren des Konsums und dem Abhängigkeitspotential von Nikotin
- Kindersichere, auslaufsichere E-Zigaretten und Liquidbehälter, Begrenzung des Nikotingehalts

Ziel 3: Schutz vor unbewiesenen Angaben hinsichtlich gesundheitlicher Vorteile

Mögliche Maßnahmen:

- Verbot von Angaben zu einer Wirksamkeit als Hilfsmittel zum Rauchstopp, es sei denn, das Produkt wurde als solches Hilfsmittel zugelassen

- Verbot von Angaben, das Produkt sei harmlos oder habe kein Abhängigkeitspotential
- Verbot zu vergleichenden Aussagen hinsichtlich Sicherheit und Abhängigkeitspotential mit anderen Produkten

Ziel 4: Schutz von Maßnahmen zur Tabakkontrolle vor kommerziellen oder anderen Interessen im Zusammenhang mit E-Zigaretten einschließlich der Interessen der Tabakindustrie

Mögliche Maßnahmen:

- Bewusstsein schaffen über mögliche Einflussnahme durch die Industrie auf Tabakkontrollmaßnahmen
- Begrenzung der Interaktionen mit der Industrie und Gewährleistung von Transparenz bei Interaktionen
- Ablehnung von Partnerschaften mit der Industrie
- Maßnahmen zur Vermeidung von Interessenkonflikten bei Regierungsbeamten und -angestellten
- Forderung nach transparenten und korrekten Informationen durch die Industrie
- Verbot von Maßnahmen der Corporate Social Responsibility der Industrie
- Keine bevorzugte Behandlung der Industrie
- Gleichbehandlung von staatlicher und nicht-staatlicher Industrie

Regulierung von E-Zigaretten in Deutschland

In Deutschland wurde mit dem Tabakerzeugnisgesetz⁴¹ und der Tabakerzeugnisverordnung³⁸ die Richtlinie 2014/40/EU⁹² umgesetzt, sodass verschiedene von der WHO benannte Regulierungsmaßnahmen eingeführt wurden, in erster Linie solche, die die Verbrauchersicherheit erhöhen. Folgende Regelungen gelten für nikotin-haltige E-Zigaretten und Liquids und ab 1. Januar 2021 auch nikotinfreie E-Zigaretten und Liquids³¹³:

- Pflicht zur Veröffentlichung einer Liste der Inhaltsstoffe und Emissionen
- Angaben zu Nikotinmenge und -aufnahme
- gleichmäßige Nikotinabgabe
- Höchstmengen:
 - für E-Zigaretten: 2 ml Füllvolumen
 - für Nachfüllbehälter: 10 ml Füllvolumen
 - für Nikotingehalt: max. 20 mg/ml
- E-Zigaretten und Nachfüllbehälter: kinder-, manipulations- und auslaufsicher
- Beipackzettel zu schädlichen Wirkungen
- Verbot folgender Aromen:
 - Vitamine und Zusatzstoffe, die einen gesundheitlichen Vorteil suggerieren

- Koffein, Taurin und andere stimulierende Mischungen
- Zusatzstoffe mit färbenden Eigenschaften für die Emissionen
- inhalationserleichternde Zusatzstoffe
- in unverbrannter Form schädliche Zusatzstoffe

- Warnhinweis zum Suchtpotential von Nikotin (für nikotinhaltige Produkte)

Diese Vorgaben hinsichtlich der Kennzeichnung der Produkte werden in Deutschland allerdings nur unzureichend umgesetzt, wie eine Kontrolle bei der Shisha/Vapor-Messe in Frankfurt im April 2018 zeigte. Viele Produkte waren unzureichend gekennzeichnet und es gab Beanstandungen hinsichtlich der Füllmengen²²².

Weder im Fernsehen, noch im Hörfunk, in Printmedien oder im Internet darf für E-Zigaretten geworben werden; zudem besteht ein Verbot des Sponsorings. Ab 1. Januar 2024 ist Außenwerbung für E-Zigaretten (mit Ausnahme der Außenflächen des Fachhandles) verboten³¹³. Werbung im Kino beim Filmen mit Alterszulassung ab 18 Jahren sowie am Verkaufsort ist aber weiterhin erlaubt.

Das Jugendschutzgesetz verbietet seit April 2016 den Verkauf von E-Zigaretten und Liquids an Jugendliche; Jugendliche dürfen die Produkte auch nicht in der Öffentlichkeit verwenden. Dies gilt sowohl für nikotinhaltige als auch für nikotinfreie Produkte.⁴²

Nicht einheitlich geregelt ist die Verwendung von E-Zigaretten im öffentlichen Raum. Weder das Bundesnichtraucherschutzgesetz noch die Landesnichtraucherschutzgesetze erfassen explizit E-Zigaretten, da die Gesetze gemacht wurden, als E-Zigaretten in Deutschland gerade auf den Markt kamen und kaum verbreitet waren. Die Bundesregierung vertritt jedoch entsprechend der Antwort auf eine Kleine Anfrage aus dem Jahr 2012 die Auffassung, „dass elektronische Zigaretten grundsätzlich unter das Bundesnichtraucherschutzgesetz fallen, da dieses Gesetz ein allgemeines Rauchverbot regelt, ohne dass das Rauchen hinsichtlich des Konsums bestimmter Produktgruppen wie z.B. Zigaretten, Zigarren, Kräuterzigaretten oder elektrischen Zigaretten differenziert wird.“⁴⁷² Bei den Landesnichtraucherschutzgesetzen vertreten lediglich die zuständigen Ministerien von Hessen, Rheinland-Pfalz und Thüringen die Auffassung, dass E-Zigaretten unter die Landesnichtraucherschutzgesetze fallen, da entweder ein allgemeines Rauchverbot ohne Differenzierung hinsichtlich verschiedener Produktgruppen geregelt sei oder der Konsum von E-Zigaretten „Rauchen“ im Sinne des Nichtraucherschutzgesetzes sei. In den anderen Bundesländern werden E-Zigaretten aus verschiedenen Gründen nicht von den Nichtraucherschutzgesetzen erfasst (keine Verbrennung, kein Rauchen, nur Schutz vor Passivrauchen ohne

Bezug auf konkrete Produkte). E-Zigaretten fallen auch nicht unter die Arbeitsstättenverordnung; Betriebe können aber deren Verwendung im Betrieb verbieten.

Besteuert werden E-Zigaretten in Deutschland lediglich über die Mehrwertsteuer, es gibt keine spezifische Nikotin- oder E-Zigarettensteuer.

Regulierung von E-Zigaretten in der Europäischen Union

In allen Mitgliedstaaten der EU wurde die Richtlinie 2014/40/EU umgesetzt, wobei einige Länder über die Richtlinie hinausgehende Regelungen eingeführt haben. So besteht in den meisten Ländern ein Verkaufsverbot an Jugendliche, einige Länder verbieten den Verkauf über Automaten oder an bestimmten Orten, viele Mitgliedstaaten verbieten den Konsum in Nichtraucherbereichen oder an bestimmten Orten, und mehrere Länder haben eine spezifische Steuer auf E-Zigaretten eingeführt. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die wichtigsten Regulierungsmaßnahmen innerhalb der EU.

Regulierung von E-Zigaretten weltweit

Weltweit werden sehr unterschiedliche Ansätze zur Regulierung von E-Zigaretten verfolgt. Eine

Studie aus dem Jahr 2017 identifiziert 68 Länder, die bis Oktober 2016 eine nationale Regulierung für E-Zigaretten hatten¹⁴⁵; zu diesem Zeitpunkt hatten noch nicht alle Mitgliedstaaten der EU die Tabakprodukt Richtlinie in nationales Recht umgesetzt. Die EU klassifiziert E-Zigaretten als Konsumprodukte, „es sei denn, sie fallen aufgrund ihrer Bestimmung oder Funktion unter die Richtlinie 2001/83/EG des Europäischen Parlaments und des Rates oder die Richtlinie 93/42/EWG des Rates.“⁹² In anderen Ländern werden sie als Tabak, Tabakderivate, Tabakimitationsprodukte, Chemiemischungen, Drogen, Medizinprodukte oder – auf Basis des Nikotingehalts – als gefährliche Substanzen klassifiziert, wobei zum Teil innerhalb eines Landes mehrere Einstufungsmöglichkeiten bestehen (zum Beispiel in der EU, wo sie prinzipiell ein Konsumprodukt oder ein Medizinprodukt sein können).¹⁴⁵

Das Institute for Global Tobacco Control der Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health in den USA hat auf einer Internetseite zusammengestellt, wie 98 Länder E-Zigaretten regulieren (Abb. 34, Tab. 5)¹³². Im November 2019 haben von diesen Ländern 26 Staaten E-Zigaretten vollständig verboten, von denen acht explizit angeben, dass dies sowohl für nikotinhaltige als auch für nikotinfreie Produkte gilt; zusätzlich sind in der Türkei E-Zigaretten verboten, wobei allerdings die Rechtslage nicht eindeutig ist. Sieben weitere Länder

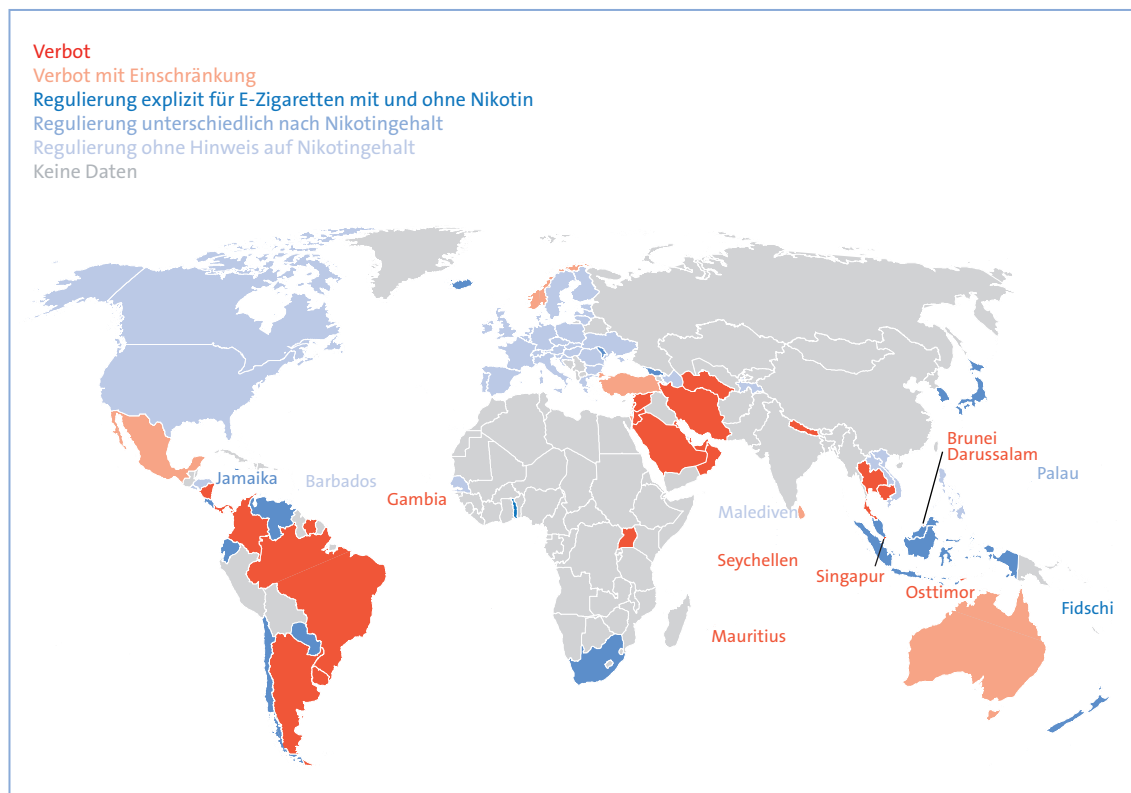


Abbildung 34: Regulierung von E-Zigaretten weltweit. Quellen: Institute for Global Tobacco Control 2018¹³², Teller Report 2019²⁷¹, LawInSport 2019¹⁶¹, Ministry of Law and Justice 2019¹⁷⁹. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Tabelle 4: Regulierung von E-Zigaretten in EU-Mitgliedstaaten. x: keine Angaben. Quellen: Institute for Global Tobacco Control 2018¹³², Vapor Products Tax 2019²⁹², Ministère des Affaires Sociales et de la Santé 2016¹⁷⁸, Euractiv 2018⁹⁰, Health Service Executive 2016¹⁷⁶, Republic of Latvia 2016²²⁵, Republic of Lithuania 2017²²⁶, Government of Romania 2016¹¹², National Council of the Slovak Republic 2004¹⁸⁷, Government of Spain 2014¹¹³, Library of the Congress 2018¹⁶⁸, Parliament České Republiky 2016²⁰⁰, Parliament České Republiky 2017²⁰¹, Dayily News Hungary 2017⁵⁹, Department of Health and Social Care 2015⁶⁹, World Bank Group 2019³⁰⁵

Land	Verkaufsverbot an Jugendliche (Altersgrenze)	Werbeverbot (Ausnahmen)	Gebrauchsverbot in Nichtraucherbereichen	Steuer	Gleiche Regulierung für nikotinfreie und nikotinhaltige E-Zigaretten	Gebrauchsverbot im Auto in Abwesenheit von Kindern	Grenzüberschreitender Verkauf	Weitere Regelungen
Belgien	ja (16)	ja (Fachhandel)	ja	nein	ja (nur für Nichtrauchererschutz)	nein	verboten	x
Bulgarien	ja (18)	ja	nein	nein	nein	nein	verboten	Verkaufsverbot in Einrichtungen für Kinder, Gesundheitseinrichtungen, an Automaten
Dänemark	ja (18) auch nikotinfrei	ja auch nikotinfrei	verboten in Schulen, Kinderbetreuungseinrichtungen, öffentlichem Verkehr, Taxis	nein	ja	nein	nach Registrierung erlaubt	x
Deutschland	ja (18) auch nikotinfrei	ja, (Plakate, Verkaufsort)	nein	Mehrwertsteuer	nein	nein	nach Registrierung erlaubt	x
Estland	ja (18)	ja	verboten in Kinderbetreuungseinrichtungen, Schulen	ja (0,20 €/ml)	nein	nein	verboten	x
Finnland	ja (18)	ja auch am Verkaufsort, display ban	ja	ja (0,30 €/ml)	ja	ja (< 15 Jahre)	verboten	Verkaufsverbot an Automaten; Importbeschränkung für persönlichen Gebrauch
Frankreich	ja (18) auch nikotinfrei	ja auch nikotinfrei	verboten in öffentlichen Verkehrsmitteln, umschlossenen Arbeitsplätzen, Bereichen, in denen sich Kinder aufhalten	nein	nein	nein	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Länder, in denen dieser verboten ist	Verkaufsverbot in Apotheken (auch nikotinfrei)

Land	Verkaufsverbot an Jugendliche (Altersgrenze)	Werbeverbot (Ausnahmen)	Gebrauchsverbot in Nichtraucherbereichen	Steuer	Gleiche Regulierung für nikotinfreie und E-Zigaretten	Gebrauchsverbot im Auto in Anwesenheit von Kindern	Grenzüberschreitender Verkauf	Weitere Regelungen
Griechenland	ja (18)	ja	ja (Gerichtsbeschluss)	ja (0,10 €/ml)	nein	nein	Import verboten, Export nach Registrierung im Zielland erlaubt, sofern kein Verbot im Zielland besteht	Lizenz für Verkauf nikotinhaltiger E-Zigaretten erforderlich; Verkaufsverbot an Automaten, keine Abgabe kostenloser Proben
Irland	nein	ja	verboten in Gesundheitseinrichtungen	nein	nein	nein	nach Registrierung erlaubt	x
Italien	ja (18)	ja	Gebrauchsverbot in Schulen	ja (0,3976 €/ml)	nein	nein	verboten	x
Kroatien	ja (18)	ja	ja auch nikotinfreie	nein	ja (nur für Nichtrauchererschutz)	nein	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Ländern, in denen dieser verboten ist	Verkaufsverbot an Automaten
Lettland	ja (18) auch nikotinfrei	ja nur nikotinhaltige E-Zigaretten	ja auch nikotinfrei	ja (0,01 €/ml + 0,005 €/mg Nikotin)	ja (nicht für Werbung)	nein, aber Verwendungsverbot in Anwesenheit von Kindern und Schwangeren, Verwendungsverbot in Parks und Schwimmbädern, auf Plätzen	verboten	Jugendliche dürfen E-Zigaretten (auch nikotinfreie) nicht verkaufen; Warnhinweis auch auf nikotinfreien E-Zigaretten
Litauen	ja (18)	ja	ja	ja (0,12 €/ml)	nein	ja (< 18 Jahre; auch in Anwesenheit von Schwangeren)	verboten	Jugendliche dürfen E-Zigaretten nicht verkaufen
Luxemburg	ja (18) auch nikotinfrei	ja	ja	nein	ja	ja (< 12 Jahre)	x	x

Land	Verkaufsverbot an Jugendliche (Altersgrenze)	Werbeverbot (Ausnahmen)	Gebrauchsverbot in Nichtraucherbereichen	Steuer	Gleiche Regulierung für nikotinfreie und nikotinhaltige E-Zigaretten	Gebrauchsverbot im Auto in Abwesenheit von Kindern	Grenzüberschreitender Verkauf	Weitere Regelungen
Malta	nein	ja	ja	nein	nein	ja (< 16 Jahre)	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Ländern, in denen dieser verboten ist	Gebrauchsverbot auf Spielplätzen
Niederlande	ja (18) auch nikotinfrei	ja (Fachhandel)	nein	nein	ja	nein	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Ländern, in denen dieser verboten ist	keine Abgabe kostenloser Proben
Österreich	ja (18)	ja (Trafiken und spezialisierter Fachhandel, sofern nicht gleichzeitig Postfiliale)	ja	nein	ja (nur für Nichtrauchererschutz)	ja (< 18 Jahre)	verboten	x
Polen	ja (18)	ja	ja (nur mit Nikotin)	ja (0,5 PLN/ml ab Juli 2020)	nein	nein	verboten	Verkaufsverbot an Automaten
Portugal	ja (18)	ja	ja (nur mit Nikotin)	ja (0,30 €/ml)	nein	nein	verboten	Verkaufsverbot an Automaten und an manchen Orten
Rumänien	nein	ja	ja, nur in öffentlichen Transportmitteln	ja (0,11 €/ml)	nein	nein	verboten	x
Slowakei	ja (18)	ja	ja	nein	ja	nein	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Ländern, in denen dieser verboten ist	x

Land	Verkaufsverbot an Jugendliche (Altersgrenze)	Werbeverbot (Ausnahmen)	Gebrauchsverbot in Nichtraucherbereichen	Steuer	Gleiche Regulierung für nikotinfreie und nikotinhaltige E-Zigaretten	Gebrauchsverbot im Auto in Anwesenheit von Kindern	Grenzüberschreitender Verkauf	Weitere Regelungen
Slowenien	ja (18) auch nikotinfrei	ja auch nikotinfrei	ja auch nikotinfrei	ja (0,18 €/ml)	ja	ja (< 18 Jahre) auch nikotinfrei	verboten	Verkaufsverbot an Automaten und über das Internet; lizenzierter Verkauf; unter 18-Jährige dürfen E-Zigaretten nicht verkaufen (auch nikotinfrei)
Spanien	ja (18)	ja	ja	nein	nein	nein	x	x
Schweden	ja (18)	ja	nein	ja (0,19 €/ml Nikotin)	nein	nein	spezielle Regelung	x
Tschechien	ja (18)	ja	ja	nein	nein	nein	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Ländern, in denen dieser verboten ist	x
Ungarn	ja (18)	ja	ja	ja (0,17 €/ml)	nein	nein	verboten	Lizenz erforderlich, Verkauf in Tabakläden; nur E-Zigaretten ohne Aroma erlaubt
Vereinigtes Königreich	ja (18) Schottland: auch nikotinfrei	ja	nein	Mehrwertsteuer	nein	nein	nach Registrierung erlaubt, kein grenzüberschreitender Verkauf in Ländern, in denen dieser verboten ist	Schottland: lizenzierter Verkauf
Zypern	ja (18)	ja	ja	ja (0,12 €/ml)	ja (nur für Nichtrauchererschutz)	ja (+ Schwangere)	verboten	Verkaufsverbot an Automaten

Tabelle 5: Regulierung von E-Zigaretten weltweit. x: keine Angaben, + Regulierung gilt explizit für nikotinhaltige und nikotinfreie E-Zigaretten, * Verwendungsverbot im Auto, wenn Kinder anwesend sind. Quelle: Institute for Global Tobacco Control, 2018¹³²

Land	Tabakprodukt	Konsumprodukt	Medizinprodukt	Eigene Kategorie	Verkaufsverbot an Jugendliche	Verwendungsverbot in Nichtraucherbereichen	Werbeverbot	Regulierung von Inhaltsstoffen	Regulierung der Verpackung	Steuer
Regulierung gilt explizit für E-Zigaretten mit und ohne Nikotin										
Fidschi ⁺	x	x	x	x	ja	ja	ja	x	x	x
Togo ⁺	x	x	x	ja	ja	ja	ja	x	x	ja
Regulierung abhängig von Nikotingehalt										
Medizinprodukt										
Chile	x	x	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	x	x	x	x
Jamaika	x	x	ja (nur mit Nikotin)	x	x	ja	x	x	x	x
Japan	x	x	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	x	x	x	x
Südafrika	x	x	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	x	x	x	x
Tabakprodukt										
Costa Rica	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	ja	ja	ja	x	x	x
Georgien	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	ja	ja	ja	x	ja	x
Paraguay	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	x	ja	x	x	x	ja
eigene Kategorie										
Ecuador	x	x	x	ja (nur mit Nikotin)	ja	ja	(ja)	x	x	x
Malaysia	x	x	x	ja	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	x	x

x: keine Angaben, + Regulierung gilt explizit für nikotinhaltige und nikotinfreie E-Zigaretten, * Verwendungsverbot im Auto, wenn Kinder anwesend sind

Land	Tabakprodukt	Konsumprodukt	Medizinprodukt	Eigene Kategorie	Verkaufsverbot an Jugendliche	Verwendungs- verbot in Nichtraucher- bereichen	Werbeverbot	Regulierung von Inhaltsstoffen	Regulierung der Verpackung	Steuer
mehrere Kategorien möglich										
Island	x	ja (wenn < 20 mg/ml Nikotin)	ja (wenn > 20 mg/ml Nikotin)	x	x	x	ja (wenn < 20 mg/ml Nikotin)	ja (wenn < 20 mg/ml Nikotin)	ja (wenn < 20 mg/ml Nikotin)	x
Indonesien	ja (nur mit Nikotin)	ja (nikotinfrei)	x	x	x	x	x	x	x	ja
Korea	ja (nur mit Nikotin)	ja (nikotinfrei)	x	x	ja (nur mit Nikotin)	ja	ja (nur mit Nikotin)	x	ja	ja
Moldawien *	ja (nur mit Nikotin)	ja (nikotinfrei)	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	x
Palau	ja (nur mit Nikotin)	x	x	x	ja	x	ja	x	ja	x
Neuseeland	ja (wenn aus Tabak hergestellt)	x	x	x	ja	x	ja	x	ja	x
Venezuela	ja	ja	ja	x	ja (wenn Tabakprodukt)	ja (wenn Tabakprodukt)	ja (wenn Tabakprodukt)	x	x	x
EU										
Belgien	x	x	ja	ja	ja (18)	ja (auch nikotinfrei)	ja	ja	ja	x
Bulgarien	x	x	ja	ja	ja	x	ja	ja	ja	x
Dänemark	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja (auch nikotinfrei)	ja	ja	ja	x
Deutschland	x	x	ja	ja	ja	x	ja	ja	ja	x
Estland	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Finnland *	x	x	ja	ja	ja	ja *	ja	ja	ja	ja
Frankreich	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja	ja	x
Griechenland	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Irland	x	x	ja	ja	x	ja	ja	ja	ja	x

x: keine Angaben, + Regulierung gilt explizit für nikotinhaltige und nikotinfreie E-Zigaretten, * Verwendungsverbot im Auto, wenn Kinder anwesend sind

Land	Tabakprodukt	Konsumprodukt	Medizinprodukt	Eigene Kategorie	Verkaufsverbot an Jugendliche	Verwendungs- verbot in Nichtraucher- bereichen	Werbewerbot	Regulierung von Inhaltsstoffen	Regulierung der Verpackung	Steuer
Italien	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Kroatien	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja	ja	ja	ja	x
Lettland	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja (auch nikotinfrei)	ja	ja	ja	ja
Litauen	x	x	ja	ja	ja	ja*	ja	ja	ja	ja
Luxemburg*	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja*	ja	ja	ja	ja
Malta	x	x	ja	ja	x	ja*	ja	ja	ja	x
Niederlande*	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	x	ja	ja	ja	x
Österreich	x	x	ja	ja	ja	ja*	ja	ja	ja	x
Polen	x	x	ja	ja	ja (nur mit Nikotin)	ja	ja	ja	ja	ja
Portugal	x	x	ja	ja	ja (nur mit Nikotin)	ja	ja	ja	ja	ja
Rumänien	x	x	ja	ja	x	x	ja	ja	ja	ja
Slowakei*	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x
Slowenien*	x	x	ja	ja	ja (auch nikotinfrei)	ja* (auch nikotinfrei)	ja	ja	ja	ja
Spanien	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x
Schweden	x	x	ja	ja	ja	x	ja	ja	ja	ja
Tschechien	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x
Ungarn	x	x	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Vereinigtes Königreich	x	x	ja	ja	ja (nur Schott- land, auch nikotinfrei)	x	ja	ja	ja	x
Zypern	x	x	ja	ja	ja	ja*	ja	ja	ja	x

x: keine Angaben, + Regulierung gilt explizit für nikotinhaltige und nikotinfreie E-Zigaretten, * Verwendungsverbot im Auto, wenn Kinder anwesend sind

Land	Tabakprodukt	Konsumprodukt	Medizinprodukt	Eigene Kategorie	Verkaufsverbot an Jugendliche	Verwendungsverbot in Nichtraucherbereichen	Werbeverbot	Regulierung von Inhaltsstoffen	Regulierung der Verpackung	Steuer
Regulierung ohne Hinweis auf Nikotingehalt										
Philippinen	x	x	ja	x	x	ja	x	x	ja	x
Medizinprodukt										
Aserbaidschan	ja	x	x	x	x	ja	x	x	x	x
Bahrain	ja	x	x	x	x	ja	ja	x	x	x
Malediven	ja	x	x	x	ja	ja	ja	x	ja	ja
Senegal	ja	x	x	x	x	x	ja	x	x	x
Tadschikistan	ja	x	x	x	ja	ja*	display ban	x	ja	x
Vietnam	ja	x	x	x	ja	ja	ja	x	x	x
eigene Kategorie										
Barbados	x	x	x	ja	x	ja	x	x	x	x
El Salvador	x	x	x	ja	x	ja	x	x	x	x
Honduras	x	x	x	ja	ja	ja	ja	x	x	x
Laos	x	x	x	ja	x	ja	x	x	x	x
Ukraine	x	x	x	ja	x	ja	x	x	x	x
mehrere Produktkategorien möglich										
Schweiz	ja (Gesetzentwurf)	x	ja	x	ja	x	ja	ja	ja	x
USA	ja	x	ja	x	ja	x	keine kostenlosen Proben	x	ja	x
Kanada	x	x	ja	ja	ja	x	ja	ja	ja	x
Verbot von E-Zigaretten										
Uruguay, Argentinien, Jordanien, Katar, Kuwait, Libanon, Mauritius, Nepal, Oman, Saudi-Arabien, Surinam, Syrien, Osttimor, Panama, Brasilien, Turkmenistan, Gambia, Uganda, Iran, Kambodscha, Kolumbien, Nicaragua, Seychellen, Singapur, Thailand, Indien										
Eingeschränktes Verbot von E-Zigaretten										
Australien, Brunei Darussalam, Israel, Mexiko, Norwegen, Sri Lanka, Türkei										

x: keine Angaben, + Regulierung gilt explizit für nikotinhaltige und nikotinfreie E-Zigaretten, * Verwendungsverbot im Auto, wenn Kinder anwesend sind

verbieten die Produkte mit Einschränkungen: In Australien, Norwegen und Mexiko sind lediglich E-Zigaretten mit Nikotin verboten, in Israel sind E-Zigaretten mit mehr als 20 mg/ml Nikotin verboten und in Sri Lanka sind E-Zigaretten, die Tabak enthalten, nicht erlaubt. In Brunei Darussalam sind Tabakimitationsprodukte verboten. In neun Ländern, die E-Zigaretten mit Vorschriften erlauben, gilt die Regulierung explizit für E-Zigaretten mit und ohne Nikotin, in 42 Ländern nur für Produkte mit Nikotin, sechs Länder kategorisieren E-Zigaretten mit Nikotin anders als solche ohne und die restlichen Länder machen bei der Regulierung keine expliziten Angaben zum Nikotingehalt der E-Zigaretten. Von den 65 Ländern, die E-Zigaretten nicht verboten oder teilweise verboten haben,

sondern diese regulieren, haben 43 ein Abgabeverbot an Jugendliche, 44 verbieten den Konsum in Nichtraucherbereichen und/oder an bestimmten Orten wie Schulen, Kinderbetreuungseinrichtungen oder Gesundheitseinrichtungen; innerhalb der EU ist Deutschland eines von lediglich fünf Ländern, das den Konsum von E-Zigaretten in Nichtraucherbereichen oder an bestimmten Orten nicht geregelt hat. 48 Länder beschränken die Werbung für E-Zigaretten. Neben der EU verfügen vier Länder (Island, Moldawien, Schweiz, Kanada) über Vorgaben für die Inhaltsstoffe und 13 Länder haben Vorschriften für die Verpackung.¹³² Weltweit haben 19 Länder eine Steuer auf E-Zigaretten eingeführt.^{132,292}

12 Tabakerhitzer

Kernaussagen

- Zu Schadstoffen im Aerosol von Tabakerhitzern und möglichen gesundheitlichen Folgen des Konsums liegen derzeit vorwiegend Studien der Hersteller vor
- Das Aerosol von Tabakerhitzern enthält weniger Schadstoffe als Tabakrauch
- Das Aerosol enthält Substanzen, die im Tabakrauch nicht vorliegen, darunter auch mindestens eine schädliche
- Die Konsumenten sind einer geringeren Belastung durch Schadstoffe ausgesetzt als beim Rauchen
- Dennoch sind die Konsumenten einer nicht zu vernachlässigenden Schadstoffbelastung ausgesetzt
- Die langfristigen gesundheitlichen Folgen des Konsums sind derzeit unbekannt
- Tabakerhitzer sind keine harmlosen Lifestyle-Produkte

In Deutschland ist derzeit nur der Tabakerhitzer von Philip Morris International (PMI) auf dem Markt („Iqos“). In anderen Ländern ist auch ein vergleichbares Produkt von British American Tobacco (BAT) erhältlich („Glo“)²⁴⁶.

Zu Schadstoffen des Aerosols und zu möglichen Gesundheitsgefahren liegen derzeit vor allem Studien der Hersteller (v. a. von PMI und BAT) vor, die wegen des bestehenden Interessenkonflikts kritisch betrachtet werden müssen, und nur wenige unabhängige Untersuchungen⁶⁶.

Funktionsweise

In dem Tabakerhitzer Iqos werden spezielle Tabakstifte („Heets“) aus stark verarbeiteten, mit viel Glycerin versetzten Tabak in einem Gerät („Holder“) elektronisch auf rund 350 °C erhitzt. Dabei entsteht ein Aerosol, das durch ein Plastikröhrchen kanalisiert, in einem speziellen, sogenannten Polymer-Film-Filter abgekühlt und anschließend vom Konsumenten durch einen weiteren Filter, wie er auch in Zigaretten verwendet wird, inhaaliert wird. Die Dauer der Nutzung entspricht dem

Rauchen einer Zigarette, also etwa 14 Zügen oder rund sechs Minuten. Danach muss der Holder aufgeladen werden.⁶⁸ Inzwischen ist eine Variante mit kürzerer Ladezeit und längerer Akku-Lebenszeit auf dem Markt (Iqos 3).

Die Tabakerhitzer von anderen Herstellern funktionieren grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip. BAT und Japan Tobacco International (JTI) haben außerdem Hybridmodelle entwickelt, bei denen wie in einer E-Zigarette eine nikotinhaltige Flüssigkeit erhitzt wird, das Aerosol dann aber zur Aromatisierung durch Tabak hindurchgeleitet wird („iFuse“ von BAT und „Ploom Tech“ von JTI)^{183,246,269}. Die Hybridprodukte erhitzen den Tabak weniger stark auf etwa 30 bis 40 °C^{213,269}. Diese Produkte sind in Deutschland derzeit nicht erhältlich.

Verbreitung

Iqos wurde in Deutschland Ende Mai 2017 flächendeckend eingeführt, davor war der Tabakerhitzer nur in wenigen Städten, die als Testmärkte dienten, erhältlich²⁰³. Im ersten Quartal 2019 hatte Iqos am gesamten deutschen

Tabakmarkt einen Anteil von 1,0 Prozent²⁰⁵. Erste Daten zur Nutzung von Iqos liefert die DEBRA-Studie, bei der allerdings nur Raucher und ehemalige Raucher, die innerhalb des vergangenen Jahres mit dem Rauchen aufgehört haben, zu ihrem Iqos-Konsum befragt wurden. Dieser Studie zufolge haben im Jahr 2017 0,3 Prozent der Raucher und 6,0 Prozent der ehemaligen Raucher jemals diesen Tabakerhitzer verwendet. Das Interesse für das Produkt scheint bei aktuellen und ehemaligen Rauchern vor allem unter jungen Menschen im Alter von 18 bis 24 Jahren hoch zu sein: In dieser Altersgruppe liegt der Anteil der Jemalskonsumenten bei 11,4 Prozent (Abb. 35). Frauen (7,3 Prozent) nutzen die Geräte häufiger als Männer (4,9 Prozent).¹⁵⁶

Die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung fragte im Jahr 2018 Jugendliche im Alter von 12 bis 17 Jahren erstmals nach ihrem Konsum von Tabakerhitzern. Von den 2 755 befragten Jugendlichen haben 0,3 Prozent jemals und 0,1 Prozent innerhalb der letzten 30 Tage vor der Befragung einen Tabakerhitzer verwendet¹⁹⁴.

In Italien, das im Jahr 2014 erster europäischer Testmarkt für Iqos wurde, hatten laut einer Umfrage im Jahr 2017 1,4 Prozent der Befragten im Alter ab 15 Jahren jemals den Tabakerhitzer ausprobiert. Knapp die Hälfte dieser Jemalskonsumenten war Nie-Raucher (Abb. 36) und – anders als in Deutschland – interessierten sich vor allem Personen im Alter von 45 bis 65 Jahren für das Produkt (Abb. 37).

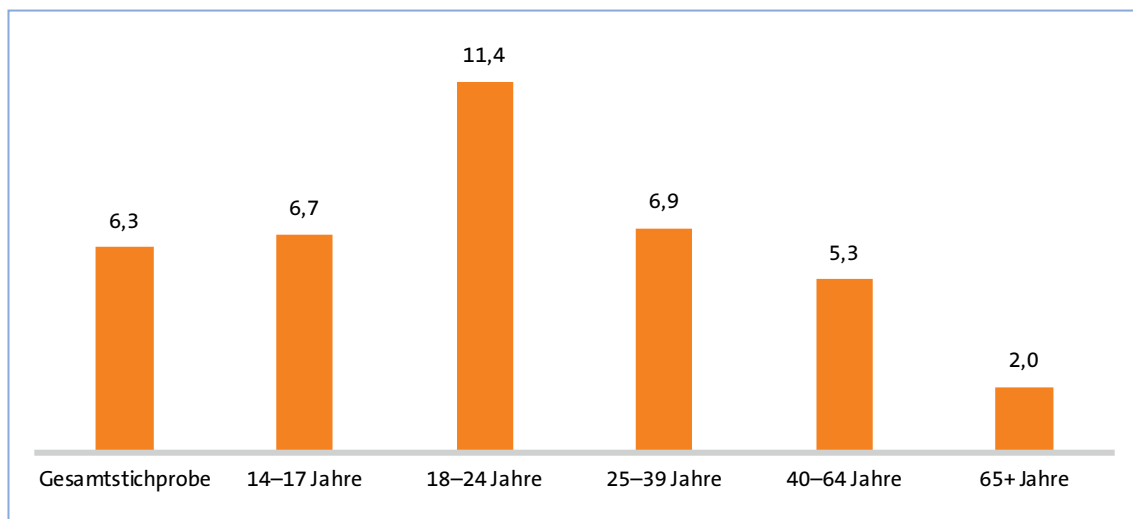


Abbildung 35: Jemalskonsum von Iqos unter Rauchern und ehemaligen Rauchern (Rauchstopp maximal ein Jahr her) in Deutschland im Jahr 2017. Quelle: Kotz 2018¹⁵⁶. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

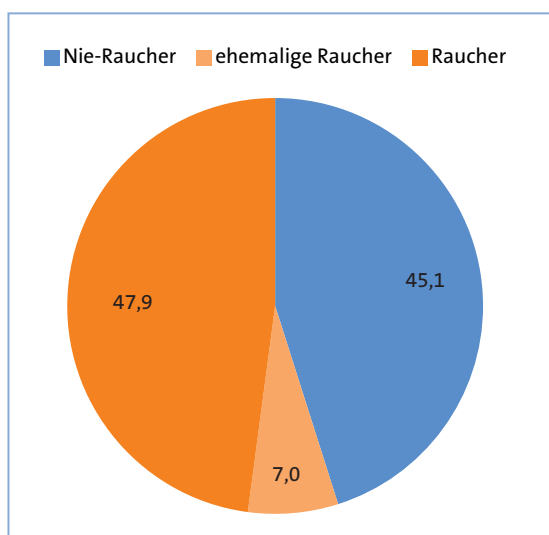


Abbildung 36: Rauchstatus der Jemalskonsumenten von Iqos in Italien im Jahr 2017. Quelle: Liu 2018¹⁷⁰. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

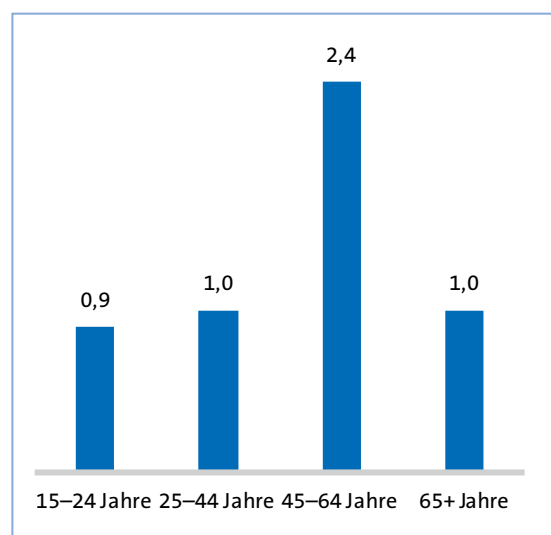


Abbildung 37: Jemalskonsum von Iqos in Italien im Jahr 2017 nach Alter. Quelle: Liu 2018¹⁷⁰. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

In Japan, wo es neben Iqos auch den Tabakerhitzer Glo von BAT und das Hybridprodukt Ploom Tech von JTI gibt, stieg der Absatz von Iqos nach einer Talkshow im April 2016, in der dieser Tabakerhitzer thematisiert wurde, stark an. Im Jahr 2017 hatten von den Befragten einer Längsschnittstudie 3,6 Prozent Iqos innerhalb der vergangenen 30 Tage verwendet. Über drei Viertel dieser Konsumenten waren Raucher oder ehemalige Raucher, aber immerhin ein Fünftel war Nie-Raucher (Abb. 38). In Japan war ebenso wie in Deutschland der Konsumentenanteil unter jungen Menschen besonders hoch (Abb. 39), allerdings gebrauchten dort mehr Männer (5,4 Prozent) als Frauen (1,8 Prozent) das Produkt.²⁶⁸

In einer länderübergreifenden Studie wurden Jugendliche im Alter von 16 bis 19 Jahren aus Kanada, den USA (wo Iqos nicht auf dem Markt ist) und England im Sommer 2017 gefragt, ob sie Iqos kennen, ob sie interessiert wären, das Produkt auszuprobieren, und ob sie es verwenden würden, wenn es ihnen einer ihrer besten Freunde anbieten würde. In allen Ländern kannten unter 6 Prozent der nichtrauchenden Jugendlichen den Tabakerhitzer und bis zu 15 Prozent derjenigen, die schon einmal geraucht hatten oder aktuell rauchten. Obwohl nur ein geringer Prozentsatz Iqos kannte, hatte etwa ein Viertel der Nie-Raucher Interesse, das Produkt auszuprobieren. Von den jemals rauchenden Jugendlichen würden sogar rund zwei Drittel den Tabakerhitzer ausprobieren, ebenso wie fast alle jugendlichen Raucher (Abb. 40).⁵⁸

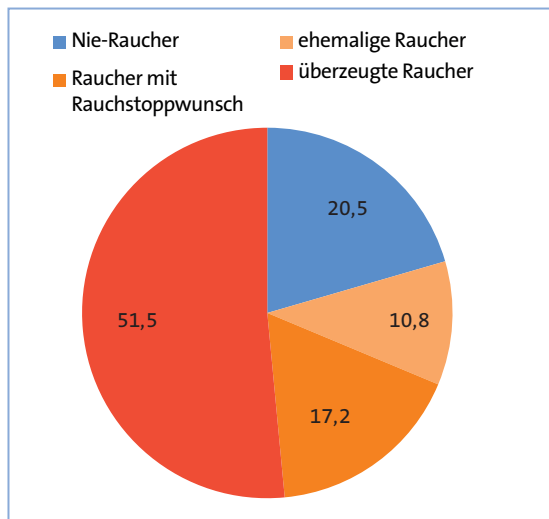


Abbildung 38: Rauchstatus der Befragten, die Iqos innerhalb der letzten 30 Tage verwendet haben in Japan im Jahr 2017. Quelle: Tabuchi 2017²⁶⁸. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

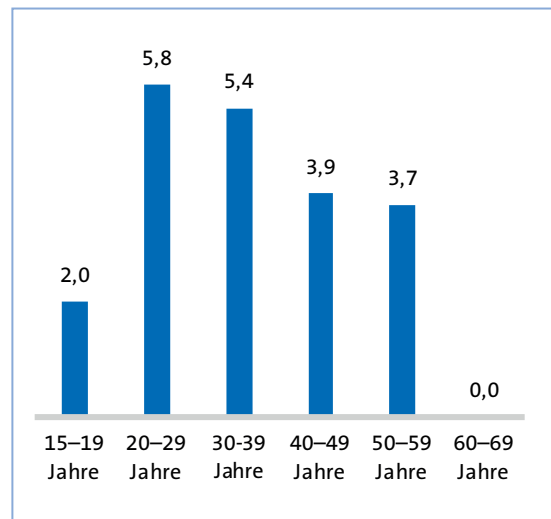


Abbildung 39: Verwendung von Iqos in Japan im Jahr 2017 nach Alter. Quelle: Tabuchi 2017²⁶⁸. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

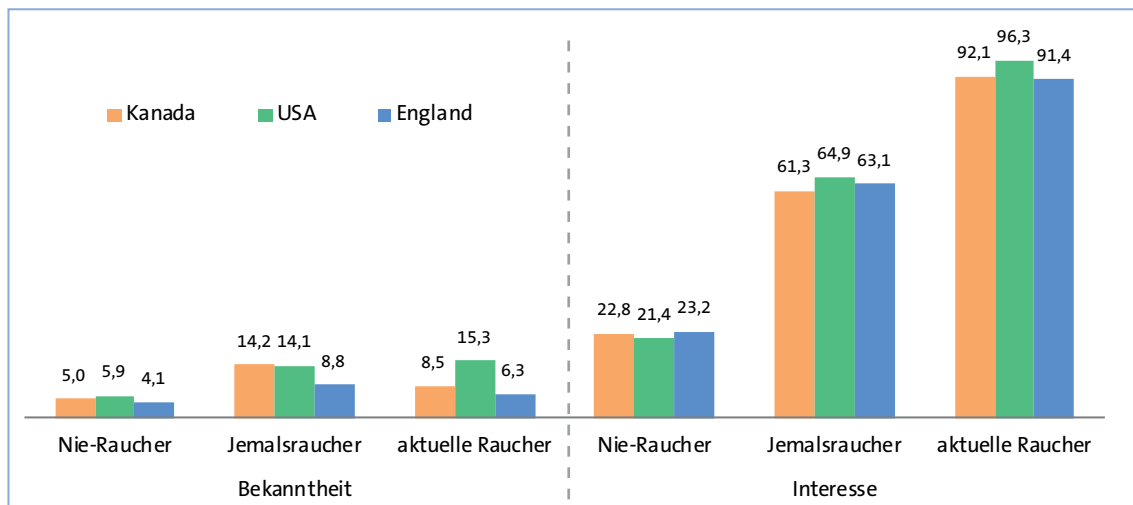


Abbildung 40: Bekanntheit von Iqos und Interesse, das Produkt auszuprobieren, unter Jugendlichen in Kanada, in den USA und in England. Quelle: Czoli 2019⁵⁸. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

Inhaltsstoffe des Aerosols

Der Nikotingehalt des Aerosols von Tabakerhitzern ist etwas niedriger als der von Tabakrauch oder entspricht der Menge im Zigarettenrauch^{15,23,94,95,167,173,235,246}; das Hybridprodukt iFuse weist im Aerosol geringere Nikotinmengen als andere Tabakerhitzer auf²⁴⁶. Glycerin und Propylenglykol, die beim Erhitzen Formaldehyd und Acrolein bilden können²⁴⁷, liegen in höheren Mengen als in Tabakrauch vor^{101,167,246}. Die Menge an Partikeln entspricht in den meisten Studien der von Zigarettenrauch, ist in einzelnen Studien aber niedriger, in anderen höher als in Zigarettenrauch^{173,195,246,280}. Die Partikel bestehen zu einem großen Teil aus einer flüchtigen Fraktion und zu einem kleineren Teil aus einem nicht flüchtigen Anteil¹⁹⁵. Die nikotin- und wasserfreie Masse („Teer“) ist im Aerosol von Tabakerhitzern im Vergleich zu Tabakrauch geringer²⁴⁶; eine unabhängige Studie fand aber bis zu gleich hohe Werte wie in Zigarettenrauch¹⁷³. Der Kohlenmonoxidgehalt ist im Aerosol von Tabakerhitzern wesentlich niedriger als in Zigarettenrauch. Carbonylverbindungen wie Formaldehyd, Acetaldehyd und Acrolein sind gegenüber Tabakrauch – je nach Substanz, Studie und Vergleichszigarette – um 68 bis 99 Prozent verringert^{95,101,167,173,235}; einer unabhängigen Untersuchung zufolge ist Formaldehyd jedoch nur um 26 Prozent und Acrolein um 18 Prozent reduziert^{15,246}. Verschiedene flüchtige Substanzen wie Benzol und Toluol sind um 98 bis 99 Prozent reduziert^{167,173}. Die krebserzeugenden tabakspezifischen Nitrosamine sind um 91 bis 98 Prozent, bei iFuse um 99 Prozent verringert^{23,167}. (Abb. 41)

Eine japanische Studie, die eine neue Analyse-methode beschreibt, vergleicht das Aerosol von Iqos, Glo und Ploom Tech mit Zigarettenrauch. Die

Gesamtmenge an gasförmigen und festen Partikeln unterscheidet sich nicht wesentlich zwischen den Produkten. Das Aerosol der Tabakerhitzer enthält größere Mengen von Wasser (bei Iqos und Glo macht Wasser 75 bis 85 Prozent der gasförmigen Partikelmasse aus), sowie von Propylenglykol, Glycerin und Acetol als Tabakrauch, die anderen gemessenen Substanzen liegen im Aerosol in geringeren Mengen als in Tabakrauch vor (Abb. 42). Auch der Nikotingehalt des Aerosols ist geringer als der von Tabakrauch. Mit steigender Temperatur entstehen mehr Schadstoffe. Iqos erhitzt den Tabak mit einer durchschnittlichen Temperatur von 201 °C, Glo mit 170 °C und Ploom Tech mit 23 °C; für die Entstehung von Zigarettenrauch wurde in dieser Studie eine Durchschnittstemperatur von 460 °C gemessen. Abgesehen von Propylenglykol bilden sich beim Gebrauch des Hybridprodukts Ploom Tech im Vergleich mit den anderen untersuchten Produkten die geringsten Mengen chemischer Substanzen.²⁸⁰

Das Aerosol enthält allerdings auch Substanzen, die in Tabakrauch nicht vorkommen, darunter möglicherweise auch gesundheitsschädliche^{68,133,237}. Ein Forscherteam von BAT identifizierte in Iqos 205 Einzelsubstanzen, die sich auf 17 Stoffgruppen verteilen, wovon Ketone, Alkohole, Aldehyde und alizyklische Verbindungen den größten Anteil ausmachen. Von diesen 205 Substanzen sind 144 als Bestandteile von Tabakblättern beschrieben und von 122 ist bekannt, dass sie in Tabakrauch vorkommen. 82 Substanzen kommen allerdings nicht in Tabakrauch vor; 43 davon sind aus Tabakblättern bekannt.²³⁷

Abhängigkeitspotential

Da das Aerosol von Tabakerhitzern ähnliche Mengen Nikotin wie Tabakrauch enthält und der Konsument vergleichbare Nikotinmengen wie

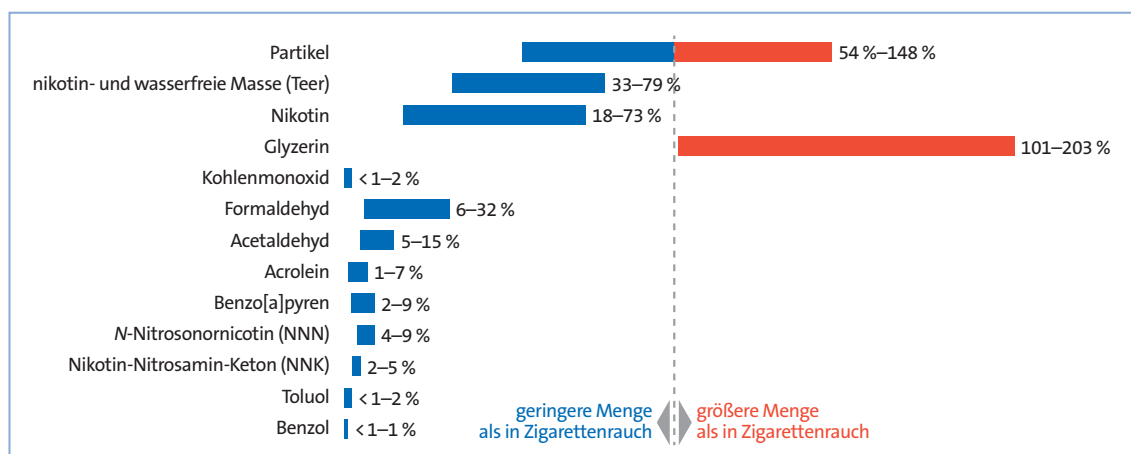


Abbildung 41: Relative Mengen potentiell schädlicher Substanzen im Aerosol von Tabakerhitzern im Vergleich zur Menge im Rauch von Tabakzigaretten. In die Abbildung sind Daten aus unabhängigen Studien und aus Herstellerstudien eingeflossen. Die Balken geben die Spannweite vom geringsten bis zum größten gemessenen Wert an. Quellen: Li 2018¹⁶⁷, Mallock 2018¹⁷³, Simonavicius 2018²⁴⁶. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019

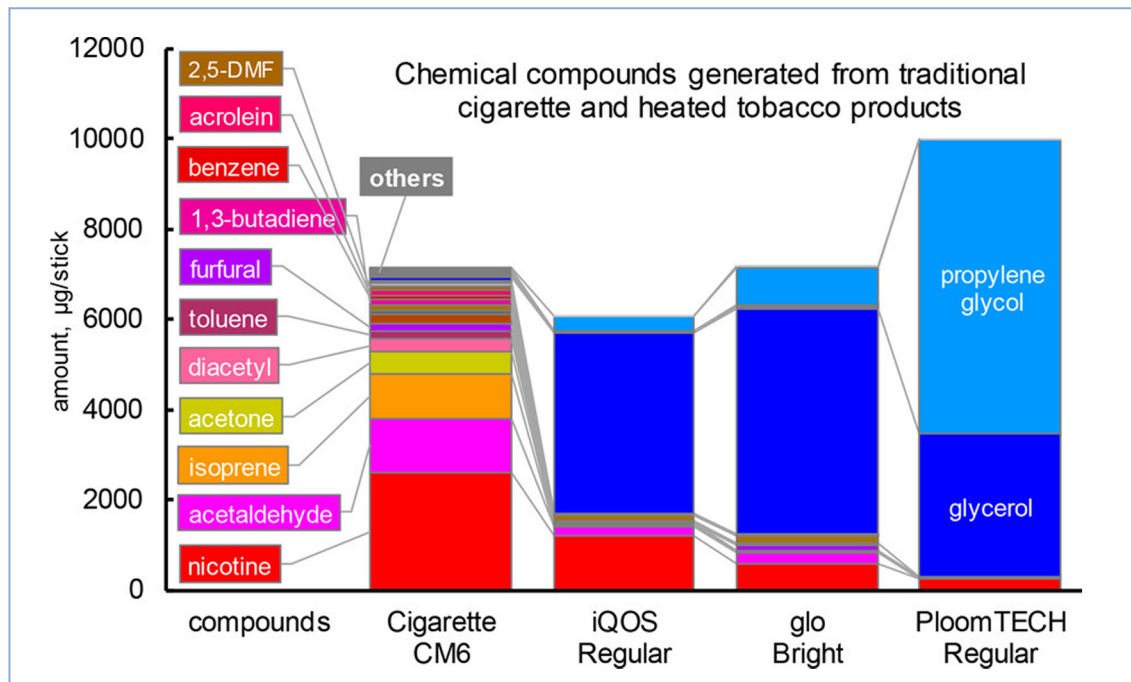


Abbildung 42: Chemische Substanzen im Aerosol verschiedener Tabakerhitzer und im Tabakrauch (Durchschnittswerte pro Zigarette/Tabakstick). Quelle: Uchiyama 2018²⁸⁰

beim Rauchen aufnimmt¹⁵, ist davon auszugehen, dass der Konsum der Produkte ein ähnliches Abhängigkeitspotential birgt wie das Rauchen.^{101,235} Aufgrund der begrenzten Nutzungszeit von Iqos (sechs Minuten) nimmt der Konsument das Nikotin in einer recht kurzen Zeit auf, was einen Einfluss auf das Abhängigkeitspotential haben könnte⁶⁶.

Gesundheitsgefährdung

Die Gesundheitsgefährdung von Tabakerhitzern – insbesondere bei langfristigem Konsum – ist derzeit unbekannt, da die Produkte neu auf dem Markt sind und geeignete Langzeitstudien fehlen. Bei Personen, die für einige Tage bis drei Monate von Zigaretten auf Iqos umgestiegen sind, liegen (entsprechend Herstellerstudien) die Stoffwechselprodukte einzelner Substanzen, die als Biomarker für eine Belastung mit der jeweiligen Substanz

gelten, in deutlich geringen Konzentrationen vor als bei Rauchern^{101,125,246}.

Salman und Kollegen berechnen, dass Raucher, die von herkömmlichen Zigaretten auf Iqos umsteigen, ihre Belastung mit partikelförmigen reaktiven Sauerstoffspezies gegenüber dem Rauchen um 82 Prozent und diejenige durch gasförmige reaktive Sauerstoffspezies um 90 Prozent reduzieren. Wer täglich die einer Packung Zigaretten entsprechende Menge Heets konsumiert, würde diesen Berechnungen zufolge im Vergleich zum Rauchen die Aufnahme von Formaldehyd um 70 Prozent und die von Acetaldehyd um 65 Prozent verringern. Allerdings ist bei dieser Konsummenge die Belastung mit Formaldehyd immer noch doppelt so hoch wie bei keinem Konsum und die Exposition gegenüber Acetaldehyd ist sogar 100 Mal höher, als wenn die Person lediglich Luft einatmen würde (Abb. 43).²³⁵

Daily exposure	IQOS	Combustible cigarette	Background air
Particulate-ROS (nmol H ₂ O ₂)	90	500	20
Gaseous-ROS (nmol H ₂ O ₂)	40	450	60
Formaldehyde (mg)	0.02	0.06	0.03
Acetaldehyde (mg)	7	20	0.04

Abbildung 43: Abschätzung der Schadstoffbelastung bei Konsum von Iqos, Rauchen und dem Einatmen von Luft. Quelle: Salman 2018²³⁵

Inwiefern sich die reduzierte Schadstoffbelastung langfristig in eine geringere Gesundheitsgefährdung überträgt, lässt sich derzeit jedoch nicht abschätzen¹⁰¹.

Unabhängige Wissenschaftler, die die Daten von Herstellerstudien erneut ausgewertet haben, kommen zu dem Ergebnis, dass Iqos die Lunge und die Leber schädigen könnte^{50,181}. In einer aktuellen Studie wurden die Auswirkungen von Tabakerhitzaerosol auf Lungenzellen untersucht und mit den Wirkungen von E-Zigarettenaerosol und Zigarettenrauch verglichen. Das Aerosol von Iqos – wie auch das von E-Zigaretten – löste in den Zellen in ähnlichem Ausmaß wie Zigarettenrauch schädigende Prozesse aus, die bei der Entstehung chronischer Lungenerkrankungen wie Asthma und COPD eine Rolle spielen.²⁵⁰ In einem Versuch mit Ratten führte das Aerosol von Iqos in gleichem Ausmaß wie Tabakrauch kurzfristig zu einer Beeinträchtigung der Endothelfunktion¹⁸⁴.

Tabakerhitzer sind also trotz der geringeren Schadstoffbelastung keineswegs harmlos, auch wenn sie vermutlich eine geringere Gesundheitsgefährdung als Tabakzigaretten mit sich bringen (Abb. 44).¹⁰¹

Insgesamt zeigen die derzeit vorliegenden Studien unter dem Vorbehalt von Interessenkonflikten und der zum Teil eingeschränkten Studienqualität, dass das Aerosol von Tabakerhitzen weniger Schadstoffe enthält als Tabakrauch und der Konsument einer geringeren Schadstoffbelastung ausgesetzt ist^{66,102,246} – dennoch besteht eine nicht zu vernachlässigende Belastung^{66,101,246}. Unklar ist, inwieweit sich die geringere Schadstoffbelastung in eine reduzierte Gesundheitsgefährdung überträgt^{66,101,102,173}, insbesondere, da im Aerosol von Tabakerhitzen bereits ein erster Schadstoff sowie weitere Substanzen entdeckt wurden, die in Tabakrauch nicht vorliegen^{68,237}.

Belastung Dritter

Anders als Zigaretten geben Tabakerhitzer zwischen den Zügen keinen Rauch ab, sodass nur das vom Konsumenten ausgeatmete Aerosol in die Raumluft gelangt und Schadstoffe dorthin transportiert; dazu gehören neben feinen und ultrafeinen Partikeln²¹⁶ unter anderem Formaldehyd, Acetaldehyd und Acrolein^{233,246} sowie Nikotin¹⁷⁶. Die Belastung der Raumluft ist dabei deutlich geringer als durch Tabakrauch^{66,176,246} und steigt mit der Anzahl der Konsumenten sowie der Nähe der Konsumenten zu Nichtkonsumenten¹⁷⁶. Im Raum anwesende Nichtkonsumenten können die gesundheitsgefährdenden Substanzen aus der Raumluft einatmen. In einer japanischen Studie empfanden 37 Prozent der Personen, die passiv dem Aerosol von Tabakerhitzen ausgesetzt waren, Symptome wie ein generelles Krankheitsgefühl, Augenreizungen und Kratzen im Hals²⁶⁸. Das Ausmaß einer möglicherweise aus einer Passivbelastung langfristig resultierenden Gesundheitsgefährdung ist derzeit unbekannt.

Vermarktung

Philip Morris bewirbt Iqos als „bessere Alternative zum Rauchen“ (Abb. 45) und verkauft das Produkt als hochpreisige Premium-Marke. In Deutschland hat Philip Morris freiwillig die Außenwerbung für andere Tabakprodukte eingestellt und wirbt auf Plakaten nur noch für den Tabakerhitzer – mit Erfolg: Im Februar 2019, knapp zwei Jahre nach der Markteinführung, hat Iqos in Deutschland einen Anteil von 0,8 Prozent am Tabakmarkt erreicht, in Großstädten mit speziellen Iqos-Läden sogar über zwei Prozent.¹⁶

Für seine Werbung hat sich das Unternehmen als Standard festgelegt, seine Produkte nur an Erwachsene zu vermarkten und keine Models zu verwenden, die jünger als 25 Jahre sind oder



Abbildung 44: Mögliche Gesundheitsgefährdung durch den Konsum von Tabakerhitzen. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2019



Abbildung 45: Werbeplakat für Iqos aus dem Jahr 2018. Foto: DKFZ

so aussehen²⁰⁶ – dies gilt auch für Iqos. Tatsächlich warb der Konzern aber weltweit in sozialen Medien mit jungen Iqos-Botschaftern, von denen mindestens eine Botschafterin öffentlich ihr Alter mit 21 Jahren angab – im Fokus der Iqos-Werbung stehen offenbar auch sehr junge Menschen. Erst auf eine Untersuchung von Reuters hin erklärte Philip Morris im Mai 2019, die Influencer-Werbung einzustellen¹⁵¹.

Auf seiner deutschen Internetseite erklärt das Unternehmen, seine Vision sei es, „eines Tages“ Zigaretten durch rauchlose Produkte zu ersetzen²⁰⁴. Auch bei der Consumer Analyst Group of New York (CAGNY) Conference im Februar 2018 stellt PMI seine Vision einer rauchfreien Zukunft in den Vordergrund⁴⁵. Das Unternehmen hat sich das Ziel gesetzt, bis 2025 insgesamt 40 Prozent der weltweiten Umsätze mit dem Tabakerhitzer und anderen Produkten mit reduziertem Risikopotential zu erwirtschaften⁷⁹. Der Konzern stellt sich damit als die Lösung des Problems dar, das er selbst mit verursacht.

Gleichzeitig weist das Unternehmen aber darauf hin, dass die Marktanteile von Zigaretten auch auf Märkten, auf denen Iqos erhältlich ist, stabil geblieben sind, und dass es ein Unternehmensziel ist, der Marktführer für Rauchtobakprodukte außerhalb von China und den USA zu bleiben⁴⁵. Auch in Deutschland ist es nach Aussage des Geschäftsführers der Philip Morris GmbH das Ziel

des Unternehmens, den Anteil von 37 Prozent am Tabakmarkt „durch neuartige Produkte zu vergrößern“¹⁶. Demnach geht es dem Konzern nicht vorrangig um den Ersatz von Rauchtobakprodukten durch weniger schädliche Produkte, sondern um eine Ergänzung und Erweiterung seines Produktportfolios. Darüber hinaus macht die Tatsache, dass das Unternehmen weltweit weiterhin gegen Tabakkontrollmaßnahmen kämpft, dessen „Vision einer rauchfreien Zukunft“ unglaubwürdig. So verklagte Philip Morris im Jahr 2018 erfolgreich die philippinische Stadt Balanga wegen ihrer „Tobacco-Free Generation Ordinance of Balanga City“, die den Verkauf von Tabakprodukten und E-Zigaretten an Personen, die nach dem 1. Januar 2000 geboren wurden, verbietet²⁵⁹.

Regulierung

Tabakerhitzer sind keine harmlosen Lifestyle-Produkte. Ihr langfristiges Gefährdungspotential ist gegenwärtig unbekannt. Aufgrund der unklaren Gesundheitsgefährdung und des Abhängigkeitspotentials sollten die Produkte unbedingt reguliert werden. Die Vertragsparteien des WHO-Tabakrahmenübereinkommens zur Eindämmung des Tabakgebrauchs (FCTC) haben bei der achten Konferenz der Vertragsparteien im Oktober 2018 beschlossen, dass Tabakerhitzer Tabakprodukte sind und daher die in FCTC beschriebenen Tabakkontrollmaßnahmen auch auf Tabakerhitzer anzuwenden sind³⁰⁷.

In Deutschland sind Tabakerhitzer wie Pfeifentabak reguliert. Dementsprechend sind sie geringer besteuert als Zigaretten und tragen lediglich Text- und keine bildlichen Warnhinweise. Für die Geräte bestehen dieselben Werbebeschränkungen wie für Tabakprodukte (Verbot der Werbung in TV, Radio, Print, Internet, Verbot von grenzüberschreitendem Sponsoring). Nach dem Jugendschutzgesetz ist es Kindern und Jugendlichen nicht gestattet, Tabakerhitzer zu kaufen oder zu benutzen. Manche Bundesländer verbieten den Konsum von Tabakerhitzern in Nichtraucherbereichen, andere nicht. Grundsätzlich kann allerdings die Verwendung in Nichtraucherbereichen über das Hausrecht untersagt werden.

Weltweit werden Tabakerhitzer unterschiedlich reguliert. Mit Stand Januar 2019 liegen dem Institute for Global Tobacco Control der Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health für 56 Länder Daten zur Regulierung von Tabakerhitzern vor (Tab. 6). Demnach verbieten 7 Länder Tabakerhitzer vollständig, 19 Länder behandeln sie wie Tabakprodukte, 12 Länder regulieren sie entsprechend einer eigenen Produktkategorie als „neue Tabakprodukte“ und 3 Länder wie E-Zigaretten, 7 Länder geben an, dass die Regulierung unklar sei und 8 Länder verfügen über keine Regulierung.¹³¹

Tabelle 6: Regulierung von Tabakerhitzern weltweit. Länderspezifische zusätzliche Informationen: (1) wie rauchloser Tabak, (2) wie E-Zigarette, (3) Besteuerung wie Zigaretten, (4) Regulierung als neue Tabakprodukte oder rauchloser Tabak möglich. Quelle: Institute for Global Tobacco Control 2018¹³¹

Verbot	Tabakprodukt	Eigene Kategorie: Neue Tabakprodukte	Eigene Kategorie: E-Zigarette	Unklare Regulierung	Keine Regulierung
• Georgien	• Brunei	• England	• Ecuador	• Belgien	• Argentinien
• Iran	• Darussalam	• Frankreich	• Fidschi	• Dänemark	• Aserbaidshon
• Malta (1)	• Deutschland	• Luxemburg	• Thailand	• Indonesien	• Bahrain
• Norwegen	• Irland	• Moldawien		• Italien (4)	• Finnland
• Panama	• Israel (3)	• Niederlande		• Pakistan	• Island
• Thailand (2)	• Jamaika	• Portugal		• Palau	• Laos
• Turkmenistan	• Japan	• Rumänien		• Paraguay	• Mexiko
	• Malaysia	• Schottland			• Philippinen
	• Malediven	• Schweden			
	• Nepal	• Spanien			
	• Neuseeland	• Wales			
	• Osttimor	• Zypern			
	• Polen				
	• Schweiz				
	• Senegal				
	• Seychellen				
	• Slowenien				
	• Südafrika				
	• Tadschikistan				
	• Türkei				

13 Fazit

E-Zigaretten

Der E-Zigarettenkonsum verbreitet sich zunehmend in der Bevölkerung. Immer mehr Menschen – vor allem Raucher und junge Menschen – probieren die Produkte aus; der regelmäßige Konsum ist allerdings noch recht selten.

Nikotinhaltige E-Zigaretten bergen ein Abhängigkeitspotential. Im Vergleich zum Rauchen sind die Geräte sehr wahrscheinlich deutlich weniger schädlich, dennoch sind sie bei Weitem keine harmlosen Produkte. Allerdings ist derzeit unbekannt, ob und wenn ja, welche langfristigen gesundheitlichen Folgen der Konsum mit sich bringt. Tier- und Zellversuche und erste Studien an Menschen deuten jedoch darauf hin, dass der E-Zigarettenkonsum ein gewisses kardiovaskuläres Risiko birgt, insbesondere für Menschen mit bestehenden Herz-Kreislauferkrankungen. Mögliche Auswirkungen auf die Atemwege und auf das Krebsrisiko sind noch nicht geklärt. Ebenso unklar ist bislang, welche langfristigen gesundheitlichen Vorteile ein vollständiger Umstieg von Zigaretten auf E-Zigaretten mit sich bringt.

Für nichtrauchende Jugendliche bedeutet der E-Zigarettenkonsum daher eine Abhängigkeits- und Gesundheitsgefahr; zudem erhöht er die Wahrscheinlichkeit, dass die Jugendlichen später Tabakzigaretten verwenden – mit schweren gesundheitlichen Folgen. Für Raucher hingegen ist davon auszugehen, dass der Umstieg von Tabak auf E-Zigaretten das Erkrankungsrisiko senkt – in welchem Ausmaß, ist allerdings unklar. Daher sollten ausschließlich Raucher E-Zigaretten verwenden.

Noch nicht eindeutig geklärt ist auch, ob E-Zigaretten bei Rauchern den Rauchstopp fördern – Einiges deutet aber darauf hin, dass E-Zigaretten zumindest innerhalb eines kürzeren Zeitraums beim Rauchstopp hilfreich sein könnten.

Da der E-Zigarettenkonsum die Raumluft mit Partikeln und Nikotin belastet, könnte diese Belastung

für Nichtkonsumenten, insbesondere sensible Bevölkerungsgruppen wie Kinder, Schwangere, alte Menschen und Personen mit chronischen Erkrankungen, eine Gesundheitsgefahr bedeuten. Daher sollten E-Zigaretten nicht in Innenräumen verwendet werden.

Die langfristigen Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums auf die Gesundheit der Bevölkerung lassen sich momentan noch nicht eindeutig abschätzen, sicherlich auch wegen der mit drei Prozent noch recht geringen Verbreitung des regelmäßigen Konsums. Grundsätzlich können aber regulatorische Maßnahmen die gesundheitlichen Auswirkungen des E-Zigarettenkonsums auf Bevölkerungsebene in Richtung einer insgesamt positiven Wirkung steuern. Damit E-Zigaretten das Potential haben, auf Bevölkerungsebene mehr Nutzen als Schaden zu verursachen, ist in Deutschland – über die bereits bestehenden Bestimmungen hinaus – eine Regulierung notwendig, die den Einstieg von Jugendlichen in den Konsum erschwert, gleichzeitig aber Raucher nicht davon abhält, vollständig von Tabak- auf E-Zigaretten umzusteigen. Zugleich sollten Tabakkontrollmaßnahmen intensiviert werden, um das Rauchen in der Bevölkerung unattraktiv zu machen. Die WHO empfiehlt als regulatorische Maßnahmen unter anderem eine Besteuerung von E-Zigaretten auf einem Niveau, das Jugendlichen den Erwerb erschwert, wobei gleichzeitig Tabakprodukte höher besteuert sein sollten, um den Einstieg ins Rauchen zu erschweren. Weiterhin wird ein Verbot oder die Beschränkung aller Werbeformen für E-Zigaretten angeraten, sowie die Regulierung der Verkaufsorte und -kanäle sowie deren Dichte, ein Verbot oder die Beschränkung von Aromen, die für Jugendliche attraktiv sind sowie ein Gebrauchsverbot in Innenräumen und Nichtraucherbereichen. Zur Verbesserung des Umweltschutzes wären ein verpflichtendes Rücknahme- und Pfandsystem und gegebenenfalls ein Verbot oder alternativ eine hohe Besteuerung von Einwegprodukten sinnvoll. Diese Maßnahmen sollten in Deutschland zusätzlich zu den bereits bestehenden Regelungen umgesetzt werden.

Tabakerhitzer

Da Tabakerhitzer erst seit knapp zwei Jahren in Deutschland verfügbar sind, ist derzeit schwer zu beurteilen, wie sich der Markt für die Produkte entwickeln wird; es ist aber zu vermuten, dass Philip Morris aufgrund seiner Erfahrung, seinen bestehenden Handelswegen und seiner wirtschaftlichen Größe in der Lage sein wird, Iqos schnell eine weite Verbreitung zu verschaffen. Da Tabakerhitzer derzeit wie Pfeifentabak besteuert werden, beträgt die Tabaksteuer 14,7 Prozent und die Umsatzsteuer 16,0 Prozent – dies entspricht bei einem Verkaufspreis von 6,00 € pro Schachtel Tabaksticks 0,88 € beziehungsweise 0,96 € pro Packung. Zum Vergleich: Bei einer Schachtel Zigaretten (Marlboro) zum Preis von 6,40 € beträgt die Tabaksteuer 52,4 Prozent (3,35 €) und die Umsatzsteuer 16 Prozent (1,02 €).⁷³ Somit profitiert nicht in erster Linie der Staat von der Steuer, sondern der Tabakkonzern Philip Morris hat dank dieser steuerlichen Begünstigung für die Tabaksticks einen wesentlich höheren Wirtschaftsanteil (4,16 € pro Schachtel) als für Zigaretten (2,03 € pro Schachtel).

Das langfristige Gefährdungspotential von Tabakerhitzern ist gegenwärtig unbekannt und ist noch

schwerer abzuschätzen als das von E-Zigaretten, weil bislang kaum unabhängige Studien dazu vorliegen und die Produkte noch kürzer auf dem Markt verfügbar sind. Vermutlich ist die Schadstoffbelastung durch den Konsum der Produkte geringer als beim Rauchen von Zigaretten, aber höher als bei E-Zigaretten; daher sind Tabakerhitzer keine harmlosen Produkte. Aufgrund der unklaren Gesundheitsgefährdung und des Abhängigkeitspotentials sollten Nichtraucher Tabakerhitzer nicht benutzen und zum Schutz Dritter sollten die Geräte nur in Raucherbereichen verwendet werden.

Die Vertragsparteien des WHO-Tabakrahmenübereinkommens bewerten Tabakerhitzer als Tabakprodukte, sodass sämtliche im Tabakrahmenübereinkommen für Tabakprodukte festgesetzten regulatorischen Maßnahmen in gleicher Weise für Tabakerhitzer gelten müssen. Dazu gehören neben dem bereits bestehenden Abgabeverbot an Minderjährige vor allem Steuererhöhungen, der Schutz von Nichtkonsumenten sowie ein umfassendes Werbeverbot – diese Maßnahmen sollten in Deutschland zum präventiven Gesundheitsschutz der Bevölkerung dringend eingeführt werden.

Literatur

- 1 Agochukwu N & Liau JY (2018) Debunking the myth of e-cigarettes: A case of free flap compromise due to e-cigarette use within the first 24 hours. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 71: 451-453
- 2 Aherrera A, Olmedo P, Grau-Perez M, Tanda S, Gossler W, Jarmul S, Chen R, Cohen JE, Rule AM & Navas-Acien A (2017) The association of e-cigarette use with exposure to nickel and chromium: A preliminary study of non-invasive biomarkers. *Environ Res* 159: 313-320
- 3 Alanazi H, Semlali A, Chmielewski W & Rouabhia M (2019) E-cigarettes increase candida albicans growth and modulate its interaction with gingival epithelial cells. *Int J Environ Res Public Health* 16: pii: E294. doi: 210.3390/ijerph16020294
- 4 Aleyan S, Cole A, Qian W & Leatherdale ST (2018) Risky business: a longitudinal study examining cigarette smoking initiation among susceptible and non-susceptible e-cigarette users in Canada. *BMJ Open* 8: e021080
- 5 Allem JP, Cruz TB, Unger JB, Toruno R, Herrera J & Kirkpatrick MG (2018) Return of cartoon to market e-cigarette-related products. *Tob Control* pii: tobaccocontrol-2018-054437
- 6 AlQahtani MA, Alayad AS, Alshihri A, Correa FOB & Akram Z (2018) Clinical peri-implant parameters and inflammatory cytokine profile among smokers of cigarette, e-cigarette, and waterpipe. *Clin Implant Dent Relat Res* 20: 1016-1021
- 7 American Cancer Society (2018) American Cancer Society position statement on electronic cigarettes. American Cancer Society, <https://www.cancer.org/healthy/stay-away-from-tobacco/e-cigarette-position-statement.html> (abgerufen am 12.3.2019)
- 8 Andreas S, Batra A, Behr J, Chenot J-F, Gillissen A, Hering T, Herth FJF, Kreuter M, Meierjürgen M, Mühlig S, Nowak D, Pfeifer M, Raupach T, Schultz K, Sitter H, Walther JW & Worth H (2013) Leitlinie 020/005, Tabakentwöhnung bei COPD. S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.
- 9 Antoniewicz L, Brynedal A, Hedman L, Lundback M & Bosson JA (2019) Acute effects of electronic cigarette inhalation on the vasculature and the conducting airways. *Cardiovasc Toxicol* 10.1007/s12012-12019-09516-x
- 10 Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) (2015) S3-Leitlinie „Screening, Diagnostik und Behandlung des schädlichen und abhängigen Tabakkonsums“, AWMF-Register Nr. 076-006 (Stand: 09.02.2015).
- 11 ArRejaie AS, Al-Aali KA, Alrabiah M, Vohra F, Mokeem SA, Basunbul G, Alrahlah A & Abduljabbar T (2018) Proinflammatory cytokine levels and peri-implant parameters among cigarette smokers, individuals vaping electronic cigarettes, and non-smokers. *J Periodontol* 90: 367-374
- 12 Arter ZL, Wiggins A, Hudspath C, Kisling A, Hostler DC & Hostler JM (2019) Acute eosinophilic pneumonia following electronic cigarette use. *Respir Med Case Rep* 27: 100825
- 13 Ärztlicher Arbeitskreis Rauchen und Gesundheit e.V. (2018) Mitteilungen des ÄARG, Nr. 56-2018.
- 14 Astor RL, Urman R, Barrington-Trimis JL, Berhane K, Steinberg J, Cousineau M, Leventhal AM, Unger JB, Cruz T, Pentz MA, Samet JM & McConnell R (2019) Tobacco retail licensing and youth product use. *Pediatrics* 143: pii: e20173536
- 15 Auer R, Concha-Lozano N, Jacot-Sadowski I, Cornuz J & Berthet A (2017) Heat-not-burn tobacco cigarettes: smoke by any other name. *JAMA Intern Med* 177: 1050-1052

- 16 Bakir D (2019) „Rauchen ist keine gute Wahl“: Wie der Marlboro-Konzern die deutschen Raucher umziehen will. Interview. <https://www.stern.de/wirtschaft/news/philip-morris-manager-im-interview---rauchen-ist-keine-gute-wahl--8581656.html> (abgerufen am 8.4.2019). Stern 15. Februar 2019
- 17 Ballbè M, Martínez-Sánchez JM, Sureda X, Fu M, Pérez-Ortuno R, Pascual JA, Saltó E & Fernández E (2014) Cigarettes vs. e-cigarettes: passive exposure at home measured by means of airborne marker and biomarkers. *Environ Res* 135: 76-80
- 18 Bardellini E, Amadori F, Conti G & Majorana A (2018) Oral mucosal lesions in electronic cigarettes consumers versus former smokers. *Acta Odontol Scand* 76: 226-228
- 19 Barrington-Trimis JL, Kong G, Leventhal AM, Liu F, Mayer M, Cruz TB, Krishnan-Sarin S & McConnell R (2018) E-cigarette use and subsequent smoking frequency among adolescents. *Pediatrics* 142: pii: e20180486
- 20 Batra A (2011) Pharmakokinetik des Nikotins. In: M. V. Singer, A. Batra and K. H. Mann, *Alkohol und Tabak: Grundlagen und Folgeerkrankungen*. Thieme Verlag, Stuttgart, Kapitel 2.5, Seite 101–110
- 21 Bayly JE, Bernat D, Porter L & Choi K (2019) Second-hand exposure to aerosols from electronic nicotine delivery systems and asthma exacerbations among youth with asthma. *Chest* 155: 88-93
- 22 Beauval N, Verrielle M, Garat A, Fronval I, Dusautoir R, Antherieu S, Garcon G, Lo-Guidice JM, Allorge D & Locoge N (2019) Influence of puffing conditions on the carbonyl composition of e-cigarette aerosols. *Int J Hyg Environ Health* 222: 136-146
- 23 Bekki K, Inaba Y, Uchiyama S & Kunugita N (2017) Comparison of chemicals in mainstream smoke in heat-not-burn tobacco and combustion cigarettes. *J UOEH* 39: 201-207
- 24 Benmarhnia T, Pierce JP, Leas E, White MM, Strong DR, Noble ML & Trinidad DR (2018) Can e-cigarettes and pharmaceutical aids increase smoking cessation and reduce cigarette consumption? Findings from a nationally representative cohort of American smokers. *Am J Epidemiol* 187: 2397-2404
- 25 Benowitz NL (2009) Pharmacology of nicotine: addiction, smoking-induced disease, and therapeutics. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 49: 57-71
- 26 Benowitz NL (2010) Nicotine addiction. *N Engl J Med* 362: 2295-2303
- 27 Benowitz NL & Fraiman JB (2017) Cardiovascular effects of electronic cigarettes. *Nat Rev Cardiol* 14: 447-456
- 28 Berry KM, Fetterman JL, Benjamin EJ, Bhatnagar A, Barrington-Trimis JL, Leventhal AM & Stokes A (2019) Association of electronic cigarette use with subsequent initiation of tobacco cigarettes in US youths. *JAMA Netw Open* 2: e187794
- 29 Berry KM, Reynolds LM, Collins JM, Siegel MB, Fetterman JL, Hamburg NM, Bhatnagar A, Benjamin EJ & Stokes A (2019) E-cigarette initiation and associated changes in smoking cessation and reduction: the Population Assessment of Tobacco and Health Study, 2013-2015. *Tob Control* 28: 42-49
- 30 bigvape (2019) Elfentrunk Aroma - Sasami (DE). <https://www.bigvape.de/elfentrunk-aroma-sasami-de> (abgerufen am 25.6.2019).
- 31 Birge M, Duffy S, Miler JA & Hajek P (2018) What proportion of people who try one cigarette become daily smokers? A meta-analysis of representative surveys. *Nicotine Tob Res* 20: 1427-1433
- 32 Bitzer ZT, Goel R, Reilly SM, Bhangu G, Trushin N, Foulds J, Muscat J & Richie JP (2018) Emissions of free radicals, carbonyls, and nicotine from the NIDA standardized research electronic cigarette and comparison to similar commercial devices. *Chem Res Toxicol* 32: 130-138
- 33 Bitzer ZT, Goel R, Reilly SM, Elias RJ, Silakov A, Foulds J, Muscat J & Richie JP, Jr. (2018) Effect of flavoring chemicals on free radical formation in electronic cigarette aerosols. *Free Radic Biol Med* 120: 72-79
- 34 Bitzer ZT, Goel R, Reilly SM, Foulds J, Muscat J, Elias RJ & Richie JP, Jr. (2018) Effects of solvent and temperature on free radical formation in electronic cigarette aerosols. *Chem Res Toxicol* 31: 4-12
- 35 Borrelli B & O'Connor GT (2019) E-cigarettes to assist with smoking cessation. *N Engl J Med* 380: 678-679
- 36 Browne M & Todd DG (2018) Then and now: Consumption and dependence in e-cigarette users who formerly smoked cigarettes. *Addict Behav* 76: 113-121
- 37 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2017) Zweite Verordnung zur Änderung der Tabakerzeugnisverordnung. *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017: 1201-1204*

- 38 Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung & Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016) Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie über Tabakerzeugnisse und verwandte Erzeugnisse. Bundesgesetzblatt Teil I: 980-993
- 39 Bundestag (2015) Elektro- und Elektronikgerätegesetz vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1739), das zuletzt durch Artikel 16 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist.
- 40 Bundestag & Bundesrat (2009) Batteriegesetz vom 25. Juni 2009 (BGBl. I S. 1582), das zuletzt durch Artikel 6 Absatz 10 des Gesetzes vom 13. April 2017 (BGBl. I S. 872) geändert worden ist.
- 41 Bundestag & Bundesrat (2016) Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie über Tabakerzeugnisse und verwandte Erzeugnisse Bundesgesetzblatt Teil I: 569-584
- 42 Bundestag & Bundesrat (2016) Jugendschutzgesetz (JuSchG), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 03. März 2016 (BGBl. I S. 369).
- 43 Bustamante G, Ma B, Yakovlev G, Yershova K, Le C, Jensen J, Hatsukami DK & Stepanov I (2018) Presence of the carcinogen N'-Nitrosornicotine in saliva of e-cigarette users. *Chem Res Toxicol* 31: 731-738
- 44 Cahn Z & Berg CJ (2018) Commentary on Seyla et al. (2018): Advantages in the consideration of causal mechanisms for studies of gateway e-cigarette use. *Addiction* 113: 334-335
- 45 Calantzopoulos A, Olczak J & King M (2018) Consumer Analyst Group of New York (CAGNY) Conference. February 21, 2018. 8.4.2019
- 46 Chang H (2014) Research gaps related to the environmental impacts of electronic cigarettes. *Tob Control* 23 Suppl 2: ii54-58
- 47 Chen BC, Bright SB, Trivedi AR & Valento M (2015) Death following intentional ingestion of e-liquid. *Clin Toxicol (Phila)* 53: 914-916
- 48 Cheng KW, Chaloupka FJ, Shang C, Ngo A, Fong GT, Borland R, Heckman BW, Levy DT & Cummings KM (2019) Prices, use restrictions, and electronic cigarette use - evidence from ITC US of the 4CV1 (2016) Survey. *Addiction* doi: 10.1111/add.14562
- 49 Chivers E, Janka M, Franklin P, Mullins B & Larcombe A (2019) Nicotine and other potentially harmful compounds in „nicotine-free“ e-cigarette liquids in Australia. *Med J Aust* 210: 127-128
- 50 Chun L, Moazed F, Matthay M, Calfee C & Gotts J (2018) Possible hepatotoxicity of IQOS. *Tob Control* Nov;27: s39-s40
- 51 Chung S-S, Zheng J-S, Kwong ACS & Lai VWY (2018) Harmful flame retardant found in electronic cigarette aerosol. *J Cleaner Prod* 171: 10-16
- 52 Coleman B, Rostron B, Johnson SE, Persoskie A, Pearson J, Stanton C, Choi K, Anic G, Goniewicz ML, Cummings KM, Kasza KA, Silveira ML, Delnevo C, Niaura R, Abrams DB, Kimmel HL, Borek N, Compton WM & Hyland A (2019) Transitions in electronic cigarette use among adults in the Population Assessment of Tobacco and Health (PATH) Study, Waves 1 and 2 (2013-2015). *Tob Control* 28: 50-59
- 53 Corey CG, Chang JT & Rostron BL (2018) Electronic nicotine delivery system (ENDS) battery-related burns presenting to US emergency departments, 2016. *Inj Epidemiol* 5: doi: 10.1186/s40621-40018-40135-40621
- 54 Crotty Alexander LE, Drummond CA, Hepokoski M, Mathew D, Moshensky A, Willeford A, Das S, Singh P, Yong Z, Lee JH, Vega K, Du A, Shin J, Javier C, Tian J, Brown JH & Breen EC (2018) Chronic inhalation of e-cigarette vapor containing nicotine disrupts airway barrier function and induces systemic inflammation and multiorgan fibrosis in mice. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 314: R834-R847
- 55 Czogala J, Goniewicz ML, Fidelus B, Zielinska-Danch W, Travers MJ & Sobczak A (2014) Secondhand exposure to vapors from electronic cigarettes. *Nicotine Tob Res* 16: 655-662
- 56 Czoli CD, Fong GT, Goniewicz ML & Hammond D (2018) Biomarkers of exposure among „dual users“ of tobacco cigarettes and electronic cigarettes in Canada. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1174
- 57 Czoli CD, Goniewicz ML, Palumbo M, Leigh N, White CM & Hammond D (2019) Identification of flavouring chemicals and potential toxicants in e-cigarette products in Ontario, Canada. *Can J Public Health* doi: 10.17269/s41997-17019-00208-17261
- 58 Czoli CD, White CM, Reid JL, RJ OC & Hammond D (2019) Awareness and interest in IQOS heated tobacco products among youth in Canada, England and the USA. *Tob Control* pii: tobaccocontrol-2018-054654
- 59 Daily News Hungary (2017) Watch out for these rules for smokers in Hungary. Posted by Gergely Lajtai-Szabó. Aug 11, 2017. <https://dailynewshungary.com/watch-rules-smokers-hungary/> (abgerufen am 3.4.2019).

- 60 DampfAlarm (2019) Zombie Juice Aroma Bombomms 20 ml. <https://www.dampfalarm.de/Aromen/Zombie-Juice/11458/Zombie-Juice-Aroma-Bombomms-20-ml?number=SW18669> (abgerufen am 25.6.2019).
- 61 Dampfdorado (2019) Aroma Bubblegum Grenade. <https://dampfdorado.de/aromen/aroma-bubblegum-grenade> (abgerufen am 25.6.2019).
- 62 Dampfdorado (2019) Chill Liquid. Liquid Pink Soda - Chill 50ml/60ml. <https://dampfdorado.de/liquids-fuer-e-zigaretten/chill/> (abgerufen am 25.6.2019).
- 63 Dampfdorado (2019) Häufig gestellte Fragen. Geräte/Hardware. <https://dampfdorado.de/haeufig-gestellte-fragen> (abgerufen am 3.4.2019).
- 64 Dampfdorado (2019) Liquid Psycho Unicorn - Puff Labs 80ml/100ml. <https://dampfdorado.de/liquid-psycho-unicorn-puff-labs-80ml/100ml> (abgerufen am 25.6.2019).
- 65 Dampfdorado (2019) Nikotinsalz Liquids. <https://dampfdorado.de/nikotinsalz/> (abgerufen am 25.6.2019).
- 66 Dautzenberg B & Dautzenberg MD (2019) Le tabac chauffé: revue systématique de la littérature. *Rev Mal Respir* 36: 82-103
- 67 Dave D, Feng B & Pesko MF (2019) The effects of e-cigarette minimum legal sale age laws on youth substance use. *Health Econ* 28: 419-436
- 68 Davis B, Williams M & Talbot P (2018) iQOS: evidence of pyrolysis and release of a toxicant from plastic. *Tob Control* 28: 34-41
- 69 Department of Health and Social Care & Public Health England (2015) Smoking in cars with children banned from today. Published 1 October 2015. <https://www.gov.uk/government/news/smoking-in-cars-with-children-banned-from-today> (abgerufen am 3.4.2019).
- 70 Deutsche Forschungsgemeinschaft & Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (2018) MAK- und BAT-Werte-Liste 2018. Mitteilung 54.
- 71 Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen e.V. (DHS) (2016) „Harm Reduction“: Verringerung von tabakrauchbedingten Gesundheitsschäden durch E-Zigaretten? Stellungnahme der Deutschen Hauptstelle für Suchtfragen e.V. https://www.dhs.de/fileadmin/user_upload/pdf/dhs_stellungnahmen/DHS_Positionspapier_Harm_Reduction.pdf (abgerufen am 1.7.2018).
- 72 Deutscher Bundestag (2012) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Martina Bunge, Diana Golze, Karin Binder, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. – Drucksache 17/8652 – Gesundheitliche und rechtliche Bewertung von E-Zigaretten.
- 73 Deutscher Bundestag (2018) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Stefan Schmidt, Dr. Kirsten Kappert-Gonther, Dr. Danyal Bayaz, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/4452 – Steuerrechtliche Behandlung von „Heat-not-Burn“-Produkten. Drucksache 19/4895.
- 74 Deutsches Krebsforschungszentrum (2018) E-Zigaretten: Konsumverhalten in Deutschland 2014–2018. Aus der Wissenschaft – für die Politik, Heidelberg
- 75 Deutsches Krebsforschungszentrum & Hrsg. (2015) Gesundheitsrisiko Nikotin. Fakten zum Rauchen. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg.
- 76 DeVito EE & Krishnan-Sarin S (2018) E-cigarettes: impact of e-liquid components and device characteristics on nicotine exposure. *Curr Neuropharmacol* 16: 438-459
- 77 Dibaji SAR, Guha S, Arab A, Murray BT & Myers MR (2018) Accuracy of commercial electronic nicotine delivery systems (ENDS) temperature control technology. *PLoS One* 13: e0206937
- 78 Die Tabak Zeitung (2018) Juul startet in Deutschland. *Die Tabak Zeitung* 50: 1-2
- 79 Die Tabak Zeitung (2018) Neue Iqos startet durch. Tabakerhitzer in Version 3 / Marktanteil in Fokusstädten bei 2,1 Prozent. *Die Tabak Zeitung* 47: 1
- 80 Dutra LM & Glantz SA (2017) E-cigarettes and national adolescent cigarette use: 2004-2014. *Pediatrics* 139: pii: e20162450
- 81 Dutra LM, Grana R & Glantz SA (2017) Philip Morris research on precursors to the modern e-cigarette since 1990. *Tob Control* 26: e97-e105
- 82 East K, Hitchman SC, Bakolis I, Williams S, Cheeseman H, Arnott D & McNeill A (2018) The association between smoking and electronic cigarette use in a cohort of young people. *J Adolesc Health* 62: 539-547
- 83 Eichler M, Blettner M & Singer S (2016) Nutzung elektronischer Zigaretten. *Dtsch Arztebl Int* 113: 847-854

- 84 El-Hellani A, Al-Moussawi S, El-Hage R, Talih S, Salman R, Shihadeh A & Saliba NA (2019) Carbon monoxide and small hydrocarbon emissions from sub-ohm electronic cigarettes. *Chem Res Toxicol* 32: 312-317
- 85 El-Shahawy O, Park SH, Duncan DT, Lee L, Tamura K, Shearston JA, Weitzman M & Sherman SE (2019) Evaluating state-level differences in e-cigarette and cigarette use among adults in the United States between 2012 and 2014: findings from the National Adult Tobacco Survey. *Nicotine Tob Res* 21: 71-80
- 86 El Dib R, Suzumura EA, Akl EA, Goma H, Agarwal A, Chang Y, Prasad M, Ashoorion V, Heels-Ansdell D, Maziak W & Guyatt G (2017) Electronic nicotine delivery systems and/or electronic non-nicotine delivery systems for tobacco smoking cessation or reduction: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 7: e012680
- 87 Eltorai AE, Choi AR & Eltorai AS (2018) Impact of electronic cigarettes on various organ systems. *Respir Care* 64: 328-336
- 88 England LJ, Aagaard K, Bloch M, Conway K, Cosgrove K, Grana R, Gould TJ, Hatsukami D, Jensen F, Kandel D, Lanphear B, Leslie F, Pauly JR, Neiderhiser J, Rubinstein M, Slotkin TA, Spindel E, Stroud L & Wakschlag L (2017) Developmental toxicity of nicotine: A transdisciplinary synthesis and implications for emerging tobacco products. *Neurosci Biobehav Rev* 72: 176-189
- 89 Erythropel HC, Jabba SV, DeWinter TM, Mendizabal M, Anastas PT, Jordt SE & Zimmerman JB (2018) Formation of flavorant-propylene glycol adducts with novel toxicological properties in chemically unstable e-cigarette liquids. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1192
- 90 Euractiv (Hrsg.) (2018) Greek court says e-cigarettes do not differ from traditional smoking. By Sarantis Michalopoulos. 30. März 2018 <https://www.euractiv.com/section/health-consumers/news/greek-court-says-e-cigarettes-do-not-differ-from-traditional-smoking> (abgerufen am 3.4.2019).
- 91 Europäische Kommission (2012) Durchführungsverordnung (EU) Nr. 872/2012 der Kommission vom 1. Oktober 2012 zur Festlegung der Liste der Aromastoffe gemäß der Verordnung (EG) Nr. 2232/96 des Europäischen Parlaments und des Rates, zur Aufnahme dieser Liste in Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1565/2000 der Kommission und der Entscheidung 1999/217/EG der Kommission Amtsblatt der Europäischen Union L 267: 1-161
- 92 Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union (2014) Richtlinie 2014/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. April 2014 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Herstellung, die Aufmachung und den Verkauf von Tabakerzeugnissen und verwandten Erzeugnissen und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/37/EG. *Amtsblatt der Europäischen Union* L 127: 1-38
- 93 European Chemicals Agency (ECHA) (2019) Stoffinformationen. 2-chlorophenol. Last updated: 06/02/2019. <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.002.213> (abgerufen am 3.4.2019).
- 94 Farsalinos KE, Yannovits N, Sarri T, Voudris V & Poulas K (2018) Nicotine delivery to the aerosol of a heat-not-burn tobacco product: comparison with a tobacco cigarette and e-cigarettes. *Nicotine Tob Res* 20: 1004-1009
- 95 Farsalinos KE, Yannovits N, Sarri T, Voudris V, Poulas K & Leischow SJ (2018) Carbonyl emissions from a novel heated tobacco product (IQOS): comparison with an e-cigarette and a tobacco cigarette. *Addiction* 113: 2099-2106
- 96 Filippidis FT, Lavery AA, Mons U, Jimenez-Ruiz C & Vardavas CI (2019) Changes in smoking cessation assistance in the European Union between 2012 and 2017: pharmacotherapy versus counselling versus e-cigarettes. *Tob Control* 28: 95-100
- 97 Flacco ME, Ferrante M, Fiore M, Marzuillo C, La Vecchia C, Gualano MR, Liguori G, Fragassi G, Carradori T, Bravi F, Siliquini R, Ricciardi W, Villari P & Manzoli L (2019) Cohort study of electronic cigarette use: safety and effectiveness after 4 years of follow-up. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 23: 402-412
- 98 Flower M, Nandakumar L, Singh M, Wyld D, Windsor M & Fielding D (2017) Respiratory bronchiolitis-associated interstitial lung disease secondary to electronic nicotine delivery system use confirmed with open lung biopsy. *Respirol Case Rep* 5: e00230
- 99 Floyd EL, Queimado L, Wang J, Regens JL & Johnson DL (2018) Electronic cigarette power affects count concentration and particle size distribution of vaping aerosol. *PLoS One* 13: e0210147
- 100 Fontem Ventures B.V. (2016) Die Geschichte der E-Zigarette. <https://www.blu.com/de/DE/die-geschichte-der-e-zigarette/history-of-vaping.html?countryselect=true> (abgerufen am 3.4.2019).

- 101 Food & Drug Administration (FDA) (2018) FDA Briefing Document. January 24-25, 2018. Meeting of the Tobacco Products Scientific Advisory Committee (TPSAC) Modified Risk Tobacco Product Applications (MRTPAs). MR0000059-MR0000061. Philip Morris Products S.A. Office of Science Center for Tobacco Products Food and Drug Administration.
- 102 Food & Drug Administration (FDA) & Tobacco Products Scientific Advisory Committee (TPSAC) (2018) Meeting of the Tobacco Products Scientific Advisory Committee. January 24-25, 2018. Food & Drug Administration (FDA), Silver Spring, MD
- 103 Fracol M, Dorfman R, Janes L, Kulkarni S, Bethke K, Hansen N & Kim J (2017) The surgical impact of e-cigarettes: a case report and review of the current literature. *Arch Plast Surg* 44: 477-481
- 104 Franzen KF, Willig J, Cayo Talavera S, Meusel M, Sayk F, Reppel M, Dalhoff K, Mortensen K & Droemann D (2018) E-cigarettes and cigarettes worsen peripheral and central hemodynamics as well as arterial stiffness: A randomized, double-blinded pilot study. *Vasc Med* 23: 419-425
- 105 Gentzke AS, Creamer M, Cullen KA, Ambrose BK, Willis G, Jamal A & King BA (2019) Vital signs: tobacco product use among middle and high school students - United States, 2011-2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 68: 157-164
- 106 Georg Thieme Verlag KG (2019) Römpf Online. <https://roempf.thieme.de/roempf4.0/do/Welcome.do> (abgerufen am 1.7.2019).
- 107 Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) (2014-2018) E-Zigaretten. Classic Bus 2014 - 2018. (Vom Deutschen Krebsforschungszentrum in Auftrag gegebene Umfragen).
- 108 Ghosh A, Coakley RC, Mascenik T, Rowell TR, Davis ES, Rogers K, Webster MJ, Dang H, Herring LE, Sassano MF, Livraghi-Butrico A, Van Buren SK, Graves LM, Herman MA, Randell SH, Alexis NE & Tarran R (2018) Chronic e-cigarette exposure alters the human bronchial epithelial proteome. *Am J Respir Crit Care Med* 198: 67-76
- 109 Girvalaki C, Tzatzarakis M, Kyriakos CN, Vardavas AI, Stivaktakis PD, Kavvalakis M, Tsatsakis A & Vardavas C (2018) Composition and chemical health hazards of the most common electronic cigarette liquids in nine European countries. *Inhal Toxicol* 30: 361-369
- 110 Goniewicz ML, Boykan R, Messina CR, Eliscu A & Tolentino J (2018) High exposure to nicotine among adolescents who use Juul and other vape pod systems ('pods'). *Tob Control* doi: 10.1136/tobaccocontrol-2018-054565
- 111 Goniewicz ML, Smith DM, Edwards KC, Blount BC, Caldwell KL, Feng J, Wang L, Christensen C, Ambrose B, Borek N, van Bommel D, Konkel K, Erives G, Stanton CA, Lambert E, Kimmel HL, Hatsukami D, Hecht SS, Niaura RS, Travers M, Lawrence C & Hyland AJ (2018) Comparison of nicotine and toxicant exposure in users of electronic cigarettes and combustible cigarettes. *JAMA Netw Open* 1: e185937
- 112 Government of Romania (2016) LAW No. 349 of June 6, 2002 on preventing the consumption of tobacco products and combating its effects. Text enters into force on March 17, 2016.
- 113 Government of Spain (2014) Modificación de la Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco. *Boletín Oficial del Estado* 76: 27002-27004
- 114 Govindarajan P, Spiller HA, Casavant MJ, Chounthirath T & Smith GA (2018) E-cigarette and liquid nicotine exposures among young children. *Pediatrics* 141: pii: e20173361
- 115 Grando SA (2014) Connections of nicotine to cancer. *Nat Rev Cancer* 14: 419-429
- 116 Guo S & Dipietro LA (2010) Factors affecting wound healing. *J Dent Res* 89: 219-229
- 117 Haddad C, Salman R, El-Hellani A, Talih S, Shihadeh A & Saliba NA (2019) Reactive oxygen species emissions from supra- and sub-Ohm electronic cigarettes. *J Anal Toxicol* 43: 45-50
- 118 Hajek P, Phillips-Waller A, Przulj D, Pesola F, Myers Smith K, Bisal N, Li J, Parrott S, Sasieni P, Dawkins L, Ross L, Goniewicz M, Wu Q & McRobbie HJ (2019) A randomized trial of e-cigarettes versus nicotine-replacement therapy. *N Engl J Med* 380: 629-637
- 119 Hallingberg B, Maynard OM, Bauld L, Brown R, Gray L, Lowthian E, MacKintosh AM, Moore L, Munafo MR & Moore G (2019) Have e-cigarettes renormalised or displaced youth smoking? Results of a segmented regression analysis of repeated cross sectional survey data in England, Scotland and Wales. *Tob Control* pii: tobaccocontrol-2018-054584
- 120 Halpern SD, Harhay MO, Saulsgiver K, Brophy C, Troxel AB & Volpp KG (2018) A pragmatic trial of e-cigarettes, incentives, and drugs for smoking cessation. *N Engl J Med* 378: 2302-2310
- 121 Hammond D, Wackowski OA, Reid JL, O'Connor RJ & International Tobacco Control Policy Evaluation Project team (2018) Use of Juul e-cigarettes among youth in the United States. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1237

- 122 Hansen J, Hanewinkel R & Morgenstern M (2018) Electronic cigarette marketing and smoking behaviour in adolescence: a cross-sectional study. *ERJ Open Res* 4:
- 123 Hartmann-Boyce J, McRobbie H, Bullen C, Begh R, Stead LF & Hajek P (2016) Electronic cigarettes for smoking cessation. *Cochrane Database Syst Rev* 9: CD010216
- 124 Hartung T (2016) E-cigarettes and the need and opportunities for alternatives to animal testing. *ALTEX* 33: 211-224
- 125 Haziza C, de La Bourdonnaye G, Donelli A, Poux V, Skiada D, Weitkunat R, Baker G, Picavet P & Ludicke F (2019) Reduction in exposure to selected harmful and potentially harmful constituents approaching those observed upon smoking abstinence in smokers switching to the menthol tobacco heating system 2.2 for three months (part 1). *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/ntz1013
- 126 Health Service Executive (2016) How to implement "HSE Tobacco Free Campus Policy". Tobacco free campus implementation guidance document.
- 127 Hickey S, Goverman J, Friedstat J, Sheridan R & Schulz J (2018) Thermal injuries from exploding electronic cigarettes. *Burns* 44: 1294-1301
- 128 Huang J, Duan Z, Kwok J, Binns S, Vera LE, Kim Y, Szczypka G & Emery SL (2018) Vaping versus JUULing: how the extraordinary growth and marketing of JUUL transformed the US retail e-cigarette market. *Tob Control* 28: 146-151
- 129 Hughes JR & Callas PW (2019) Prevalence of withdrawal symptoms from electronic cigarette cessation: A cross-sectional analysis of the US Population Assessment of Tobacco and Health. *Addict Behav* 91: 234-237
- 130 Huilgol P, Bhatt SP, Biligowda N, Wright NC & Wells JM (2018) Association of e-cigarette use with oral health: a population-based cross-sectional questionnaire study. *J Public Health (Oxf)* doi: 10.1093/pubmed/fdy1082
- 131 Institute for Global Tobacco Control (2018) Countries that regulate heated tobacco products. November, 2018. <https://globaltobaccocontrol.org/resources/countries-regulate-heated-tobacco> (abgerufen am 27.6.2019). John Hopkins Bloomberg School of Public Health and Institute for Global Tobacco Control,
- 132 Institute for Global Tobacco Control (2018) Country laws regulating e-cigarettes: a policy scan. Baltimore, MD: Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. https://www.globaltobaccocontrol.org/e-cigarette_policyscan [Last updated November 5, 2019] (abgerufen am 29.11.2019).
- 133 Interlabor Belp AG (2019) Prüfbericht.
- 134 ITC Project (2010) ITC Germany National Report. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada; DKFZ (German Cancer Research Center). <https://www.itcproject.org/resources/view/84>
- 135 Jackler RK & Ramamurthi D (2019) Nicotine arms race: JUUL and the high-nicotine product market. *Tob Control* pii: tobaccocontrol-2018-054796
- 136 Jankowski M, Krzystanek M, Zejda JE, Majek P, Lubanski J, Lawson JA & Brozek G (2019) E-cigarettes are more addictive than traditional cigarettes - a study in highly educated young people. *Int J Environ Res Public Health* 16:
- 137 Johnson JM, Naeher LP, Yu X, Rathbun SL, Muilenburg JL & Wang JS (2018) Air monitoring at large public electronic cigarette events. *Int J Hyg Environ Health* 221: 541-547
- 138 Juul (2019) Unsere Technologie. <https://www.juul-labs.de/our-technology> (abgerufen am 25.6.2019).
- 139 Juul Labs Inc. (2018) JUUL statement about Altria minority investment and service agreements. Company news. <https://newsroom.juul.com/2018/12/20/juul-statement-about-altria-minority-investment-and-service-agreements/> (abgerufen am 5.3.2019).
- 140 Kalkhoran S & Glantz SA (2015) Modeling the health effects of expanding e-cigarette sales in the United States and United Kingdom: a Monte Carlo analysis. *JAMA Intern Med* 175: 1671-1680
- 141 Kalkhoran S & Glantz SA (2016) E-cigarettes and smoking cessation in real-world and clinical settings: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Respir Med* 4: 116-128
- 142 Kaufman P, Dubray J, Soule EK, Cobb CO, Zarins S & Schwartz R (2018) Analysis of secondhand e-cigarette aerosol compounds in an indoor setting. *Tobacco Regulatory Science* 4: 29-37
- 143 Kaur G, Muthumalage T & Rahman I (2018) Mechanisms of toxicity and biomarkers of flavoring and flavor enhancing chemicals in emerging tobacco and non-tobacco products. *Toxicol Lett* 288: 143-155

- 144 Keith RJ, Fetterman JL, Orimoloye OA, Dardari Z, Lorkiewicz P, Hamburg NM, DeFilippis AP, Blaha MJ & Bhatnagar A (2019) Characterization of volatile organic compound (VOC) metabolites in cigarette smokers, electronic nicotine device users, dual users and non- users of tobacco. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/ntz1021
- 145 Kennedy RD, Awopegba A, De Leon E & Cohen JE (2017) Global approaches to regulating electronic cigarettes. *Tob Control* 26: 440-445
- 146 Khachatoorian C, Jacob III P, Benowitz NL & Talbot P (2018) Electronic cigarette chemicals transfer from a vape shop to a nearby business in a multiple-tenant retail building. *Tob Control pii: tobaccocontrol-2018-054316*
- 147 Khachatoorian C, Jacob P, 3rd, Sen A, Zhu Y, Benowitz NL & Talbot P (2019) Identification and quantification of electronic cigarette exhaled aerosol residue chemicals in field sites. *Environ Res* 170: 351-358
- 148 Khan MS, Khateeb F, Akhtar J, Khan Z, Lal A, Kholodovych V & Hammersley J (2018) Organizing pneumonia related to electronic cigarette use: A case report and review of literature. *Clin Respir J* 12: 1295-1299
- 149 Khoudigian S, Devji T, Lytvyn L, Campbell K, Hopkins R & O'Reilly D (2016) The efficacy and short-term effects of electronic cigarettes as a method for smoking cessation: a systematic review and a meta-analysis. *Int J Public Health* 61: 257-267
- 150 King BA, Gammon DG, Marynak KL & Rogers T (2018) Electronic cigarette sales in the United States, 2013-2017. *JAMA* 320: 1379-1380
- 151 Kirkham C (2019) Exclusive: Philip Morris suspends social media campaign after Reuters exposes young 'influencers'. Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-philipmorris-ecigs-instagram-exclusive/exclusive-philip-morris-suspends-social-media-campaign-after-reuters-exposes-young-influencers-idUSKCN1SH02K> (abgerufen am 1.7.2019). 13.5.2019
- 152 Kosmider L, Kimber CF, Kurek J, Corcoran O & Dawkins LE (2018) Compensatory puffing with lower nicotine concentration e-liquids increases carbonyl exposure in e-cigarette aerosols. *Nicotine Tob Res* 20: 998-1003
- 153 Kosmider L, Sobczak A, Fik M, Knysak J, Zaciera M, Kurek J & Goniewicz ML (2014) Carbonyl compounds in electronic cigarette vapors: effects of nicotine solvent and battery output voltage. *Nicotine Tob Res* 16: 1319-1326
- 154 Kosmider L, Spindle TR, Gawron M, Sobczak A & Goniewicz ML (2018) Nicotine emissions from electronic cigarettes: Individual and interactive effects of propylene glycol to vegetable glycerin composition and device power output. *Food Chem Toxicol* 115: 302-305
- 155 Kotz D, Bockmann M & Kastaun S (2018) The use of tobacco, e-cigarettes, and methods to quit smoking in Germany. *Dtsch Arztebl Int* 115: 235-242
- 156 Kotz D & Kastaun S (2018) E-Zigaretten und Tabakerhitzer: repräsentative Daten zu Konsumverhalten und assoziierten Faktoren in der deutschen Bevölkerung (die DEBRA-Studie). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 61: 1407-1414
- 157 Krause MJ & Townsend TG (2015) Hazardous waste status of discarded electronic cigarettes. *Waste Manag* 39: 57-62
- 158 Krishnan-Sarin S, Jackson A, Morean M, Kong G, Bold KW, Camenga DR, Cavallo DA, Simon P & Wu R (2019) E-cigarette devices used by high-school youth. *Drug Alcohol Depend* 194: 395-400
- 159 Krishnan NM, Han KD & Nahabedian MY (2016) Can e-cigarettes cause free flap failure? A case of arterial vasospasm induced by electronic cigarettes following microsurgical breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 4: e596
- 160 Kröger CB, Gomes de Matos E, Piontek D & Wenig JR (2016) Ausstiegsversuche und Hilfsmittelnutzung unter Rauchern in Deutschland: Ergebnisse aus dem Epidemiologischen Suchtsurvey 2012. *Gesundheitswesen* 78: 752-758
- 161 LawInSport (2019) Advertising standards in the UAE: a guide to the rules on e-cigarettes, tobacco and alcohol for sports clubs. <https://www.lawinsport.com/topics/item/advertising-standards-in-the-uae-a-guide-to-the-rules-on-e-cigarettes-tobacco-and-alcohol-for-sports-clubs#references> (abgerufen am 29.11.2019).
- 162 LeBouf RF, Burns DA, Ranpara A, Attfield K, Zwack L & Stefaniak AB (2018) Headspace analysis for screening of volatile organic compound profiles of electronic juice bulk material. *Anal Bioanal Chem* 410: 5951-5960
- 163 Lehmann K, Kuhn S & Reimer J (2017) Electronic cigarettes in Germany: patterns of use and perceived health improvement. *Eur Addict Res* 23: 136-147

- 164 Levy DT, Borland R, Lindblom EN, Goniewicz ML, Meza R, Holford TR, Yuan Z, Luo Y, O'Connor RJ, Nisura R & Abrams DB (2018) Potential deaths averted in USA by replacing cigarettes with e-cigarettes. *Tob Control* 27: 18-25
- 165 Levy DT, Warner KE, Cummings KM, Hammond D, Kuo C, Fong GT, Thrasher JF, Goniewicz ML & Borland R (2018) Examining the relationship of vaping to smoking initiation among US youth and young adults: a reality check. *Tob Control pii: tobaccocontrol-2018-054446*
- 166 Li G, Saad S, Oliver BG & Chen H (2018) Heat or burn? Impacts of intrauterine tobacco smoke and e-cigarette vapor exposure on the offspring's health outcome. *Toxics* 6: pii: E43. doi: 10.3390/toxics6030043.
- 167 Li X, Luo Y, Jiang X, Zhang H, Zhu F, Hu S, Hou H, Hu Q & Pang Y (2018) Chemical analysis and simulated pyrolysis of tobacco heating system 2.2 compared to conventional cigarettes. *Nicotine Tob Res* 21: 111-118
- 168 Library of the Congress (2018) Global Legal Monitor. Sweden: New tax on electronic cigarettes and other non-tobacco nicotine products takes effect. <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/sweden-new-tax-on-electronic-cigarettes-and-other-non-tobacco-nicotine-products-takes-effect/> (abgerufen am 3.4.2019).
- 169 Lisko JG, Tran H, Stanfill SB, Blount BC & Watson CH (2015) Chemical composition and evaluation of nicotine, tobacco alkaloids, pH, and selected flavors in e-cigarette cartridges and refill solutions. *Nicotine Tob Res* 17: 1270-1278
- 170 Liu X, Lugo A, Spizzichino L, Tabuchi T, Pacifici R & Gallus S (2019) Heat-not-burn tobacco products: concerns from the Italian experience. *Tob Control* 28: 113-114
- 171 Lorkiewicz P, Riggs DW, Keith RJ, Conklin DJ, Xie Z, Sutaria S, Lynch B, Srivastava S & Bhatnagar A (2018) Comparison of urinary biomarkers of exposure in humans using electronic cigarettes, combustible cigarettes, and smokeless tobacco. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1089
- 172 LYNDEN / PowerCigs Ltd (2017) LYNDEN E-Zigaretten führt Nikotinsalze für die LYNDEN VOD in Kooperation mit Beard Vape (USA) ein. Pressemitteilung 06.11.2017
- 173 Mallock N, Boss L, Burk R, Danziger M, Welsch T, Hahn H, Trieu HL, Hahn J, Pieper E, Henkler-Stephani F, Hutzler C & Luch A (2018) Levels of selected analytes in the emissions of „heat not burn“ tobacco products that are relevant to assess human health risks. *Arch Toxicol* 92: 2145-2149
- 174 Martinez-Sánchez JM, Ballbè M, Pérez-Ortuno R, Fu M, Sureda X, Pascual JA, Peruga A & Fernández E (2018) Secondhand exposure to aerosol from electronic cigarettes: pilot study of assessment of tobacco-specific nitrosamine (NNAL) in urine. *Gac Sanit pii: S0213-9111(0218)30218-30218*
- 175 McNeill A, Brose LS, Calder R, Hitchman SC, Hajek P & McRobbie H (2015) E-cigarettes: an evidence update. A report commissioned by Public Health England. Public Health England, London
- 176 Meisutovic-Akhtarjeva M, Prasauskas T, Ciuzas D, Krugly E, Keraityte K, Martuzevicius D & Kaunelienė V (2019) Impacts of exhaled aerosol from the usage of the tobacco heating system to indoor air quality: A chamber study. *Chemosphere* 223: 474-482
- 177 Melstrom P, Sosnoff C, Koszowski B, King BA, Bunnell R, Le G, Wang L, Thanner MH, Kenemer B, Cox S, DeCastro BR & McAfee T (2018) Systemic absorption of nicotine following acute secondhand exposure to electronic cigarette aerosol in a realistic social setting. *Int J Hyg Environ Health* 221: 816-822
- 178 Ministère des Affaires Sociales et de la Santé (2016) Arrêté du 19 mai 2016 relatif aux produits du vapotage contenant de la nicotine. NOR: AFSP1613086A. *Journal Officiel de la République Française Texte* 33
- 179 Ministry of Law and Justice (2019) The prohibition of electronic cigarettes (production, manufacture, import, export, transport, sale, distribution, storage and advertisement) ordinance, 2019. No 14 of 2019. *The Gazette of India Part II - Section I*:
- 180 Miyashita L, Suri R, Dearing E, Mudway I, Dove RE, Neill DR, Van Zyl-Smit R, Kadioglu A & Grigg J (2018) E-cigarette vapour enhances pneumococcal adherence to airway epithelial cells. *Eur Respir J* 51: pii: 1701592
- 181 Moazed F, Chun L, Matthay MA, Calfee CS & Gotts J (2018) Assessment of industry data on pulmonary and immunosuppressive effects of IQOS. *Tob Control* Nov;27: s20-s25
- 182 Morgenstern M, Nies A, Goecke M & Hanewinkel R (2018) E-cigarettes and the use of conventional cigarettes. *Dtsch Arztebl Int* 115: 243-248

- 183 Murphy J, Liu C, McAdam K, Gaa M, Prasad K, Camacho O, McAughey J & Proctor C (2018) Assessment of tobacco heating product THP1.0. Part 9: The placement of a range of next-generation products on an emissions continuum relative to cigarettes via pre-clinical assessment studies. *Regul Toxicol Pharmacol* 93: 92-104
- 184 Nabavizadeh P, Liu J, Havel CM, Ibrahim S, Derakhs-handeh R, Jacob III P & Springer ML (2018) Vascular endothelial function is impaired by aerosol from a single IQOS heat stick to the same extent as by cigarette smoke. *Tob Control* 27: s13-s19
- 185 National Academies of Sciences, Engineering & Medicine (2018) Public health consequences of e-cigarettes. The National Academics Press, Washington, D.C.
- 186 National Center for Biotechnology Information (2019) PubMed, search results „electronic cigarette“ AND „health“, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=electronic+cigarette+AND+health> (abgerufen am 1.7.2019).
- 187 National Council of the Slovak Republic (2004) 377/2004 Coll. Act of 26 May 2004 on protection of non-smokers and on amending and supplementing certain other laws. Amendment: 87/2009 Coll., effective as of 1 September 2009.
- 188 Nguyen T, Li GE, Chen H, Cranfield CG, McGrath KC & Gorrie CA (2018) Maternal e-cigarette exposure results in cognitive and epigenetic alterations in offspring in a mouse model. *Chem Res Toxicol* 31: 601-611
- 189 Nocella C, Biondi-Zoccai G, Sciarretta S, Peruzzi M, Pagano F, Loffredo L, Pignatelli P, Bullen C, Frati G & Carnevale R (2018) Impact of tobacco versus electronic cigarette smoking on platelet function. *Am J Cardiol* 122: 1477-1481
- 190 Norii T & Plate A (2017) Electronic cigarette explosion resulting in a C1 and C2 fracture: a case report. *J Emerg Med* 52: 86-88
- 191 Novotny TE, Bialous SA, Burt L, Curtis C, da Costa VL, Iqtidar SU, Liu Y, Pujari S & Tursan d'Espaignet E (2015) The environmental and health impacts of tobacco agriculture, cigarette manufacture and consumption. *Bull World Health Organ* 93: 877-880
- 192 Nowak D, Gohlke H, Hering T, Herth FJF, Jany B, Raupach T, Welte T & Loddenkemper R (2015) Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin. *Pneumologie* 69: 131-134
- 193 Ogunwale MA, Chen Y, Theis WS, Nantz MH, Conklin DJ & Fu XA (2017) A novel method of nicotine quantification in electronic cigarette liquids and aerosols. *Anal Methods* 9: 4261-4266
- 194 Orth B & Merkel C (2019) Rauchen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse des Alkoholsurveys 2018 und Trends. BZgA-Forschungsbericht. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Köln
- 195 Pacitto A, Stabile L, Scungio M, Rizza V & Buonanno G (2018) Characterization of airborne particles emitted by an electrically heated tobacco smoking system. *Environ Pollut* 240: 248-254
- 196 Palpant NJ, Hofsteen P, Pabon L, Reinecke H & Murry CE (2015) Cardiac development in zebrafish and human embryonic stem cells is inhibited by exposure to tobacco cigarettes and e-cigarettes. *PLoS One* 10: e0126259
- 197 Pankow JF, Kim K, McWhirter KJ, Luo W, Escobedo JO, Strongin RM, Duell AK & Peyton DH (2017) Benzene formation in electronic cigarettes. *PLoS One* 12: e0173055
- 198 Park EJ & Min YG (2018) The emerging method of suicide by electronic cigarette liquid: a case report. *J Korean Med Sci* 33: e52
- 199 Parker TT & Rayburn J (2017) A comparison of electronic and traditional cigarette butt leachate on the development of *Xenopus laevis* embryos. *Toxicol Rep* 4: 77-82
- 200 Parlament České republiky (2016) Act No. 40/1995 on the regulation of advertising and on amendments to Act No. 468/1991, on radio and television broadcasting, as amended <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-40>.
- 201 Parlament České republiky (2017) Zákon ze dne 19. ledna 2017 o ochraně zdraví před škodlivými účinky návykových látek. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-65> (abgerufen am 3.4.2019).
- 202 Peace MR, Mulder HA, Baird TR, Butler KE, Friedrich AK, Stone JW, Turner JBM, Poklis A & Poklis JL (2018) Evaluation of nicotine and the components of e-liquids generated from e-cigarette aerosols. *J Anal Toxicol* 42: 537-543
- 203 Philip Morris GmbH (2018) Erste Bilanz eineinhalb Jahre nach Markteinführung: IQOS ist eine Erfolgsgeschichte. Pressemitteilung vom 14.11.2018.
- 204 Philip Morris GmbH (2019) Eine rauchfreie Zukunft gestalten. <https://www.pmi.com/markets/germany/de/about-us/our-vision> (abgerufen am 8.4.2019).

- 205 Philip Morris International (2019) Investor Information. April 2019. philipmorrisinternational.gcs-web.com/static-files/ba1378af-5aa6-4fc0-9373-b093e84446da (abgerufen am 1.7.2019)
- 206 Philip Morris International (2019) Marketing standards. It's our responsibility to market our products responsibly. <https://www.pmi.com/our-business/about-us/standards/marketing-standards> (abgerufen am 1.7.2019).
- 207 Piper ME, Baker TB, Benowitz NL & Jorenby DE (2019) Changes in use patterns over one year among smokers and dual users of combustible and electronic cigarettes. *Nicotine Tob Res* pii: ntz065
- 208 Piper ME, Baker TB, Benowitz NL, Kobinsky K & Jorenby DE (2018) Dual users compared to smokers: demographics, dependence, and biomarkers. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1231
- 209 Pisinger C & Dossing M (2014) A systematic review of health effects of electronic cigarettes. *Prev Med* 69: 248-260
- 210 Polosa R, Cibella F, Caponnetto P, Maglia M, Prosperini U, Russo C & Tashkin D (2017) Health impact of e-cigarettes: a prospective 3.5-year study of regular daily users who have never smoked. *Sci Rep* 7: 13825
- 211 Polosa R, Morjaria JB, Prosperini U, Russo C, Pennisi A, Puleo R, Caruso M & Caponnetto P (2018) Health effects in COPD smokers who switch to electronic cigarettes: a retrospective-prospective 3-year follow-up. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 13: 2533-2542
- 212 PowerCigs (2019) Wie oft muss ich die Verdampfer-einheit meiner E-Zigarette austauschen? <https://www.powercigs.net/ratgeber/wie-oft-muss-ich-die-verdampfer-einheit-austauschen> (abgerufen am 3.4.2019).
- 213 Poynton S, Sutton J, Goodall S, Margham J, Forster M, Scott K, Liu C, McAdam K, Murphy J & Proctor C (2017) A novel hybrid tobacco product that delivers a tobacco flavour note with vapour aerosol (Part 1): Product operation and preliminary aerosol chemistry assessment. *Food Chem Toxicol* 106: 522-532
- 214 Prokopowicz A, Sobczak A, Szula-Chraplewska M, Ochota P & Kosmider L (2018) Exposure to cadmium and lead in cigarette smokers who switched to electronic cigarettes. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1161
- 215 Protano C, Avino P, Manigrasso M, Vivaldi V, Perna F, Valeriani F & Vitali M (2018) Environmental electronic vape exposure from four different generations of electronic cigarettes: airborne particulate matter levels. *Int J Environ Res Public Health* 15: pii: E2172
- 216 Protano C, Manigrasso M, Avino P, Sernia S & Vitali M (2016) Second-hand smoke exposure generated by new electronic devices (IQOS® and e-cigs) and traditional cigarettes: submicron particle behaviour in human respiratory system. *Ann Ig* 28: 109-112
- 217 Pulvers K, Emami AS, Nollen NL, Romero DR, Strong DR, Benowitz NL & Ahluwalia JS (2018) Tobacco consumption and toxicant exposure of cigarette smokers using electronic cigarettes. *Nicotine Tob Res* 20: 206-214
- 218 Qasim H, Karim ZA, Silva-Espinoza JC, Khasawneh FT, Rivera JO, Ellis CC, Bauer SL, Almeida IC & Alshbool FZ (2018) Short-term e-cigarette exposure increases the risk of thrombogenesis and enhances platelet function in mice. *J Am Heart Assoc* 7: pii: e009264
- 219 Raez-Villanueva S, Ma C, Kleiboer S & Holloway AC (2018) The effects of electronic cigarette vapor on placental trophoblast cell function. *Reprod Toxicol* 81: 115-121
- 220 Rankin GD, Wingfors H, Uski O, Hedman L, Ekstrand-Hammarström B, Bosson J & Lundbäck M (2019) The toxic potential of a fourth-generation E-cigarette on human lung cell lines and tissue explants. *J Appl Toxicol* doi: 10.1002/jat.3799
- 221 Rau AS, Reinikovaite V, Schmidt EP, Taraseviciene-Stewart L & Deleyiannis FW (2017) Electronic cigarettes are as toxic to skin flap survival as tobacco cigarettes. *Ann Plast Surg* 79: 86-91
- 222 Regierungspräsidium Darmstadt (2018) Gefahr im Dampf: RP kontrolliert Flüssigkeiten für E-Zigaretten (e-Liquids). Pressemitteilung vom 26.04.2018. <https://rp-darmstadt.hessen.de/pressemittelungen/gefahr-im-dampf-rp-kontrolliert-fl%C3%BCssigkeiten-f%C3%BCr-e-zigaretten-e-liquids> (abgerufen am 1.7.2019).
- 223 Reidel B, Radicioni G, Clapp PW, Ford AA, Abdelwahab S, Rebuli ME, Haridass P, Alexis NE, Jaspers I & Kesimer M (2018) E-cigarette use causes a unique innate immune response in the lung, involving increased neutrophilic activation and altered mucin secretion. *Am J Respir Crit Care Med* 197: 492-501

- 224 Reilly SM, Bitzer ZT, Goel R, Trushin N & Richie JP, Jr. (2018) Free radical, carbonyl, and nicotine levels produced by Juul electronic cigarettes. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1221
- 225 Republic of Latvia (2016) Law on Trade in Tobacco Products, Herbal Smoking Products, Electronic Smoking Devices and Associated Liquids. OP 2016/91.1.
- 226 Republic of Lithuania (2017) Law on control of tobacco, tobacco products and related products. 20 December 1995 No I-1143 Vilnius (As last amended on 4 May 2017 – No XIII-345).
- 227 Ring Madsen L, Vinther Krarup NH, Bergmann TK, Baerentzen S, Neghabat S, Duval L & Knudsen ST (2016) A cancer that went up in smoke: pulmonary reaction to e-cigarettes imitating metastatic cancer. *Chest* 149: e65-67
- 228 Risi S (2017) On the origins of the electronic cigarette: British American Tobacco's project Ariel (1962-1967). *Am J Public Health* 107: 1060-1067
- 229 Rostron BL, Corey CG, Chang JT, van Bommel DM, Miller ME & Chang CM (2019) Associations of cigarettes smoked per day with biomarkers of exposure among US adult cigarette smokers in the Population Assessment of Tobacco and Health (PATH) study wave 1 (2013-2014). *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* doi: 10.1158/1055-9965.EPI-1119-0013
- 230 Round EK, Chen P, Taylor AK & Schmidt E (2018) Biomarkers of tobacco exposure decrease after smokers switch to an e-cigarette or nicotine gum. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1140
- 231 Royal Australasian College of Physicians (RACP) (2018) Policy on electronic cigarettes. May 2018. <https://www.racp.edu.au/advocacy/policy-and-advocacy-priorities/influencing-health-policy-debates> (abgerufen am 12.3.2019).
- 232 Rubinstein ML, Delucchi K, Benowitz NL & Ramo DE (2018) Adolescent exposure to toxic volatile organic chemicals from e-cigarettes. *Pediatrics* 141: pii: e20173557
- 233 Ruprecht AA, De Marco C, Saffari A, Pozzi P, Mazza R, Verones C, Angellotti G, Munarini E, Ogliari AC, Westerdahl D, Hasheminassab S, Shafer MM, Schauer JJ, Repace J, Sioutas C & Boffi R (2017) Environmental pollution and emission factors of electronic cigarettes, heat-not-burn tobacco products, and conventional cigarettes. *Aerosol Science and Technology* 51: 674-684
- 234 Rütther T, Backmund M, Bischof G, Lange N, Missel P, Preuß U, Rumpf H-J, Thomasius R & Batra A (2017) Positionspapier: Suchtmedizinische und gesundheitspolitische Chancen und Risiken durch den Gebrauch von E-Zigaretten. *Suchttherapie* 18: 120-123
- 235 Salman R, Talih S, El-Hage R, Haddad C, Karaoghlanian N, El-Hellani A, Saliba NA & Shihadeh A (2018) Free-base and total nicotine, reactive oxygen species, and carbonyl emissions from IQOS, a heated tobacco product. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1235
- 236 Sasami (2019) Zuckerwatte Aroma - Sasami (DE). <https://sasami.de/DE/aromen/zum-naschen/1128/zuckerwatte-aroma-sasamide?c=300> (abgerufen am 25.6.2019).
- 237 Savareear B, Lizak R, Brokl M, Wright C, Liu C & Focant JF (2017) Headspace solid-phase microextraction coupled to comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry for the analysis of aerosol from tobacco heating product. *J Chromatogr A* 1520: 135-142
- 238 Schaller K & Mons U (2018) E-Zigaretten: gesundheitliche Bewertung und potenzieller Nutzen für Raucher. *Pneumologie* 72: 458-472
- 239 Schick SF, Blount BC, Jacob PR, Saliba NA, Bernert JT, El Hellani A, Jatlow P, Pappas RS, Wang L, Foulds J, Ghosh A, Hecht SS, Gomez JC, Martin JR, Mesaros C, Srivastava S, St Helen G, Tarran R, Lorkiewicz PK, Blair IA, Kimmel HL, Doerschuk CM, Benowitz NL & Bhatnagar A (2017) Biomarkers of exposure to new and emerging tobacco delivery products. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 313: L425-L452
- 240 Schober W, Fembacher L, Frenzen A & Fromme H (2019) Passive exposure to pollutants from conventional cigarettes and new electronic smoking devices (IQOS, e-cigarette) in passenger cars. *Int J Hyg Environ Health* 222: 486-493
- 241 Schulze A & Mons U (2005) Trends in cigarette smoking initiation and cessation among birth cohorts of 1926–1970 in Germany. *Eur J Cancer Prev* 14: 477-483
- 242 Seitz CM & Kabir Z (2018) Burn injuries caused by e-cigarette explosions: a systematic review of published cases. *Tob Prev Cessation* 4: 1-8
- 243 Shahab L, Goniewicz ML, Blount BC, Brown J, McNeill A, Alwis KU, Feng J, Wang L & West R (2017) Nicotine, carcinogen, and toxin exposure in long-term e-cigarette and nicotine replacement therapy users: a cross-sectional study. *Ann Intern Med* 166: 390-400

- 244 Shields PG, Berman M, Brasky TM, Freudenheim JL, Mathe E, McElroy JP, Song MA & Wewers MD (2017) A review of pulmonary toxicity of electronic cigarettes in the context of smoking: a focus on inflammation. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 26: 1175-1191
- 245 Silveira ML, Conway KP, Green VR, Kasza KA, Sargent JD, Borek N, Stanton CA, Cohn A, Hilmi N, Cummings KM, Niaura RS, Lambert EY, Brunette MF, Zandberg I, Tanski SE, Reissig CJ, Callahan-Lyon P, Slavitt WI, Hyland AJ & Compton WM (2018) Longitudinal associations between youth tobacco and substance use in waves 1 and 2 of the Population Assessment of Tobacco and Health (PATH) Study. *Drug Alcohol Depend* 191: 25-36
- 246 Simonavicius E, McNeill A, Shahab L & Brose LS (2018) Heat-not-burn tobacco products: a systematic literature review. *Tob Control pii: tobaccocontrol-2018-054419*
- 247 Sleiman M, Logue JM, Montesinos VN, Russell ML, Litter MI, Gundel LA & Destailhats H (2016) Emissions from electronic cigarettes: key parameters affecting the release of harmful chemicals. *Environ Sci Technol* 50: 9644-9651
- 248 Smith DM, Gawron M, Balwicki L, Sobczak A, Matyenia M & Goniewicz ML (2019) Exclusive versus dual use of tobacco and electronic cigarettes among adolescents in Poland, 2010-2016. *Addict Behav* 90: 341-348
- 249 Smith TT, Wahlquist AE, Heckman BW, Cummings KM & Carpenter MJ (2018) Impact of e-cigarette sampling on cigarette dependence and reinforcement value. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1258
- 250 Sohal SS, Eapen MS, Naidu VGM & Sharma P (2019) IQOS exposure impairs human airway cell homeostasis: direct comparison with traditional cigarette and e-cigarette. *ERJ Open Res* 5: pii: 00159-02018
- 251 Sommerfeld CG, Weiner DJ, Nowalk A & Larkin A (2018) Hypersensitivity pneumonitis and acute respiratory distress syndrome from e-cigarette use. *Pediatrics* 141: pii: e20163927
- 252 Sommerfeld K, Lukasik-Glebocka M, Kulza M, Druzdz A, Panienski P, Florek E & Zielinska-Psuja B (2016) Intravenous and oral suicidal e-liquid poisonings with confirmed nicotine and cotinine concentrations. *Forensic Sci Int* 262: e15-20
- 253 Son Y, Mishin V, Laskin JD, Mainelis G, Wackowski OA, Delnevo C, Schwander S, Khlystov A, Samburova V & Meng Q (2019) Hydroxyl radicals in e-cigarette vapor and e-vapor oxidative potentials under different vaping patterns. *Chem Res Toxicol* 32: 1087-1095
- 254 Son Y, Wackowski O, Weisel C, Schwander S, Mainelis G, Delnevo C & Meng Q (2018) Evaluation of e-vapor nicotine and nicotyrine concentrations under various e-liquid compositions, device settings, and vaping topographies. *Chem Res Toxicol* 31: 861-868
- 255 Soneji SS, Sung HY, Primack BA, Pierce JP & Sargent JD (2018) Quantifying population-level health benefits and harms of e-cigarette use in the United States. *PLoS One* 13: e0193328
- 256 Sørensen LT (2012) Wound healing and infection in surgery: the pathophysiological impact of smoking, smoking cessation, and nicotine replacement therapy: a systematic review. *Ann Surg* 255: 1069-1079
- 257 Soule EK, Maloney SF, Spindle TR, Rudy AK, Hiler MM & Cobb CO (2017) Electronic cigarette use and indoor air quality in a natural setting. *Tob Control* 26: 109-112
- 258 Soule EK, Plunk AD, Harrell PT, Hayes RB & Edwards KC (2019) Longitudinal analysis of associations between reasons for electronic cigarette use and change in smoking status among adults in the Population Assessment of Tobacco and Health Study. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/ntz1005
- 259 Southeast Asia Tobacco Control Alliance (SEATCA) (2018) Philip Morris claims "smoke-free future" but sues small smoke-free city in PH. ASEAN Tobacco Control Resource Center <https://seatca.org/?p=12657> (abgerufen am 12.06.2019)
- 260 Spindel ER & McEvoy CT (2016) The role of nicotine in the effects of maternal smoking during pregnancy on lung development and childhood respiratory disease. Implications for dangers of e-cigarettes. *Am J Respir Crit Care Med* 193: 486-494
- 261 Stanton CA, Bansal-Travers M, Johnson AL, Sharma E, Katz L, Ambrose BK, Silveira ML, Day H, Sargent J, Borek N, Compton WM, Johnson S, Kimmel H, Kaufman AR, Limpert J, Abrams D, Cummings KM, Goniewicz ML, Tanski S, Travers MJ, Hyland AJ & Pearson JL (2019) Longitudinal e-cigarette and cigarette use among US youth in the PATH Study (2013-2015). *J Natl Cancer Inst* doi: 10.1093/jnci/djz1006

- 262 Staudt MR, Salit J, Kaner RJ, Hollmann C & Crystal RG (2018) Altered lung biology of healthy never smokers following acute inhalation of e-cigarettes. *Respir Res* 19: 78
- 263 Stephens WE (2017) Comparing the cancer potencies of emissions from vapourised nicotine products including e-cigarettes with those of tobacco smoke. *Tob Control pii: tobaccocontrol-2017-053808*
- 264 Stewart CJ, Auchtung TA, Ajami NJ, Velasquez K, Smith DP, De La Garza R, 2nd, Salas R & Petrosino JF (2018) Effects of tobacco smoke and electronic cigarette vapor exposure on the oral and gut microbiota in humans: a pilot study. *PeerJ* 6: e4693
- 265 Stoklosa M, Drope J & Chaloupka FJ (2016) Prices and e-cigarette demand: evidence from the European Union. *Nicotine Tob Res* 18: 1973-1980
- 266 Sultan AS, Jessri M & Farah CS (2018) Electronic nicotine delivery systems: Oral health implications and oral cancer risk. *J Oral Pathol Med* doi: 10.1111/jop.12810
- 267 Sweet L, Brasky TM, Cooper S, Doogan N, Hinton A, Klein EG, Nagaraja H, Quisenberry A, Xi W & Wewers ME (2019) Quitting behaviors among dual cigarette and e-cigarette users and cigarette smokers enrolled in the Tobacco User Adult Cohort. *Nicotine Tob Res* 21: 278-284
- 268 Tabuchi T, Gallus S, Shinozaki T, Nakaya T, Kunugita N & Colwell B (2018) Heat-not-burn tobacco product use in Japan: its prevalence, predictors and perceived symptoms from exposure to second-hand heat-not-burn tobacco aerosol. *Tob Control* 27: e25-e33
- 269 Takahashi Y, Kanemaru Y, Fukushima T, Eguchi K, Yoshida S, Miller-Holt J & Jones I (2018) Chemical analysis and in vitro toxicological evaluation of aerosol from a novel tobacco vapor product: A comparison with cigarette smoke. *Regul Toxicol Pharmacol* 92: 94-103
- 270 Talih S, Salman R, Karaoghlanian N, El-Hellani A, Saliba N, Eissenberg T & Shihadeh A (2017) „Juice Monsters“: sub-Ohm vaping and toxic volatile aldehyde emissions. *Chem Res Toxicol* 30: 1791-1793
- 271 Teller Report (2019) The introduction of the control system for electronic smoking products. https://www.tellerreport.com/business/--the-introduction-of-the-control-system-for-electronic-smoking-products-.Bke_gWiLqE.html (abgerufen am 29.11.2019).
- 272 Thornton SL, Oller L & Sawyer T (2014) Fatal intravenous injection of electronic nicotine delivery system refilling solution. *J Med Toxicol* 10: 202-204
- 273 Tierney PA, Karpinski CD, Brown JE, Luo W & Pankow JF (2016) Flavour chemicals in electronic cigarette fluids. *Tob Control* 25: e10-15
- 274 TNS opinion & social (2017) Attitudes of Europeans towards tobacco and electronic cigarettes. Special Eurobarometer 458 – Wave EB87.1. European Commission, <http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm/Survey/getSurveyDetail/instruments/SPECIAL/surveyKy/2146> (abgerufen am 1.7.2019)
- 275 Tobacco Tactics (2018) E-cigarettes. <http://www.tobaccotactics.org/index.php/E-cigarettes> (abgerufen am 3.4.2019).
- 276 Troiano C, Jaleel Z & Spiegel JH (2018) Association of electronic cigarette vaping and cigarette smoking with decreased random flap viability in rats. *JAMA Facial Plast Surg* 21: 5-10
- 277 Truth Initiative (2019) Behind the explosive growth of JUUL. News January 03, 2019, <https://truthinitiative.org/news/behind-explosive-growth-juul> (abgerufen am 4.3.2019)
- 278 Tsai M, Song MA, McAndrew C, Brasky TM, Freudenheim JL, Mathe E, McElroy J, Reisinger SA, Shields PG & Wewers MD (2019) Electronic vs combustible cigarette effects on inflammasome component release into human lung. *Am J Respir Crit Care Med* 199: 922-925
- 279 U.S. Department of Health and Human Services (2014) The health consequences of smoking – 50 years of progress: a report of the Surgeon General. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health. Atlanta, GA
- 280 Uchiyama S, Noguchi M, Takagi N, Hayashida H, Inaba Y, Ogura H & Kunugita N (2018) Simple determination of gaseous and particulate compounds generated from heated tobacco products. *Chem Res Toxicol* 31: 585-593
- 281 Umweltbundesamt (2018) Ausschuss für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe). Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte bewertet Verunreinigungen der Innenraumluft und setzt bundeseinheitliche Richtwerte fest. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#textpart-1> (abgerufen am 27.2.2019).

- 282 Umweltbundesamt & Ausschuss für Innenraumrichtwerte (2017) Richtwert für Propan-1,2-diol (Propylenglykol) in der Innenraumluft. Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 60: 1298-1304
- 283 Umweltbundesamt & Ausschuss für Innenraumrichtwerte (2019) Die Richtwerte I und II für Stoffe der Innenraumluft. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/bilder/dateien/o_ausschuss_fuer-innenraumrichtwerte_empfehlungen_und_richtwerte_20190128_0.pdf (abgerufen am 13.2.2019).
- 284 United States Environmental Protection Agency (2017) Indoor Air Quality (IAQ). Technical overview of volatile organic compounds. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds> (abgerufen am 3.4.2019).
- 285 United States Patent Office (1965) 3,209,819: Smokeless non-tobacco cigarette. Herbert A. Gilbert, 278 McKinley Road, Beaver Falls, Pa. Filed Apr. 17, 1963, Ser. No. 273,624. 10 Claims. (Cl. 128—208).
- 286 US Fire Administration (2017) Electronic cigarette fires and explosions in the United States 2009 - 2016. US Fire Administration, <https://www.hsdl.org/?abstract&did=804891>
- 287 USONICIG (2019) Ultrasonic vaping technology. <http://www.usonicig.com/tech/index.aspx> (abgerufen am 3.4.2019).
- 288 Valentine GW, Jatlow PI, Coffman M, Nadim H, Gueorguieva R & Sofuoglu M (2016) The effects of alcohol-containing e-cigarettes on young adult smokers. *Drug Alcohol Depend* 159: 272-276
- 289 Vallone DM, Bennett M, Xiao H, Pitzer L & Hair EC (2018) Prevalence and correlates of JUUL use among a national sample of youth and young adults. *Tob Control pii: tobaccocontrol-2018-054693*
- 290 Vanderkam P, Boussageon R, Underner M, Langbour N, Brabant Y, Binder P, Freche B & Jaafari N (2016) Efficacité et sécurité de la cigarette électronique pour la réduction du tabagisme: revue systématique et méta-analyse Efficacy and security of electronic cigarette for tobacco harm reduction: Systematic review and meta-analysis. *Presse Med* 45: 971-985
- 291 Vaper King (2019) Dragon MonsterVape Aroma 10ml. https://vaperking.de/product_info.php?info=p22_dragon-monstervape-aroma-10ml.html (abgerufen am 25.6.2019).
- 292 Vapor Products Tax (2019) Tax Data Center. <https://vaporproductstax.com/taxation-database/> (abgerufen am 22.3.2019).
- 293 VaporExMachina (2019) VC Liquid ZOMBIE SLUSHIE - 50ml OVERDOSED E-Liquid für E-Zigaretten. <https://vaporexmachina.de/E-Liquids-nach-Hersteller/VC-Liquid-E-Liquid-made-in-Germany/VC-Liquid-ZOMBIE-SLUSHIE-50ml-OVERDOSED-E-Liquid-fuer-E-Zigaretten::2089.html> (abgerufen am 25.6.2019).
- 294 Vardavas CI, Girvalaki C, Filippidis FT, Oder M, Kस्तanje R, de Vries I, Scholtens L, Annas A, Plackova S, Turk R, Gruzdyte L, Rato F, Genser D, Schiel H, Balazs A, Donohoe E, Vardavas AI, Tzatzarakis MN, Tsatsakis AM & Behrakis PK (2017) Characteristics and outcomes of e-cigarette exposure incidents reported to 10 European Poison Centers: a retrospective data analysis. *Tob Induc Dis* 15: 36
- 295 Veldheer S, Yingst J, Midya V, Hummer B, Lester C, Krebs N, Hrabovsky S, Wilhelm A, Liao J, Yen MS, Cobb C, Eissenberg T & Foulds J (2019) Pulmonary and other health effects of electronic cigarette use among adult smokers participating in a randomized controlled smoking reduction trial. *Addict Behav* 91: 95-101
- 296 Verband des eZigarettenhandels (VdeH) (2019) Daten & Fakten zur E-Zigarette. <https://vd-eh.de/daten-fakten-zur-e-zigarette-markt/> (abgerufen am 3.4.2019).
- 297 Verplaetse TL, Moore KE, Pittman BP, Roberts W, Oberleitner LM, Peltier MR, Hacker R, Cosgrove KP & McKee SA (2018) Intersection of e-cigarette use and gender on transitions in cigarette smoking status: Findings across waves 1 and 2 of the Population Assessment of Tobacco and Health (PATH) study. *Nicotine Tob Res* doi: 10.1093/ntr/nty1187
- 298 Visser WF, Klerx WN, Cremers H, Ramlal R, Schwilens PL & Talhout R (2019) The health risks of electronic cigarette use to bystanders. *Int J Environ Res Public Health* 16: pii: E1525
- 299 Vype (2019) Unsere ePen 3 Caps. <https://www.govype.com/de/eliquid-kaufen/epen-3-caps-all> (abgerufen am 25.6.2019).
- 300 Warner KE & Mendez D (2019) E-cigarettes: comparing the possible risks of increasing smoking initiation with the potential benefits of increasing smoking cessation. *Nicotine Tob Res* 21: 41-47
- 301 Watkins SL, Glantz SA & Chaffee BW (2018) Association of noncigarette tobacco product use with future cigarette smoking among youth in the population assessment of tobacco and health (PATH) study, 2013-2015. *JAMA Pediatr* 172: 181-187

- 302 Weaver SR, Huang J, Pechacek TF, Heath JW, Ashley DL & Eriksen MP (2018) Are electronic nicotine delivery systems helping cigarette smokers quit? Evidence from a prospective cohort study of U.S. adult smokers, 2015-2016. *PLoS One* 13: e0198047
- 303 Wei B, Goniewicz ML, O'Connor RJ, Travers MJ & Hyland AJ (2018) Urinary metabolite levels of flame retardants in electronic cigarette users: a study using the data from NHANES 2013-2014. *Int J Environ Res Public Health* 15: pii: E201.
- 304 Willett JG, Bennett M, Hair EC, Xiao H, Greenberg MS, Harvey E, Cantrell J & Vallone D (2019) Recognition, use and perceptions of JUUL among youth and young adults. *Tob Control* 28: 115-116
- 305 World Bank Group (2019) E-cigarettes: use and taxation. WBG Global Tobacco Control Program Team. Working Note.
- 306 World Health Organization (2016) Electronic nicotine delivery systems and electronic non-nicotine delivery systems (ENDS/ENNDS). Seventh session Delhi, India, 7–12 November 2016. Provisional agenda item 5.5.2. FCTC/COP/7/11, August 2016.
- 307 World Health Organization (2018) Decision. FCTC/COP8(22). Novel and emerging tobacco products. Conference of the Parties to the WHO Framework Convention on Tobacco Control, Eighth session Geneva, Switzerland, 6 October 2018.
- 308 Zare S, Nemati M & Zheng Y (2018) A systematic review of consumer preference for e-cigarette attributes: Flavor, nicotine strength, and type. *PLoS One* 13: e0194145
- 309 Zeiher J, Finger JD, Kuntz B, Hoebel J, Lampert T & Starker A (2018) Zeitliche Trends beim Rauchverhalten Erwachsener in Deutschland: Ergebnisse sieben bundesweiter Gesundheitssurveys 1991-2015. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 61: 1365-1376
- 310 Zhao D, Navas-Acien A, Ilievski V, Slavkovich V, Olmedo P, Adria-Mora B, Domingo-Relloso A, Ahererra A, Kleiman NJ, Rule AM & Hilpert M (2019) Metal concentrations in electronic cigarette aerosol: effect of open-system and closed-system devices and power settings. *Environ Res* 174: 125-134
- 311 Zhu SH, Sun JY, Bonnevie E, Cummins SE, Gamst A, Yin L & Lee M (2014) Four hundred and sixty brands of e-cigarettes and counting: implications for product regulation. *Tob Control* 23 Suppl 3: iii3-9
- 312 Zwack LM, Stefaniak AB & LeBouf RF (2017) Evaluation of chemical exposures at a vape shop. *Health Hazard Evaluation Report* 2015-0107-3279. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Institute for Occupational Safety and Health, www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2015-0107-3279.pdf (abgerufen am 22.2.2019)
- 313 Bundesrat (2020) Gesetzesbeschluss des Deutschen Bundestages. Zweites Gesetz zur Änderung des Tabakerzeugnisgesetzes. Drucksache 468/20. 28.08.20

Annex: Lungenschädigungen, die mit dem Konsum von E-Zigaretten in Zusammenhang stehen (e-cigarette, or vaping, product use-associated lung injury, EVALI)

Im Sommer 2019 gab es in den USA eine Häufung von Fällen von Lungenschädigungen, die mit dem Konsum von E-Zigaretten in Zusammenhang stehen. Das Krankheitsbild wird in den USA als „e-cigarette, or vaping, product use-associated lung injury“, kurz: „EVALI“ bezeichnet. Insbesondere im August 2019 war ein schneller, ausgeprägter Anstieg von gemeldeten Fällen zu verzeichnen. Im September wurde der Höchststand erreicht, ab September/Oktober 2019 ging die Anzahl neu gemeldeter Fälle wieder deutlich zurück (Abb. A1).

Bis Ende Februar 2020 wurden insgesamt 2 807 Erkrankungs- und 68 Todesfälle gemeldet. Bis zum 25. Februar 2020 aktualisierte die amerikanische

Gesundheitsbehörde Centers for Disease Control and Prevention kontinuierlich die Entwicklung auf ihrer Internetseite (https://www.cdc.gov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/severe-lung-disease.html); dann wurde die regelmäßige Aktualisierung beendet, weil die Anzahl der neu gemeldeten Fälle seit September kontinuierlich sank und Vitamin-E-Azetat als Hauptursache von EVALI identifiziert wurde. Es wurden kaum Fälle außerhalb der USA beobachtet.⁴

Drei Viertel der Erkrankten sind jünger als 35 Jahre (Abb. 2), Todesfälle treten vor allem bei älteren Personen auf (Median: 49,5 Jahre, Altersspanne 15 bis 75 Jahre).⁴

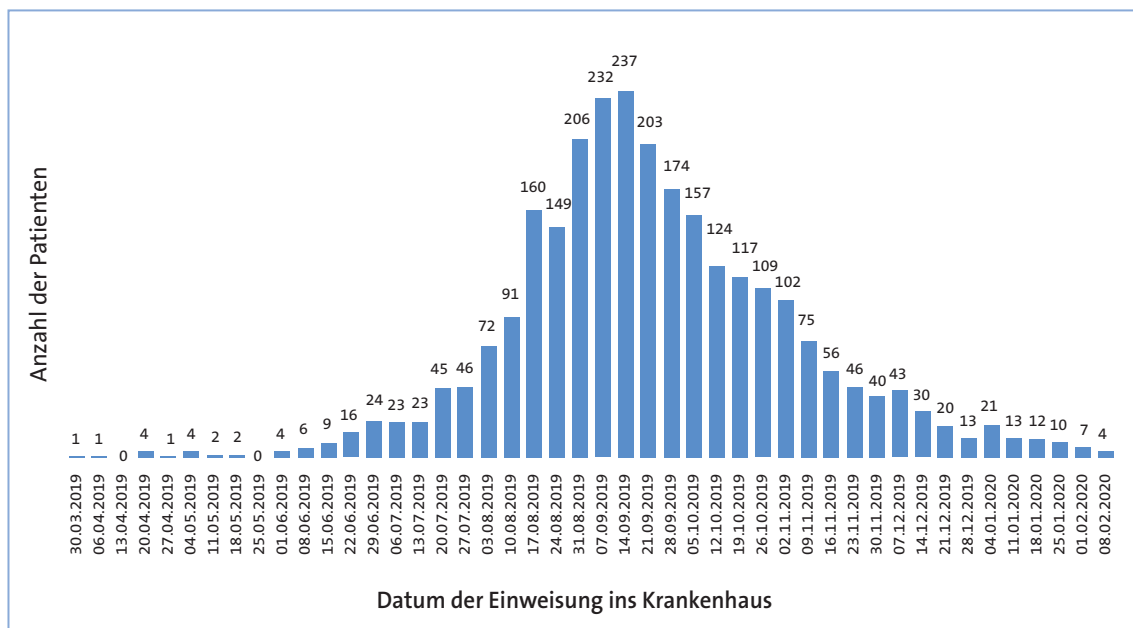


Abbildung A1: Anzahl der in den USA gemeldeten Krankheitsfälle von EVALI im Zeitverlauf. Quelle: Centers for Disease Control and Prevention 2020⁴. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2020

Als häufige Symptome des Krankheitsbildes werden beschrieben:

- Atemwegsbeschwerden wie Husten, Kurzatmigkeit, Brustschmerzen
- gastrointestinale Beschwerden wie Übelkeit, Erbrechen, Magenschmerzen, Durchfall
- unspezifische Beschwerden wie Fieber, Erkältung, Gewichtsverlust

Bei den EVALI-Fällen liegt keine infektiöse Ursache vor.

Die meisten Patienten (82 Prozent) geben an, Tetrahydrocannabinol (THC), die psychoaktive Substanz aus der Cannabispflanze, in E-Zigaretten verwendet zu haben. 14 Prozent der Patienten erklären aber, ausschließlich nikotinhaltige E-Zigaretten verwendet zu haben (Abb. A2). Von diesen haben möglicherweise einige ihren THC-Konsum verschwiegen oder sie haben es unwissentlich konsumiert. Zudem wurden möglicherweise manche Patienten falsch mit EVALI diagnostiziert und hatten korrekt angegeben, kein THC verwendet zu haben.⁷ 78 Prozent der Patienten, die THC-haltige Produkte verwendet haben und Angaben zur Herkunft der Produkte machten, haben die Produkte über informelle Quellen bezogen.⁴

Laboruntersuchungen legen nahe, dass sehr wahrscheinlich Vitamin-E-Azetat ein Auslöser der Erkrankungsfälle ist; es kann derzeit aber nicht ausgeschlossen werden, dass auch andere Substanzen eine Rolle spielen.^{5,7} Viele der untersuchten Liquids, die mit EVALI in Zusammenhang standen, enthielten große Mengen Vitamin-E-Azetat (bis zu 88 Prozent) und nur geringe Mengen von psychoaktivem TCH. Außerdem

enthielt bis zu einem Drittel der untersuchten Proben zu 24 Prozent als verdünnende Substanz mittelkettige Triacylglycerole, teilweise in Kombination mit Vitamin-E-Azetat. Vitamin-E-Azetat eignet sich aufgrund seiner Konsistenz und seiner Geschmacksneutralität dazu, THC-haltige Liquids zu strecken.^{5,6} Zudem fand sich bei fast allen diesbezüglich untersuchten EVALI-Patienten (48 von 51, 94 Prozent) in der bei einer bronchoalveolären Lavage gewonnenen Flüssigkeit Vitamin-E-Azetat, bei gesunden Vergleichspersonen, darunter auch einige E-Zigarettenkonsumenten, hingegen nicht. Ein Patient wies zusätzlich zu Vitamin-E-Azetat Kokosöl in dieser Flüssigkeit auf, bei einem weiteren wurde kein Vitamin-E-Azetat, aber Limonen nachgewiesen.¹ Weitere Studien zu den Ursachen von EVALI laufen noch.⁴

Vitamin-E-Azetat ist bei Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt unbedenklich; seine Wirkung bei Inhalation wurde allerdings bislang nicht untersucht. Die Substanz könnte mit der Oberfläche der Lungenbläschen interagieren und darüber deren Funktion beeinträchtigen. Weiterhin ist es möglich, dass Vitamin-E-Azetat beim Erhitzen in der E-Zigarette Keten bildet, das die Lunge reizt.¹

In Deutschland ist für nikotinhaltige E-Zigaretten der Zusatz von Vitaminen durch die Tabakprodukt-richtlinie verboten. Für nikotinfreie E-Zigaretten gilt diese Regelung allerdings nicht.³

Die amerikanische Gesundheitsbehörde und das deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung raten, keine Liquids aus inoffiziellen Quellen zu verwenden, keine Liquids selbst zu mischen und insbesondere den Liquids keine Öle und kein THC zuzusetzen.^{2,7}

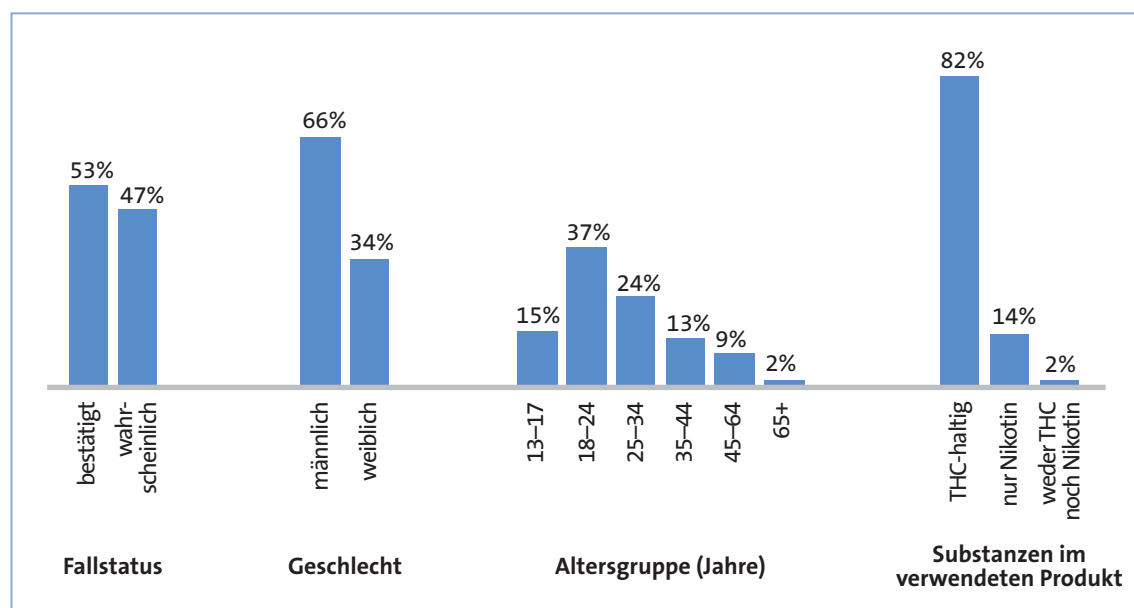


Abbildung A2: Charakteristika von EVALI-Fällen in den USA, Stand 14. Januar 2020. Quelle: Krishnasamy 2020⁷. Darstellung: Deutsches Krebsforschungszentrum, Stabsstelle Krebsprävention 2020

Literatur zum Annex

- 1 Blount BC, Karwowski MP, Shields PG, Morel-Espinoza M, Valentin-Blasini L, Gardner M, Braselton M, Brosius CR, Caron KT, Chambers D, Corstvet J, Cowan E, De Jesus VR, Espinosa P, Fernandez C, Holder C, Kuklenyik Z, Kusovschi JD, Newman C, Reis GB, Rees J, Reese C, Silva L, Seyler T, Song MA, Sosnoff C, Spitzer CR, Tevis D, Wang L, Watson C, Wewers MD, Xia B, Heitkemper DT, Ghinai I, Layden J, Briss P, King BA, Delaney LJ, Jones CM, Baldwin GT, Patel A, Meaney-Delman D, Rose D, Krishnasamy V, Barr JR, Thomas J, Pirkle JL & Lung Injury Response Laboratory Working G (2019) Vitamin E acetate in bronchoalveolar-lavage fluid associated with EVALI. *N Engl J Med* 382: 697–705
- 2 Bundesinstitut für Risikobewertung (2019) „Dampfen“: BfR rät vom Selbstmischen von E-Liquids ab. Pressemitteilung vom 43/2019, 15.11.2019. https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2019/43/dampfen__bfr_raet_vom_selbstmischen_von_e_liquids_ab-243082.html (abgerufen am 4.3.2020)
- 3 Bundestag & Bundesrat (2016) Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie über Tabakerzeugnisse und verwandte Erzeugnisse Bundesgesetzblatt Teil I: 569–584
- 4 Centers for Disease Control and Prevention (2020) Outbreak of lung injury associated with the use of e-cigarette, or vaping, products. https://www.cdc.gov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/severe-lung-disease.html (abgerufen am 4.3.2020)
- 5 Duffy B, Li L, Lu S, Durocher L, Dittmar M, Delaney-Baldwin E, Panawennage D, LeMaster D, Navarette K & Spink D (2020) Analysis of cannabinoid-containing fluids in illicit vaping cartridges recovered from pulmonary injury patients: Identification of vitamin E acetate as a major diluent. *Toxics* 8: pii: E8
- 6 Food and Drug Administration (2020) Lung illnesses associated with use of vaping products. Information for the public, FDA actions, and recommendations. <https://www.fda.gov/news-events/public-health-focus/lung-illnesses-associated-use-vaping-products> (abgerufen am 10.2.2020)
- 7 Krishnasamy VP, Hallowell BD, Ko JY, Board A, Hartnett KP, Salvatore PP, Danielson M, Kite-Powell A, Twentyman E, Kim L, Cyrus A, Wallace M, Melstrom P, Haag B, King BA, Briss P, Jones CM, Pollack LA, Ellington S & Lung Injury Response Epidemiology/Surveillance Task F (2020) Update: Characteristics of a nationwide outbreak of e-cigarette, or vaping, product use-associated lung injury - United States, August 2019-January 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 69: 90–94

