

Medizinische Fachgesellschaften fordern ein Verbot von Aromen in E-Zigaretten

Ein Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e. V. (DGP)

Medical societies in Germany call for a ban on flavors in e-cigarettes

A Position Paper of the German Respiratory Society (DGP) in cooperation with other professional associations and organizations

Autorinnen/Autoren

Alexander Rupp¹, Natascha Sommer², Stefan Andreas³, Wulf Pankow⁴, Reiner Hanewinkel⁵, Harm Wienbergen⁶, Anil Batra⁷, Tilman Sauerbruch⁸, Peter Kardos⁹, Sabina Ulbricht¹⁰, Folke Brinkmann¹¹, Robert Scheubel¹², Claus Vogelmeier¹³, Wolfram Windisch¹⁴

in Zusammenarbeit mit medizinischen Fachgesellschaften und Organisationen:

Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin e. V. (DGIM)

Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V. (DGK)

Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und Onkologie e. V. (DGHO)

Deutsche Gesellschaft für Angiologie – Gesellschaft für Gefäßmedizin e. V. (DGA)

Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde e. V. (DGPPN)

Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie e. V. (DGT)

Gesellschaft für pädiatrische Pneumologie e. V. (GPP)

Bundesverband der Pneumologen, Schlaf- und Beatmungsmediziner e. V. (BdP)

Deutsche Atemwegliga e. V.

Deutsche Lungenstiftung e. V.

Aktionsbündnis Nichtraucher e. V. (ABNR)

Institute

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 Pneumologische Praxis im Zentrum, Stuttgart, Mitglied der Arbeitsgruppe Tabakprävention und -entwöhnung der DGP, Leiter der Arbeitsgruppe Tabak im Bundesverband der Pneumologie, Schlaf- und Beatmungsmedizin, Stuttgart, Deutschland 2 Medizinische Klinik II, Excellence Cluster Cardio-Pulmonary Institute (CPI), Universities of Giessen and Marburg Lung Center (UGMLC), Mitglied des Deutschen Zentrums für Lungenforschung (DZL), Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, Deutschland 3 Lungenfachklinik Immenhausen, Klinik für Kardiologie und Pneumologie, Universitätsmedizin Göttingen, Deutsches Zentrum für Lungenforschung, Göttingen, Deutschland 4 Vivantes-Institut für Tabakentwöhnung und Raucherprävention, Berlin, Deutschland 5 IFT-Nord gGmbH, Institut für Therapie- und Gesundheitsforschung, Kiel, Deutschland 6 Bremer Institut für Herz- und Kreislaufforschung, Klinikum Links der Weser Bremen, Universität zu Lübeck für die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – | <ol style="list-style-type: none"> Herz- und Kreislaufforschung (DGK), Bremen, Deutschland 7 Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Universität Tübingen für die Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde (DGPPN), Tübingen, Deutschland 8 Universität Bonn für die Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM), Bonn, Deutschland 9 Lungenzentrum Maingau, Frankfurt a. M. für die Deutsche Atemwegliga, Frankfurt, Deutschland 10 Abteilung für Präventionsforschung und Sozialmedizin, Universitätsmedizin Greifswald für das Aktionsbündnis Nichtraucher, Greifswald, Deutschland 11 Sektion Kinderpneumologie und Allergologie, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Lübeck für die Gesellschaft für pädiatrische Pneumologie (GPP), Lübeck, Deutschland 12 Klinik für Thoraxchirurgie, Fachkliniken Wangen für die Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie, Wangen, Deutschland |
|--|---|

- 13 Abteilung Pneumologie im Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Marburg für die Deutsche Lungenstiftung, Marburg, Deutschland
- 14 Lungenklinik, Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Lehrstuhl für Pneumologie Universität Witten/Herdecke für die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin, Köln, Deutschland

online publiziert 19.3.2024

Bibliografie

Pneumologie 2024; 78: 320–324

DOI 10.1055/a-2282-9908

ISSN 0934-8387

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. med. Alexander Rupp, Pneumologische Praxis im Zentrum, Königstr. 10 c, 70173 Stuttgart, Deutschland
a.rupp@lunge-stuttgart.de

ZUSAMMENFASSUNG

E-Zigaretten werden v.a. von Jugendlichen und jungen Erwachsenen konsumiert. Aromen in E-Zigaretten erhöhen deren Attraktivität und fördern den Einstieg von Jugendlichen und Erwachsenen in den Konsum. Dadurch werden

insbesondere junge Menschen dem Risiko einer Nikotinabhängigkeit und vielfältigen toxischen Substanzen aus dem Aerosol der E-Zigaretten ausgesetzt. Es gibt Hinweise, dass verschiedene Aromen in E-Zigaretten gesundheitsschädlich sind, wobei für die Mehrheit der Aromen bislang toxikologische Untersuchungen noch fehlen. Hier besteht ein Bedarf für unabhängige wissenschaftliche Untersuchungen. Die beteiligten wissenschaftlichen Fachgesellschaften fordern ein Verbot von Aromen in E-Zigaretten, ein Verbot von Einweg-E-Zigaretten, eine wirksame Regulierung des Verkaufs von E-Zigaretten und eine wirksame Kontrolle und Umsetzung der Bestimmungen des Jugendschutzes.

ABSTRACT

E-cigarettes are primarily used by teenagers and young adults. Flavors in e-cigarettes increase their attractiveness and encourage young people and adults to start using them. This exposes young people in particular to the risk of nicotine addiction and various toxic substances from the aerosol of e-cigarettes. There are indications that various flavors in e-cigarettes are harmful to health, although toxicological studies are still lacking for the majority of flavors. There is a need for independent scientific investigations in this area. The scientific societies involved are calling for a ban on flavors in e-cigarettes, a ban on disposable e-cigarettes, effective regulation of the sale of e-cigarettes and effective control and implementation of the provisions for the protection of minors.

Einleitung

Die unterzeichnenden Medizinischen Fachgesellschaften unterstützen die Forderung des Bundesdrogenbeauftragten, Burkhard Blienert [1], nach einem Verbot von Aromastoffen in E-Zigaretten. Ein derartiges Verbot existiert schon für Tabakerhitzer. Bereits in 39 Ländern ist der freie Verkauf von E-Zigaretten mit und ohne Aromastoffe verboten [2].

E-Zigaretten mit mindestens 16 000 verschiedenen Geschmacksbezeichnungen [3] werden über soziale Medien und Influencer besonders bei Jugendlichen beworben. Aromatisierte Einweg-E-Zigaretten überschwemmen den Markt. Sie sind in vielerlei Hinsicht problematisch. Die Aromatisierung von Liquids trägt zu einer hohen Attraktivität bei und fördert den Konsumbeginn [4, 5, 7]. Insbesondere fruchtige und süße Aromen erfreuen sich großer Beliebtheit [8]. Gleichzeitig erleichtern Aromen die Inhalation und damit die Aufnahme von Nikotin und Schadstoffen über die Lunge in den Körper. Nikotin hat bei jungen Menschen einen negativen Einfluss auf die Hirnentwicklung und kann zu Nikotinabhängigkeit führen. E-Zigarettengebrauch erhöht die Wahrscheinlichkeit für den späteren Konsum konventioneller Tabakzigaretten um mehr als den Faktor 3 [9, 10].

Für das von der Industrie verbreitete Narrativ, dass Aromen in E-Zigaretten bei der Entwöhnung von Zigaretten helfen, gibt es bisher keine belastbaren Untersuchungsergebnisse [8, 11].

Steigender Konsum bei Jugendlichen

Aktuell zeigt der Konsum von E-Zigaretten besonders bei Kindern (9–13 Jahre) und Jugendlichen (14–17 Jahre) einen ansteigenden Verlauf mit Monatsprävalenzen 2020/2021 von 1,7% und 7,7%, 2021/2022 von 1,7% und 7,4% und 2022/2023 von 3,2% und 11,8% [11]. Auch bei den über 25-jährigen wird ein zunehmender Konsum beobachtet [12]. Bei E-Zigaretten-Nutzenden zeigte sich in der DEBRA-Befragung, dass 62% der Jugendlichen und 79% der Erwachsenen zusammen mit E-Zigaretten auch Tabakzigaretten konsumieren (sog. „dual use“) [13].

E-Zigaretten sind schädlich

Es gibt wissenschaftlich begründete Hinweise für eine schädigende Wirkung von E-Zigaretten auf die Atemorgane und auf das Herz-Kreislauf-System [14–17]. Untersuchungen zeigen zellschädigende Prozesse, Beeinträchtigung von Zellfunktionen

oder krankheitsförderliche Prozesse [8]. Auch werden in Liquids von E-Zigaretten krebserzeugende Substanzen gefunden [15], für die es keine Unbedenklichkeitsschwelle gibt.

Aromen in E-Zigaretten sind schädlich

Aromazusatzstoffe sind in der Lebensmittelindustrie weit verbreitet und gelten dort als unbedenklich. Wie sich diese Aromen jedoch beim Erhitzen verhalten, welche Reaktionen sie mit anderen Bestandteilen der Liquids und deren Erhitzungsprodukten eingehen und wie die Inhaltsstoffe des E-Zigaretten-Dampfes auf die Lunge, die Blutgefäße, das Herz und andere Organe des Körpers wirken, ist bislang noch weitgehend unerforscht [8]. Allein die enorme Zahl an Aromen, die E-Zigaretten-Liquids zugesetzt werden, verdeutlicht die Problematik. Die Wirkung der Aromen allein lässt sich nur schwer von der Wirkung der anderen Inhaltsstoffe isolieren. Für einzelne Aromen wurden jedoch bereits gesundheitsschädliche Wirkungen nachgewiesen [8].

Sucht- und konsumfördernde Wirkung der Aromen

Einzelne Aromen wie Menthol oder Farnesol [18], Farnesen, Hexylacetat, Ethylacetat, Methylbutylacetat [19] besitzen verschiedene nikotinunabhängig verstärkende Wirkungen am Belohnungssystem (z. B. Erhöhung der Zahl hochsensitiver Nikotinrezeptoren und Stimulation dopaminergischer Neurone im ventralen Tegment [VTA]) und können so zur Ausbildung und Aufrechterhaltung einer Abhängigkeit beitragen. Andere Aromen, wie z. B. Erdbeeraroma, scheinen das sensorische Profil zu verbessern und dadurch eine erhöhte Nikotinaufnahme zu begünstigen [20]. Auch der kühlende Effekt von Menthol und anderer, den Liquids von E-Zigaretten hinzugefügten TRPM8-(cold transient receptor potential melastatin 8)-Rezeptor-Agonisten wirken der Reizung der Atemwege (z. B. Husten) durch fruchtige/süße Aromastoffe entgegen und erleichtern damit die Inhalation [21–23]. Sog. Ice Hybrid Flavors und Non-Menthol Synthetic Cooling Agents, die diese Eigenschaften besitzen, sind in E-Zigaretten weit verbreitet. Zigarettenrauchende nahmen bei Verwendung aromatisierter E-Zigaretten doppelt so viele Züge wie bei nicht aromatisierten E-Zigaretten [24].

Organschädigende Effekte der Aromen

Für einzelne Aromen liegen Studien vor, die gesundheitsschädigende Wirkungen belegen. Menthol führt in Tierversuchen zu einer Vergrößerung von Leber und Milz und zu zystischen Veränderungen im Kleinhirn [25]. Vanille und Zimtaldehyd unterdrücken natürliche Abwehrvorgänge im Körper [26, 27]. Zimt- und Tabakaroma führen zu einer Überempfindlichkeit der Atemwege [28, 29], Vanille zu einer Veränderung der Lungenfunktion [30]. Verschiedene Aromen wie Butter, Vanille oder Zimt setzen Entzündungsreaktionen und DNA-Schäden in Gang [27, 31–38]. Zimt löst Stressreaktionen in Zellen aus, die als Marker für ein kardiovaskuläres Risiko gewertet werden [39]. Für die meisten Aromen gibt es bisher keine toxikologischen Untersuchungen, sodass hier ein unkalkulierbares Risiko vorliegt.

Zusammenfassung

Aromen in E-Zigaretten sind gesundheitsschädlich. Sie fördern den Einstieg von Jugendlichen und Erwachsenen in den Konsum von E-Zigaretten und setzen sie der Nikotinabhängigkeit und vielfältigen toxischen Substanzen aus dem Aerosol der E-Zigaretten aus. E-Zigaretten werden häufig als weniger schädliche Alternative zu Tabakzigaretten beworben. Bislang konnte jedoch nicht nachgewiesen werden, dass die Kommerzialisierung von E-Zigaretten als Konsumgüter einen Nettonutzen für die öffentliche Gesundheit hat. Stattdessen häufen sich die Hinweise für die negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung. Die WHO fordert daher ein Verbot von Aromen und anderen Inhaltsstoffen, die das Inhalieren erleichtern [40, 41].

Für die meisten Aromen fehlen bisher toxikologische Bewertungen. Es bestehen erste Hinweise auf organschädigende Auswirkungen. Hier besteht ein Bedarf für unabhängige wissenschaftliche Untersuchungen.

Gemäß dem Gesetz über Tabakerzeugnisse und verwandte Erzeugnisse (TabakerzG vom 04.04.2016, zuletzt geändert am 19.07.2023) und der EU-Richtlinie für Tabakerzeugnisse (2014/40/EU vom 03.04.2014) dürfen in Tabakprodukten wie auch in E-Zigaretten und Nachfüllbehältern nur Inhaltsstoffe verwendet werden, die in erhitzter oder nicht erhitzter Form kein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellen. Dies muss bereits mit dem diskutierten heutigen Wissen für die auf dem Markt befindlichen Produkte als nicht gegeben angesehen werden.

Forderungen

Die beteiligten Fachgesellschaften fordern:

- Ein Verbot von Aromen in E-Zigaretten.
- Eine Einheitsverpackung für Tabakprodukte, E-Zigaretten und verwandte Produkte.
- Ein Verbot von Einweg-E-Zigaretten.
- Eine wirksame Regulierung des Verkaufs von E-Zigaretten, auch über das Internet.
- Eine wirksame Kontrolle und Umsetzung der Bestimmungen des Jugendschutzes (Abgabe- und Konsumverbot unter 18 Jahre).

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Deutsches Ärzteblatt. Drogenbeauftragter für Verbot von Aromen in E-Zigaretten (Mai 2023). <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/142993/Drogenbeauftragter-fuer-Verbot-von-Aromen-in-E-Zigaretten-Stand:15.02.2024>
- [2] Global Center for Good Governance in Tobacco Control (GGTC). E-Cigarette Ban & Regulation: Global Status as of October 2023 (Oktober 2023). <https://ggtc.world/knowledge/novel-emerging-tobacco-pro>

- ducts-and-product-regulation/e-cigarette-ban-regulation-global-status-as-of-october-2023 Stand: 15.02.2024
- [3] World Health Organization (WHO). Tobacco: E-cigarettes (Januar 2024). <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/tobacco-e-cigarettes> Stand: 15.02.2024
- [4] Berg C. Preferred Flavors and Reasons for E-Cigarette Use and Discontinued Use Among Never, Current, and Former Smokers. *Int J Public Health* 2016; 61: 225–236 doi:10.1007/s00038-015-0764-x
- [5] Schneider S, Diehl K. Vaping as a Catalyst for Smoking? An Initial Model on the Initiation of Electronic Cigarette Use and the Transition to Tobacco Smoking Among Adolescents. *Nic Tob Research* 2016; 18: 647–653 doi:10.1093/ntr/ntv193
- [6] Goldenson N, Leventhal A, Simpson K et al. A Review of the Use and Appeal of Flavored Electronic Cigarettes. *Curr Addict Rep* 2019; 6: 98–113 doi:10.1007/s40429-019-00244-4
- [7] Andreas M, Grundinger N, Wolber N et al. Subjective experiences of the addictive potential of E-cigarettes: results from focus group discussions. *Addiction Research & Theory* 2023; doi:10.1080/16066359.2023.2288831
- [8] Sommer N, Franzen K, Andreas S et al. Gesundheitsschädliche Wirkungen von Aromen in E-Zigaretten. Harmful health effects of flavors in e-cigarettes. *Dtsch Med Wochenschr* 2021; 149: 1–8 doi:10.1055/a-2260-5003
- [9] Soneji S, Barrington-Trimis J, Wills T et al. Association Between Initial Use of e-Cigarettes and Subsequent Cigarette Smoking Among Adolescents and Young Adults. *JAMA Pediatr* 2017; 171: 788–797 doi:10.1001/jamapediatrics.2017.1488
- [10] Yoong S, Hall A, Turon H et al. Association between electronic nicotine delivery systems and electronic non-nicotine delivery systems with initiation of tobacco use in individuals aged <20 years. A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* 2021; 16: e0256044 doi:10.1371/journal.pone.0256044
- [11] Chen D, Grigg J, Filippidis F et al. European Respiratory Society statement on novel nicotine and tobacco products, their role in tobacco control and “harm reduction”. *Eur Respir J* 2024; 63: doi:10.1183/13993003.01808-2023
- [12] Deutsche Befragung zum Rauchverhalten (DEBRA) (November 2023). <http://debra-study.info> Stand: 28.11.2023
- [13] Gali K, Kastaun S, Pischke C et al. Trends and consumption patterns in the use of e-cigarettes among adolescents and young adults in Germany (the DEBRA study). *Addict Behav* 2022; 133: doi:10.1016/j.addbeh.2022.107375
- [14] Jonas A. Impact of vaping on respiratory health. *BMJ* 2022; 378: doi:10.1136/bmj-2021-065997
- [15] Lechasseur A, Morissette M. The fog, the attractive and the addictive: pulmonary effects of vaping with a focus on the contribution of each major vaping liquid constituent. *Eur Respir Rev* 2020; 29: 200268–200284 doi:10.1183/16000617.0268-2020
- [16] Glantz S, Nguyen N, Oliveira da Silva A. Population-Based Disease Odds for E-Cigarettes and Dual Use versus Cigarettes. *NEJM Evid* 2024; 3: EVIDoA2300229 doi:10.1056/EVIDoA2300229
- [17] Münzel T, Hahad O, Kuntic M et al. Effects of tobacco cigarettes, e-cigarettes, and waterpipe smoking on endothelial function and clinical outcomes. *Eur Heart J* 2020; 41: 4057–4070 doi:10.1093/eurheartj/ehaa460
- [18] Cooper S, Willis C, Richardson M et al. Chemical Flavorants in Vaping Products Alter Neurobiology in a Sex-Dependent Manner to Promote Vaping-Related Behaviors. *J Neurosci* 2023; 43: 1360–1374 doi:10.1523/JNEUROSCI.0755-22.2022
- [19] Cooper S, Akers A, Henderson B. Green Apple e-Cigarette Flavorant Farnesene Triggers Reward-Related Behavior by Promoting High-Sensitivity nAChRs in the Ventral Tegmental Area. *eNeuro* 2020; 7: 1–17 doi:10.1523/ENEURO.0172-20.2020
- [20] Patten T, Dreier A, Herman R et al. Exposure to fruit-flavoring during adolescence increases nicotine consumption and promotes dose escalation. *Neuropharmacology* 2021; 195: 108672 doi:10.1016/j.neuropharm.2021.108672
- [21] Lin A, Lui M, Ko H et al. Menthol Cigarette Smoke Induces More Severe Lung Inflammation Than Non-menthol Cigarette Smoke Does in Mice With Subchronic Exposure – Role of TRPM8. *Front Physiol* 2018; 9: 1817 doi:10.3389/fphys.2018.01817
- [22] Sabnis A, Shadid M, Yost G et al. Human Lung Epithelial Cells Express a Functional Cold-Sensing TRPM8 Variant. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2008; 39: 466–474 doi:10.1165/rcmb.2007-0440OC
- [23] Leventhal A, Tackett A, Whitted L et al. Ice flavours and non-menthol synthetic cooling agents in e-cigarette products: a review. *Tob Control* 2023; 32: 769–777 doi:10.1136/tobaccocontrol-2021-057073
- [24] Audrain-McGovern J, Strasser A, Wileyto E. The impact of flavoring on the rewarding and reinforcing value of e-cigarettes with nicotine among young adult smokers. *Drug Alcohol Depend* 2016; 166: 263–267 doi:10.1016/j.drugalcdep.2016.06.030
- [25] Madsen C, Würtzen G, Carstensen J. Short-term toxicity study in rats dosed with menthone. *Toxicol Lett* 1986; 32: 147–152 doi:10.1016/0378-4274(86)90061-5
- [26] Wang M, Zhang Y, Xu M et al. Roles of TRPA1 and TRPV1 in cigarette smoke -induced airway epithelial cell injury model. *Free Radic Biol Med* 2019; 134: 229–238 doi:10.1016/j.freeradbiomed.2019.01.004
- [27] Effah F, Taiwo B, Baines D et al. Pulmonary effects of e-liquid flavors: a systematic review. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2022; 25: 343–371 doi:10.1080/10937404.2022.2124563
- [28] Chapman D, Casey D, Ather J et al. The Effect of Flavored E-cigarettes on Murine Allergic Airways Disease. *Scientific Reports* 2019; 9: 13671 doi:10.1038/s41598-019-50223-y
- [29] Glynos K, Bibli S, Katsaounou P et al. Comparison of the effects of e-cigarette vapor with cigarette smoke on lung function and inflammation in mice. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2018; 315: L662–L672 doi:10.1152/ajplung.00389.2017
- [30] Szafran B, Pinkston R, Perveen Z et al. Electronic-Cigarette Vehicles and Flavoring Affect Lung Function and Immune Responses in a Murine Model. *Int J Mol Sci* 2020; 21: 6022 doi:10.3390/ijms21176022
- [31] Gerloff J, Sundar I, Freter R et al. Inflammatory Response and Barrier Dysfunction by Different e-Cigarette Flavoring Chemicals Identified by Gas Chromatography-Mass Spectrometry in e-Liquids and e-Vapors on Human Lung Epithelial Cells and Fibroblasts. *Appl In Vitro Toxicol* 2017; 3: 28–40 doi:10.1089/aivt.2016.0030
- [32] Muthumalage T, Prinz M, Ansah K et al. Inflammatory and Oxidative Responses Induced by Exposure to Commonly Used E-Cigarette Flavoring Chemicals and Flavored e-Liquids without Nicotine. *Front Physiol* 2018; 8: 1130 doi:10.3389/fphys.2017.01130
- [33] Behar R, Wang Y, Talbot P. Comparing the cytotoxicity of electronic cigarette fluids, aerosols and solvents. *Tob Control* 2017; 27: 325–333 doi:10.1136/tobaccocontrol-2016-053472
- [34] Leigh N, Lawton R, Hershberger P et al. Flavours significantly affect inhalation toxicity of aerosol generated from electronic nicotine delivery systems (ENDS). *Tob Control* 2016; 25 (Suppl. 02): ii81–ii87 doi:10.1136/tobaccocontrol-2016-053205
- [35] Lucas J, Muthumalage T, Wang Q et al. E-Liquid Containing a Mixture of Coconut, Vanilla, and Cookie Flavors Causes Cellular Senescence and Dysregulated Repair in Pulmonary Fibroblasts: Implications on Premature Aging. *Front Physiol* 2020; 11: 924 doi:10.3389/fphys.2020.00924
- [36] Noel A, Hossain E, Perveen Z et al. Sub-ohm vaping increases the levels of carbonyls, is cytotoxic, and alters gene expression in human bronchial epithelial cells exposed at the air-liquid interface. *Respir Res* 2020; 21: 305 doi:10.1186/s12931-020-01571-1

- [37] O'Farrell H, Brown R, Brown Z et al. E-cigarettes induce toxicity comparable to tobacco cigarettes in airway epithelium from patients with COPD. *Toxicol In Vitro* 2021; 75: 105204 doi:10.1016/j.tiv.2021.105204
- [38] Pinkston R, Zaman H, Hossain E et al. Cell-specific toxicity of short-term JUUL aerosol exposure to human bronchial epithelial cells and murine macrophages exposed at the air-liquid interface. *Respir Res* 2020; 21: 269 doi:10.1186/s12931-020-01539-1
- [39] Lee W, Ong S, Zhou Y et al. Modeling Cardiovascular Risks of E-Cigarettes With Human-Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Endothelial Cells. *J Am Coll Cardiol* 2019; 73: 2722–2737 doi:10.1016/j.jacc.2019.03.476
- [40] World Health Organization (WHO). Electronic cigarettes: call to action (Dezember 2023). <https://www.who.int/publications/m/item/electronic-cigarettes—call-to-action> Stand: 11.03.2024
- [41] WHO study group on tobacco product regulation. Report on the scientific basis of tobacco product regulation: ninth report of a WHO study group (August 2023). (WHO Technical Report Series, No. 1047). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Geneva: World Health Organization; 2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240079410> Stand 11.03.2024