

Bernd Mayer

# Die E-Zigarette

Fakten & Mythen



delta.9  
VERLAG

Bernd Mayer  
**Die E-Zigarette**

«Автор»

## **Mayer B.**

Die E-Zigarette / B. Mayer — «АВТОР»,

Die E-Zigarette erfreut sich immer größerer Beliebtheit. Viele Raucherinnen und Raucher, die sie einmal probierten, sind dabei geblieben. Sie erfreuen sich nun am „Dampfen“, das – wie viele Studien zeigen – die weitaus harmlosere Alternative zum Rauchen von Tabakzigaretten ist. Dieser Trend wird in einigen Ländern, wie etwa Großbritannien, auch von öffentlichen Stellen unterstützt. Man verspricht sich damit einen Rückgang von Krebs oder anderen schweren Erkrankungen, die mit dem Tabakrauchen assoziiert sein können. In anderen Ländern wie in Deutschland oder Österreich, werden E-Zigaretten aber immer wieder geradezu „verteufelt“. Selbsternannte Experten warnen eindringlich vor ihrem Gebrauch und Horrorstudien versuchen der E-Zigarette gleich große, wenn nicht größere Schädlichkeit als Tabakzigaretten anzudichten. Der Pharmakologe und Toxikologe Bernd Mayer von der Universität Graz hat sich nun dieses Themas angenommen und erklärt in seinem Buch in verständlicher Form die Fakten und Mythen rund um die E-Zigarette. Dabei entlarvt der Experte die Argumente gegen den Umstieg auf das Dampfen als nicht durch Wissenschaft gestützte Behauptungen bestimmter Interessensgruppen, allen voran der pharmazeutischen Industrie und dem eng mit der Industrie vernetzten öffentlichen Gesundheitswesen. Ein empfehlenswertes Buch für alle, die die E-Zigarette als Alternative zum Rauchen in Erwägung ziehen – und dabei bleiben wollen.

© Mayer B.

© АВТОР

# Содержание

ABKÜRZUNGEN	6
1. Einleitung	7
2. Rauchen	10
2.2 RAUCHERQUOTEN, ABHÄNGIGKEIT UND ENTWÖHNUNG	11
2.3 SCHADENSMINIMIERUNG	13
2.4 E-ZIGARETTEN: ALTERNATIVE FÜR RAUCHER ZUR SCHADENSMINIMIERUNG	15
3. Nikotin	16
3.1 BIOLOGISCHE EFFEKTE	17
3.2 TOXIZITÄT	20
3.3 TÖDLICHE NIKOTINDOSIS	22
3.4 HOHES SUCHTPOTENTIAL?	24
3.5. NIKOTINSALZE	31
4. Funktion von E-Zigaretten	33
Конец ознакомительного фрагмента.	42



ISBN 978-3-903229-24-2

Alle Urheberrechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und öffentlichen Wiedergabe in jeder Form, einschließlich einer Verwertung in elektronischen Medien, der reprografischen Vervielfältigung, einer digitalen Verbreitung und der Aufnahme in Datenbanken, ausdrücklich vorbehalten.

Copyright © 2020 by delta X Verlag, Wien

E-Book-Herstellung: Zeilenwert GmbH

Coverfoto: © Benjaminpx /[stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)

delta X Verlag im Internet: [www.deltax.at](http://www.deltax.at)

Bernd Mayer

**Die E-Zigarette**

Fakten & Mythen



*Science is a candle in the darkness of a demon-haunted world.*

Carl Sagan (1934–1996)

## ABKÜRZUNGEN

Um das Buch lesbar zu halten, werden (häufig gebrauchte) Maßeinheiten, besonders dann, wenn sie in Rechenbeispielen gebraucht werden, abgekürzt.

### **Gewichtsmaße:**

**kg** = Kilogramm (1 Kilogramm = 1.000 Gramm =  $10^3$  g)

**mg** = Milligramm (1 Milligramm = 1 Tausendstel Gramm =  $10^{-3}$  g)

**µg** = Mikrogramm (1 Mikrogramm = 1 Millionstel Gramm =  $10^{-6}$  g)

### **Hohlmaße:**

**ml** = Milliliter (1 Milliliter = 1 Tausendstel Liter =  $10^{-3}$  l)

**l** = Liter (1 Liter = 1.000 ml)

### **Längenmaße:**

**m** = Meter (1 Meter)

**km** = Kilometer (1 Kilometer = 1.000 m =  $10^3$  m)

### **Flächenmaße:**

**m<sup>2</sup>** = Quadratmeter

(1 Quadratmeter = Flächeninhalt von einem Quadrat von 1 x 1 m Seitenlänge)

### **Raummaße:**

**m<sup>3</sup>** = Kubikmeter

(1 Kubikmeter = Rauminhalt eines Quaders mit 1 x 1 x 1 m Seitenlänge)

### **Energieeinheiten:**

**kJ** = Kilojoule (1 Kilojoule = 1.000 Joule)

**kcal** = Kilokalorie (1 Kilokalorie = 4,184 kJ)

# 1. Einleitung

Ende Februar 2006 suchte mich am Institut ein gewisser Renuus (alias René) Derler, wohnhaft etwa 50 Kilometer nördlich von Graz, auf und präsentierte mir eine sehr dekorativ mit chinesischen Zeichen beschriftete Holzschachtel. Der Inhalt entpuppte sich als zigarrenähnliches Teil, das man mit Filterdepots bestücken konnte, die mit nikotinhaltiger Flüssigkeit getränkt waren. Dieses Gerät, das René als „elektrische Zigarette“ bezeichnete, erzeugte mittels eines Akkus einen Nebel, den man ähnlich wie den Rauch von Tabakzigaretten inhalieren konnte. Als damals starker Raucher war ich von dem Gerät begeistert und wagte die Prognose, dass aufgrund dieser Erfindung das Rauchen binnen 15 Jahren ausgerottet sein würde. Dass diese Prognose hoffnungslos optimistisch war, liegt wohl vor allem an dem in meiner Naivität nicht erwarteten massiven Gegenwind, der diesen Geräten von verschiedenen Seiten entgegen bläst und der ein wichtiges Thema dieses Buchs sein wird.

Wie sich herausstellte, hat René Derler die von der Firma Ruyan damals in China vertriebene E-Zigarette auf einer Asienreise entdeckt und beschlossen, sie in Europa zu vermarkten. Dazu bekam er von Ruyan die Generalvollmacht, wollte sich aber bei der in Österreich dafür zuständigen Agentur für Ernährungssicherheit (AGES) mit einem toxikologischen Gutachten absichern, wozu er mich beauftragte. Als Grundlage für mein Gutachten hatte ich die Patentschrift der Firma Ruyan, aus der das Funktionsprinzip ersichtlich war, eine Liste von Inhaltsstoffen der „Depots“ und nicht zuletzt meinen Hausverstand zur Verfügung. Studien über E-Zigaretten gab es damals natürlich noch keine. Allerdings war seit langem bekannt, dass die schädlichen Wirkungen des Rauchens auf den Verbrennungsprodukten im Rauch beruhen. Außerdem gab es einige wenige tierexperimentelle Studien, die die Unbedenklichkeit der Inhalation der Hauptbestandteile der verdampften Flüssigkeiten, Glycerin und Propylenglykol (PG), belegten. Daraus folgte für mich zwingend, dass E-Zigaretten, in denen keine Verbrennung stattfindet, um ein Vielfaches weniger schädlich sind als Tabakzigaretten. Heute findet man in der Fachliteratur mehrere tausend Publikationen zu dem Thema – meine damalige Schlussfolgerung wurde aber bis heute nicht widerlegt.

In meinem Gutachten habe ich Rauchern dieses Produkt vorbehaltlos zur Entwöhnung empfohlen. Da ich bis dahin mit den ideologischen Konzepten der Tabakkontrolle nicht vertraut war, hatte ich nicht vorhergesehen, dass diese Empfehlung bei Gesundheitsbehörden sofort den „Arzneimittel-Reflex“ auslösen würde. Raucherentwöhnung war – und ist bis heute – ein therapeutisches Verfahren zur medizinischen Behandlung von Rauchern. Würde man Gummibärchen zur Raucherentwöhnung empfehlen, müssten die Hersteller diese Produkte vermutlich als Arzneimittel registrieren lassen – und dürften sie nur mehr in Apotheken verkaufen. Für mich war – und ist nach wie vor – jeder Ausstieg aus dem Rauchen eine Form der Raucherentwöhnung, und zwar unabhängig davon, ob man mit Nicorette®, einem Stressball, Gummibärchen oder eben E-Zigaretten aussteigt. Diese Auffassung wird leider von den meisten Gesundheitsorganisationen und Behörden nicht geteilt. Jedenfalls haben in Österreich sowohl die AGES als auch das Gesundheitsministerium die E-Zigarette von Ruyan als Medizinprodukt und nikotinhaltige Liquids als registrierungspflichtige Arzneimittel eingestuft.

Da das Meinungsäußerungen ohne gesetzliche Bedeutung waren, startete René Derler im Frühsommer 2006 mit dem Direktvertrieb von Ruyan E-Zigaretten in Österreich und hielt diesen bis Mitte 2007 aufrecht. Viele österreichische Händler wagten es jedoch aufgrund der Verlautbarungen des Gesundheitsministeriums lange Zeit nicht, nikotinhaltige Liquids zu verkaufen. Erst 2014 sorgte die Europäische Tabakproduktrichtlinie (TPD2) für seit langem fällige Rechtssicherheit betreffend den Handel nikotinhaltiger Liquids außerhalb des Arzneimittelgesetzes.

Warum habe ich die E-Zigarette von Ruyan damals euphorisch begrüßt und empfehle Rauchern auch heute noch ebenso euphorisch den Umstieg? Wie viele andere habe ich im zarten Alter von 13

Jahren mit dem Rauchen begonnen – richtig coole Männer rauchen, und selbstverständlich wollte ich dazugehören. Als ich später erkannte, dass ich damit nicht nur meine Geldbörse, sondern vor allem meine Gesundheit nachhaltig schädige, war es zu spät. Unzählige Entwöhnungsversuche mit Hilfe von Nicorette®, Allen Carr, eisernem Willen, Gruppendynamik und anderem waren allesamt nach spätestens sechs Monaten gescheitert. Irgendwann hatte ich mich selbst aufgegeben und meinen zunehmend schlechteren Gesundheitszustand als unveränderlich akzeptiert. Wenn mein jüngster Sohn sich beim abendlichen Vorlesen in seinem Bett beklagt hatte, ich würde entsetzlich stinken, sagte ich ihm er solle nicht so zimperlich sein. Als Raucher hatte ich meine Gesundheit schwer geschädigt und Familie, Freunde und Arbeitskollegen durch permanenten Gestank belästigt.

Und dann bin ich eben über E-Zigaretten gestolpert. Anfangs waren die Geräte unzuverlässig und wenig effizient. Weder die von Ruyan, noch ihre kaum verbesserten Nachfolger benutzte ich regelmäßig und hatte stattdessen weiterhin geraucht. Anfang 2012 schickte mir jedoch Kollege Jürgen Ruhlmann ein Starterset der von ihm entwickelten Snoke® für ein Gutachten. Ohne es zu bemerken hatte ich den ganzen Tag an dieser kleinen, relativ schwachbrüstigen E-Zigarette gezogen und statt 30 plötzlich nur mehr drei bis vier Zigaretten täglich geraucht. So ging das etwa drei Wochen lang, bis mein Vorrat an Tabakzigaretten erschöpft gewesen war und ich mich entscheiden musste. – Ich habe mich damals gegen eine neue Stange Tabakzigaretten und stattdessen für eine leistungsstärkere E-Zigarette entschieden. Das war Anfang Februar 2012. Seither habe ich, abgesehen von der einen oder anderen ekelhaften „Testzigarette“, nicht mehr geraucht. Meine damals schwerwiegenden gesundheitlichen Probleme, vor allem nahezu permanente Infektionen der Atemwege und schwerer Husten, waren innerhalb weniger Wochen verschwunden. Ich war ein neuer Mensch! Durch E-Zigaretten wurde ich trotz offensichtlich extremer Abhängigkeit von Tabakzigaretten zwang- und schmerzlos zum Nichtraucher. Und Millionen Umsteiger weltweit erzählen ähnliche Geschichten.

In diesem Buch werde ich versuchen, die Vorteile des Umstiegs vom Rauchen auf das Dampfen anhand der verfügbaren Fakten darzulegen. In der biomedizinischen Datenbank *Medline* findet man zurzeit etwa 26.000 Publikationen zum Thema Tabak, Nikotin und E-Zigaretten. Bei Einschränkung auf E-Zigaretten sind es noch immer über 5.000 Arbeiten. Das zeigt uns erstens, dass die Aussage, über E-Zigaretten sei noch wenig bekannt, nicht zutreffend ist. Und zweitens zeigt das, dass es unmöglich ist, das verfügbare Wissen auch nur annähernd vollständig in einem schmalen Band wiederzugeben. Ich musste daher eine Auswahl treffen. Aufgrund meiner persönlichen Erfahrung, die man auch als Befangenheit werten könnte, ist diese Auswahl naturgemäß subjektiv. Kritiker mögen das als *cherry picking* bezeichnen, allerdings habe ich durchwegs verlässliche Studien mit Aussagekraft ausgewählt und werde auch die Argumente der Gegner anführen und diskutieren. Die Gründe warum ich diese für wenig überzeugend halte, sollten aus dem Text hervorgehen. Von den finanziellen und ideologischen Motiven der Gegner kann ich nur die Oberfläche freilegen, für eine eingehende Analyse ist dieser Sumpf zu tief.

Viele Themen, die für Dampferinnen und Dampfer von Interesse sein könnten, muss ich aus Gründen mangelnder Kompetenz und Zuständigkeit weglassen. Das sind wirtschaftliche Aspekte wie Markttrends, Verkaufszahlen, Umsätze einzelner Firmen und dergleichen. Ebenso ausklammern werde ich soziologische Aspekte, also Fragen nach den Motiven bestimmter Kohorten E-Zigaretten zu nutzen oder das nicht zu tun und Fragen nach dem Zusammenhang von Geschlecht, Alter, Sozialstatus usw. mit der Prävalenz des Dampfens. Und zuletzt möchte ich betonen, dass die Vor- und Nachteile bestimmter Geräte oder die Beurteilung des Geschmacks von Liquids nicht Thema dieses Buchs sind. Ich biete auch keine technischen Anleitungen zum Betrieb von E-Zigaretten, zur Akkusicherheit oder zur Anfertigung schicker Wicklungen. Dazu verweise ich meine Leserinnen und Leser auf die diversen deutschsprachigen Dampferforen, Facebook-Usergroups und unzählige informative Youtube-Videos und Blogs. Im Herbst 2019 hat der Suchtforscher Professor Heino Stöver einen Sammelband mit dem Titel „Ratgeber E-Zigarette: Einsteigen, Umsteigen, Aussteigen“ herausgegeben, in dem 15 Fachleute, darunter auch Nutzer von E-Zigaretten ihre jeweiligen

Positionen darlegen [1]. Die Darstellung des Themas wird daher in dem Ratgeber ausgewogener erscheinen, und dort findet man auch zahlreiche nützliche Tipps und Informationen rund um das Dampfen. Das vorliegende Buch kann und soll diesen Ratgeber nicht ersetzen.

## 2. Rauchen

### 2.1. SCHÄDLICHKEIT

Heutzutage ist wohl allen Raucherinnen und Rauchern bekannt, dass ihre Gewohnheit schwerwiegende Schäden für die Gesundheit zur Folge hat. Bei der Verbrennung von Tabak und Zigarettenpapier entstehen mehrere tausend Stoffe, von denen viele krebserregend oder anderweitig toxisch sind und die Entstehung tödlicher Erkrankungen wie Krebs, Herzinfarkt, Schlaganfall und schwerwiegende Lungenschäden fördern. Neben nachweislich krebserregenden polyzyklischen Kohlenwasserstoffen, Blausäure und mehreren toxischen Carbonylverbindungen entsteht aufgrund unvollständiger Verbrennung des Tabaks bei 800 bis 1000 °C auch Kohlenstoffmonoxid (CO), das als Verursacher von Rauchgasvergiftungen bekannt ist. CO bindet im Blut an Hämoglobin und behindert dadurch die Sauerstoffversorgung aller Gewebe des Körpers. Zahlreiche Studien zeigen, dass Raucherinnen und Raucher deutlich erhöhte CO-Spiegel im Blut haben und somit chronisch an einer leichten Rauchgasvergiftung leiden. Mit einem einfachen Testgerät lässt sich CO auch in der Ausatemluft nachweisen. Dieser Kohlenstoffmonoxid-Atemtest dient unter anderem der Überprüfung von Abstinenz in klinischen Studien zur Raucherentwöhnung.

Raucherinnen und Raucher haben ein massiv erhöhtes Risiko für Lungenkrebs und andere bösartige Tumorerkrankungen und leiden an beeinträchtigter Lungenfunktion, vom gut bekannten morgendlichen Raucherhusten bis hin zu schweren irreversiblen und potentiell tödlichen Lungenerkrankungen (Emphysem, *COPD*). Durch Beeinträchtigung des Immunsystems sind sie häufiger von Infektionen der oberen Atemwege betroffen (Erkältungen, Schleimbildung, „Schnupfen“) als nicht rauchende Personen. Jeder zweite Raucher stirbt vorzeitig an den Folgen des Rauchens, die Lebenserwartung wird durch das Rauchen um mehrere Jahre verkürzt.

## 2.2 RAUCHERQUOTEN, ABHÄNGIGKEIT UND ENTWÖHNUNG

Die weltweiten Raucherquoten variieren mit Geographie, Geschlecht und Alter. Laut Erhebung von [statista.de](https://www.statista.de) betrug die Quote 2017 in der EU durchschnittlich etwa 18 Prozent. Das heißt jeder fünfte EU-Bürger raucht. Die länderspezifischen Unterschiede sind aber groß: Österreich und Deutschland liegen, was das Rauchen betrifft, im oberen europäischen Mittelfeld. Hier definiert sich ungefähr jeder Vierte als Raucher (28 bzw. 24 Prozent). Am meisten wird in Griechenland geraucht. Im südlichsten EU-Land greifen zwei von fünf Personen (37 Prozent) zur Zigarette. Am wenigsten rauchen die Schweden. Deren Raucherquote beträgt sieben Prozent, gerade einmal ein Fünftel der von Griechenland. Die länderspezifischen Raucherquoten spiegeln sich auch in den Mortalitätsraten bei Lungenkrebs wieder: In Griechenland sterben 60 Personen je 100.000 Einwohner an Lungenkrebs, in Schweden nur 37 (2016; Quelle: Eurostat 11/2019).

### **AUSFLUG IN DIE GRUNDLAGEN DER EPIDEMIOLOGIE: ASSOZIATION VS. URSACHE**

Gelegentlich wird argumentiert, man könne die Ursache von Erkrankungen oder Todesfällen niemals mit Sicherheit dem Rauchen zuschreiben. Das ist selbstverständlich richtig und trifft auch auf die diversen Gesundheitsrisiken vieler anderer Umwelt- und Lifestylefaktoren zu. Deshalb wird in solchen Fällen das Risiko in epidemiologischen Studien erfasst, in denen man exponierte Personen mit nicht exponierten Kontrollen vergleicht und das relative Risiko bei Exposition errechnet. So können Assoziationen erkannt werden, die allerdings nicht notwendigerweise auf einem kausalen Zusammenhang beruhen.

Häufig werden epidemiologische Ergebnisse durch Störfaktoren, sogenannte Confounder, verzerrt. Ein einfaches Beispiel wäre die erhöhte Sterblichkeit von Menschen mit grauen Haaren im Vergleich zu Kontrollen mit anderer Haarfarbe. Daraus würde wohl niemand schlussfolgern, dass graue Haare tödlich sind. In dem Fall ist das Lebensalter der offensichtliche Confounder. Confounding ist ein grundsätzliches Problem epidemiologischer Studien, sodass für die kausale Interpretation von Assoziationen weitere Kriterien herangezogen werden müssen, die von Bradford Hill 1965 publiziert wurden [2]. Das sind unter anderem Plausibilität und Dosisabhängigkeit, die im Fall des Zusammenhangs von Krebserkrankungen und Rauchen beide erfüllt sind. Tabakrauch enthält eine Vielzahl krebserregender Stoffe, sodass der Zusammenhang hoch plausibel ist. Und das relative Risiko nimmt mit der Anzahl der gerauchten Zigaretten und der Dauer der Raucherkarriere zu, ist also von der Dosis abhängig. Auch wenn man das im Einzelfall nicht beurteilen kann, ist der kausale Zusammenhang zwischen Rauchen und der Entstehung von Krebserkrankungen zweifelsfrei belegt. Daran ändert auch der berühmte Großvater nichts, der täglich 80 Zigaretten geraucht hat und mit 104 Jahren beim Klettern tödlich verunglückte.

Völlig auf Tabak verzichten Schweden aber dennoch nicht. Im Unterschied zu allen anderen EU-Mitgliedsstaaten ist in Schweden nikotinhaltiger Lutschtabak, auch Snus genannt, legal erhältlich und vor allem unter Männern sehr beliebt. Ob sich Snus auch außerhalb Schwedens durchsetzen würde, wissen wir nicht. Das Verbot von Snus in der EU ist aber in Anbetracht der Erfahrungen in Schweden und anderen skandinavischen Ländern sachlich nicht gerechtfertigt.

Die WHO und nationale Regierungen haben in den vergangenen Jahrzehnten drastische Maßnahmen zur Verminderung des Rauchens ergriffen: Rauchverbote, regelmäßige Erhöhungen der Tabaksteuer, Schockbilder, Informationskampagnen, staatliche Förderung von Entwöhnungsprogrammen, soziale Ausgrenzung von Raucherinnen und Rauchern („Denormalisierung des Rauchens“, siehe [10.1](#)) und vieles andere mehr. Dennoch haben die Raucherquoten weltweit nur marginal abgenommen. Die Betroffenen wissen, dass sie mit ihrem Verhalten ihre Gesundheit nachhaltig schädigen und mit hoher Wahrscheinlichkeit ihre

Lebenserwartung deutlich verkürzen. Dennoch nimmt die Mehrheit schwerwiegende finanzielle und soziale Einschränkungen in Kauf, anstatt dem vernünftigen Rat zu folgen und einfach aufzuhören [3,4].

„*Mit dem Rauchen aufzuhören ist kinderleicht. Ich habe es schon hundertmal geschafft.*“ Diese pointierte Bemerkung von Mark Twain trifft den Nagel auf den Kopf. Laut Umfragen würden etwa vier von fünf Raucherinnen und Raucher gerne aufhören, langfristig scheitern aber die meisten Versuche. Es ist internationaler wissenschaftlicher Konsens, dass die Schädlichkeit des Rauchens vorwiegend auf der Inhalation toxischer Verbrennungsprodukte beruht und nicht auf den biologischen Wirkungen von Nikotin. Diese Erkenntnis war die Grundlage für die Entwicklung nikotinhaltiger Arzneimittel zur Unterstützung der Raucherentwöhnung. Es bestand die Hoffnung, Raucherinnen und Raucher würden ihr Nikotin nicht mit Tabakrauch, sondern mit Kaugummis, Pflastern oder Inhalatoren konsumieren und so ihren Nikotinbedarf ohne Inhalation schädlicher Verbrennungsprodukte decken. Leider zeigten klinische Studien, dass diese sogenannten Nikotinersatzprodukte langfristig kaum effektiver sind als Placebo. Eine wesentliche Komponente der Zigarettenabhängigkeit ist die Gewöhnung an ein Verhalten, an das „Rauchritual“, das die Arzneimittel nicht ersetzen. Daher wird von den medizinischen Fachgesellschaften zur effizienten Raucherentwöhnung die Kombination von Nikotinprodukten mit Verhaltenstherapie und anderen psychotherapeutischen Verfahren empfohlen, wodurch die Einjahres-Erfolgsraten – je nach Methode und Studie – von etwa drei auf zehn bis zwanzig Prozent erhöht werden.

## 2.3 SCHADENSMINIMIERUNG

Nahezu alle Tätigkeiten unseres Lebens sind mit einem kleinen – manche auch mit einem größeren – Risiko verbunden. Das betrifft Autofahren und Sport ebenso wie viele Speisen und Getränke, die wir regelmäßig konsumieren. Nichts ist mit hundertprozentiger Gewissheit „harmlos“, und Unschädlichkeit lässt sich grundsätzlich nicht beweisen (mehr dazu in den Abschnitten 10.4 und 10.5). Anstatt mit einem gewissen Risiko verbundene Tätigkeiten zu verbieten und so hundertprozentige Sicherheit zu gewährleisten, versucht der Gesetzgeber das Risiko zu minimieren. Als illustratives Beispiel möchte ich das Autofahren heranziehen. Laut Statistik Austria waren im Jahr 2019 in Österreich 409 Verkehrstote zu beklagen, darunter 16 Kinder. Außerdem wurden bei 36.856 Unfällen 46.525 Personen verletzt, davon 7.631 schwer. Diese Schäden für Leib und Leben könnte man durch ein Generalverbot des Autofahrens oder flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung auf 20 km/h mit 100-prozentiger Gewissheit verhindern. Aus naheliegenden Gründen sind das keine sinnvollen Optionen. Daher versucht man die schädlichen Folgen des Autofahrens durch gesetzliche Regelungen zu minimieren: Gurtenpflicht, ABS, Airbags, regelmäßige Fahrzeugüberprüfungen, streng kontrollierte Verkehrsregeln, Verbot von Smartphones ohne Freisprechanlage – und nicht zuletzt Abschreckung vor Zuwiderhandlungen durch Androhung strenger Strafen. Das Prinzip der Schadensminimierung ist in nahezu allen Bereichen unseres Lebens fest verankert. Auch in der Drogenprävention wurden die Vertreter einer strikten Abstinenzstrategie weitgehend überzeugt: Programme zum Nadelaustausch, kontrollierte Heroin-Substitution oder Verteilung von Kondomen zur HIV-Prophylaxe sind heute in den meisten Ländern etablierter Standard. Bei der Therapie der Alkoholabhängigkeit steht seit einigen Jahren die pharmakotherapeutische Reduktion des Alkoholkonsums mit Nalmefen (Handelsname: Selincro®) als Alternative zum Ziel vollständiger Abstinenz zur Verfügung.

Während also in den meisten Bereichen das Idealziel absoluter Abstinenz zugunsten der Minimierung des Schadens aufgegeben wurde, lehnt eine Mehrheit der Gesundheitsexperten in der Tabakkontrolle das Konzept der Schadensminimierung („*tobacco harm reduction*“) ab. Die WHO und mit ihr assoziierte Gesundheitsorganisationen bekämpfen etwa E-Zigaretten mit allen Mitteln ([Abb. 1](#)), und man beharrt auf der Maxime „Quit or Die“. Die zugrunde liegenden Ursachen sind vielfältig und werden gegen Ende dieses Buchs in [Kapitel 11](#) diskutiert.

# Deutsche Gesetzgebung zur E-Zi



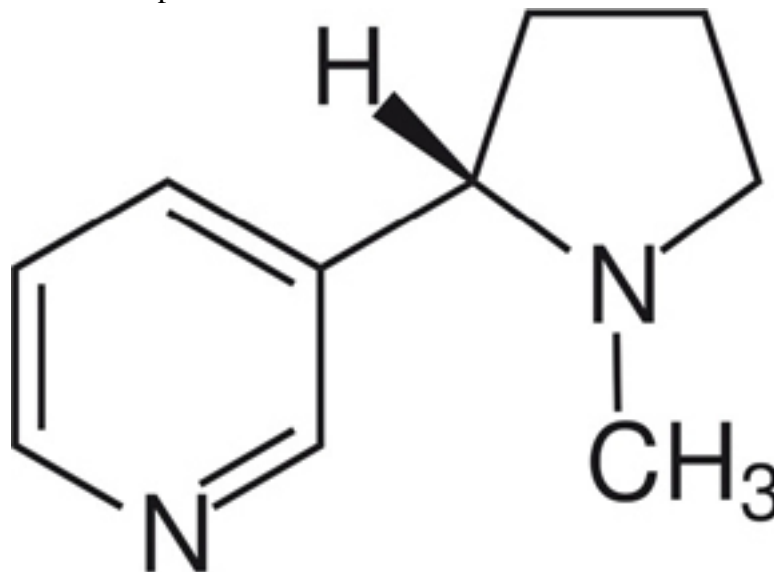
**Abbildung 1:** Der Kampf gegen E-Zigaretten. Mit freundlicher Genehmigung von Pauline Ullrich, Grafikerin, Kunsttherapeutin und Coach.

## **2.4 E-ZIGARETTEN: ALTERNATIVE FÜR RAUCHER ZUR SCHADENSMINIMIERUNG**

Trotz aller Bemühungen versagen in den meisten Fällen die von den medizinischen Fachgesellschaften empfohlenen und in den medizinischen Leitlinien verankerten Verfahren zur Raucherentwöhnung. Außerdem betrachten viele Raucherinnen und Raucher Zigaretten als Genussmittel und sehen Rauchen nicht als Krankheit sowie sich selbst nicht als behandlungsbedürftige Patienten. Sie lehnen medizinische „Behandlung“ ihres Verhaltens ab und bestehen auf ihrem Grundrecht der Entscheidungsfreiheit. Die ethisch vielschichtige Frage, ob gesundheitsschädigendes Verhalten der Entscheidungsfreiheit des Einzelnen obliegt, kann und möchte ich hier nicht beantworten. Ich werde aber eine alternative Form des Nikotinkonsums vorstellen, die es erlaubt, das jahre- oft sogar jahrzehntelang konditionierte Rauchverhalten aufrecht zu erhalten, ohne gesundheitsschädlichen Tabakrauch zu inhalieren. Seit etwa 15 Jahren stehen uns Geräte zur Verfügung, die durch Erhitzung nikotinhaltiger Lösungen einen Nebel (umgangssprachlich Dampf) erzeugen, der mit Hilfe eines Mundstücks inhaliert wird. Man raucht also nicht, sondern dampft. Da diese Geräte als Ersatz für Tabakzigaretten dienen und mit Strom betrieben werden, wurden sie elektronische Zigaretten (E-Zigaretten) genannt. Diese Bezeichnung sorgt in der Bevölkerung gelegentlich für Verwirrung und hat vermutlich erheblich zur fälschlichen Gleichsetzung des Rauchens mit dem Dampfen durch Behörden und die Politik beigetragen [5]. Die Bezeichnung „E-Zigarette“ ist allerdings mittlerweile dermaßen gut etabliert, dass eine Änderung der Terminologie hoffnungslos erscheint. Dieser Tatsache Rechnung tragend werde ich den Terminus „E-Zigaretten“ beibehalten. Allerdings werde ich penibel auf die Unterscheidung zwischen „Dampfen“ (Inhalation von Nebel) und „Rauchen“ (Inhalation von Verbrennungsrauch) achten.

### 3. Nikotin

Als ich vor einigen Jahren beim Aufnahmegespräch vor einer ärztlichen Untersuchung meinen Kardiologen informiert hatte, dass ich früher starker Raucher war, hat er *Ex-Nikotinabusus* in die Anamnese geschrieben. Diese Gleichsetzung des Rauchens mit „Nikotinmissbrauch“ ist auch außerhalb der medizinischen Fachkreise in der Bevölkerung fest verankert. Über Jahrzehnte hinweg war das Zigarettenrauchen die bei weitem vorherrschende Form des Nikotinkonsums. Und noch immer sind viele Menschen der Überzeugung, dass die Schädlichkeit des Rauchens vorwiegend auf den Effekten von Nikotin beruht. Tatsächlich hat aber bereits in den 1970er Jahren der 2009 verstorbene Professor Michael Russell, den man als Vater von *tobacco harm reduction* bezeichnen könnte, diesen Mythos zu beseitigen versucht: „*People smoke for the nicotine but they die from the tar*“, erklärte er 1976 in der Einleitung einer Publikation im *British Medical Journal* [6]. Man raucht wegen des Nikotins, aber man stirbt am Teer. Dieses berühmte Zitat hat bis heute nichts an Aktualität und Bedeutung eingebüßt. Auf einer Informationsseite von Nicorette® wird Raucherinnen und Rauchern durch Hinweise auf die geringe Schädlichkeit von Nikotin die Sorge vor medizinischen Nikotinersatzprodukten genommen. Auch viele Gegner empfehlen diese Produkte, warnen aber im gleichen Atemzug vor der Gefährlichkeit von Nikotin in E-Zigaretten. Die Hintergründe der erstaunlichen Verwandlung einer vergleichsweise harmlosen Substanz in ein tödliches Sucht- und Nervengift, sobald sie nicht in Form eines registrierten Arzneimittels, sondern mittels E-Zigaretten konsumiert wird, werden wir später beleuchten.



(S)-Nikotin

(S)-(-)-1-Methyl-2-(3-pyridyl)pyrrolidin

### 3.1 BIOLOGISCHE EFFEKTE

Nikotin kommt in zwei spiegelbildlichen Konformationen vor. Die Blätter von Tabakpflanzen enthalten (S)-Nikotin (in der Strukturformel als dicker Pfeil dargestellt), das biologisch etwa 10-mal aktiver ist als die R-Konformation. Ohne aufwändige Isomerentrennung liefern chemische Syntheseverfahren eine Mischung der beiden Formen, die man als *Racemat* bezeichnet. Nahezu alle nikotinhaltigen Produkte, die derzeit am Markt sind – inklusive Arzneimittel und Liquids – enthalten aus Tabak isoliertes (S)-Nikotin. Die Substanz ist auch in den Blättern anderer Nachtschattengewächse enthalten, beispielsweise Tomaten, Kartoffeln, Paprikas und Auberginen ([Abb. 2](#)). Hersteller von Liquids in den USA überlegen, aus anderen Pflanzen gewonnenes Nikotin zu verwenden, um die FDA-Regulierung der Liquids als Tabakprodukte zu umgehen. Gelegentlich wird in den sozialen Medien mit dem Nikotingehalt dieser Lebensmittel argumentiert, das heißt, man würde auch durch das Essen von Kartoffeln Nikotin zu sich nehmen. Dabei wird aber nicht bedacht, dass wir nicht die Blätter, sondern die Früchte, genauer gesagt die Knollen dieser Pflanzen verzehren, also Bestandteile, deren Nikotingehalt vernachlässigbar ist. Gemäß einer publizierten Analyse enthalten 500 kg Kartoffeln 1 mg Nikotin [7], wovon bei Verzehr 0,2 mg ins Blut gelangen und systemisch wirksam würden (siehe [3.2.](#)).



**Abbildung 2:** Einige Nachtschattengewächse, die durch Nikotin in den Blättern vor Insekten und anderen Fressfeinden geschützt sind – v.l.n.r.: *Nicotiana tabacum* (Tabakpflanze), *Solanum lycopersicum* (Tomate), *Solanum melongena* (Aubergine) und *Capsicum* (Paprika).

Im menschlichen Körper imitiert Nikotin einen Teil der Wirkungen des Neurotransmitters Acetylcholin und bewirkt dadurch eine leichte Erhöhung von Herzfrequenz und Blutdruck. Diese Effekte sind harmlos und ähneln jenen von Koffein oder leichter körperlicher Betätigung. Klinische Studien, in denen man die langfristigen Konsequenzen von Nikotinersatzprodukten untersucht hat, erbrachten keinen Hinweis auf ein erhöhtes Risiko für schwerwiegende Erkrankungen des Herzkreislauf-Systems [8,9]. Dennoch sollten Personen mit schweren kardiovaskulären Erkrankungen wie etwa überstandenem Herzinfarkt, Schlaganfall oder peripherer arterieller Verschlusskrankheit („Schaufensterkrankheit“) sicherheitshalber ihren Nikotinkonsum möglichst einschränken oder ganz darauf verzichten. Die Ergebnisse klinischer Studien sind nicht in Stein gemeißelt, und der Teufel schläft bekanntlich nicht.

Neben den typischen, gut untersuchten Wirkungen auf das Herzkreislauf-System wurden in der Fachliteratur vielfältige biologische Effekte von Nikotin beschrieben, deren Relevanz für unsere Gesundheit unklar ist. Herausgreifen möchte ich den möglichen Einfluss des Nikotinkonsums auf Krebserkrankungen. Nikotin ist nicht als krebserregend eingestuft, da es keinen belastbaren Hinweis auf krebserregende Wirkungen gibt. Allerdings fördert Nikotin die Neubildung von Blutgefäßen, die

sogenannte *Angiogenese* [10]. Dieser Prozess ist wichtig für die Wundheilung, führt allerdings bei bestehenden Krebserkrankungen zu einer verbesserten Blutversorgung des Tumors und hat damit beschleunigtes Tumorwachstum zur Folge. Versuche mit Labortieren zeigten derartige Effekte von Nikotin und wiesen auch daraufhin, dass Nikotin die Wirksamkeit von Zytostatika, die in der Chemotherapie das Tumorwachstum bremsen sollen, beeinträchtigen könnten [11-13]. Im Bereich Tabak/Nikotin sind Ergebnisse aus Tierversuchen allerdings besonders schlecht oder gar nicht auf den Menschen übertragbar (siehe [Kapitel 8](#)), sodass es unklar ist, ob die Befunde zur Beschleunigung des Tumorwachstums in Labortieren für den Nikotinkonsum mittels E-Zigaretten relevant sind. Bei lebensbedrohlichen Erkrankungen sollte man aber nicht hasardieren, und ich empfehle daher Personen mit Krebserkrankungen sicherheitshalber, wenn möglich, auf Nikotin zu verzichten.

Nikotin hat aber auch positive Wirkungen, die von der Tabakkontrolle unter den Teppich gekehrt werden, um die politisch erwünschte Denormalisierung des Rauchens nicht zu gefährden. Im Vordergrund steht dabei die entzündungshemmende Wirkung, auf der wahrscheinlich die Schutzwirkung gegen die *Colitis ulcerosa*, einer ausgesprochen unangenehmen entzündlichen Darmerkrankung, beruht. Raucherinnen und Raucher leiden wesentlich seltener an dieser Krankheit, und die Wirksamkeit der Therapie mit Nikotinplastern ist in klinischen Studien dokumentiert [14,15]. Aus unbekanntem Gründen schützt Nikotin aber nicht gegen *Morbus Crohn*, einer mit der *Colitis ulcerosa* verwandten Erkrankung. Auch bei Autoimmunerkrankungen [16] wie der Sarkoidose, einer auch in der Lunge auftretenden Bindegewebserkrankung, verbesserte Nikotin die Symptomatik [17]. Im Gehirn scheint die entzündungshemmende Wirkung von Nikotin zur geringeren Häufigkeit von *Morbus Parkinson* [18,19] und *Morbus Alzheimer* [20,21] unter Raucherinnen und Rauchern beizutragen.

Besonders interessant sind die psychischen Effekte von Nikotin. Häufig beklagen sich Raucherinnen und Raucher über mangelnde Konzentrationsfähigkeit im Rahmen von Entwöhnungsversuchen. Und tatsächlich zeigen klinische Studien eine Verbesserung kognitiver Leistungen wie Lernen, Gedächtnis und Konzentration durch Nikotin [22,23], während Nikotinentzug im Zuge der Raucherentwöhnung kognitive Beeinträchtigungen zur Folge hat [24]. Der Neurowissenschaftler Paul Newhouse untersucht seit langem die therapeutische Wirksamkeit von Nikotinbehandlung bei Personen mit leichter geistiger Behinderung [25,26]. Die Therapie mit Nikotin wird aufgrund des angeblich hohen Suchtpotentials (siehe [3.4.](#)) abgelehnt, aber analoge Substanzen, die bestimmte Nikotinrezeptoren im Gehirn stimulieren, werden zur Therapie diverser kognitiver Störungen und psychischer Erkrankungen in Betracht gezogen [27]. Kontrovers beurteilt werden die Effekte von Nikotin bei Erkrankungen wie der Schizophrenie [28,29] oder der Aufmerksamkeitsdefizit-Störung mit oder ohne Hyperaktivität, dem AD(H)S [30]. Bei beiden Erkrankungen ist die Raucherquote wesentlich höher als in der Normalbevölkerung, bei Schizophrenie beträgt sie bis zu 80 Prozent. Manche Fachleute gehen davon aus, dass sich die Patienten unbewusst selbst mit Nikotin behandeln und kritisieren die strikten Rauchverbote in psychiatrischen Kliniken. An Schizophrenie erkrankte Personen zeigen aber insgesamt verstärktes Suchtverhalten, sind also zum Beispiel auch eher alkoholabhängig als Gesunde. Somit könnte die hohe Raucherquote auch eine Ausprägung des Suchtverhaltens sein, was die Selbsttherapie-Hypothese des Rauchens bei Schizophrenie in Frage stellt [31].

Mit dem Effekt von Nikotin auf AD(H)S habe ich mich selbst näher beschäftigt. Eine kürzlich publizierte Studie zeigt, dass junge Erwachsene mit ADHS signifikant stärker zur Selbstverabreichung von Nikotin neigen als Kontrollgruppen [32], sodass die höheren Raucherquoten unter Betroffenen offenbar auf Neigung zum Nikotinkonsum zurückzuführen sind. Allerdings stellt sich auch hier die Henne-Ei Frage: Verursacht die kognitive Störung die Vorliebe für Nikotin oder verbessert Nikotin die Symptomatik? Die Fachliteratur dazu ist kontrovers, aber in persönlichen Mitteilungen haben mir Betroffene einhellig berichtet, dass sich ihre Symptome bei Nikotinkonsum, entweder durch Rauchen oder mittels E-Zigaretten, verbessern und nach Entzug

wieder verschlechtern. Nachdem diese Erfahrungsberichte auch durch vereinzelte klinische Studien bestätigt wurden, wird die therapeutische Wirksamkeit von Nikotin zur Behandlung des AD(H)S auch von Fachleuten in Erwägung gezogen [27].

## 3.2 TOXIZITÄT

Häufig liest man Nikotin sei ein tödliches Nervengift. Das ist grundsätzlich richtig, aber nur die halbe Wahrheit. Um das zu verstehen müssen wir zunächst klären, welche Stoffe als Gifte zu bezeichnen sind. In der Bevölkerung besteht vermutlich Einigkeit, dass die aus Kriminalromanen gut bekannten Stoffe Arsenik oder Kaliumcyanid („Blausäure“) Gifte sind, wohingegen Kochsalz oder Arzneimittel gemeinhin als nützlich erachtet werden. Diese Unterscheidung ist wissenschaftlich allerdings nicht haltbar. Bereits vor 500 Jahren hat Paracelsus erkannt, dass der Begriff „Gift“ oder „giftig“ immer auf eine Dosis Bezug nehmen muss. Oder wie das in einem Standard-Lehrbuch der Toxikologie formuliert ist: *Es mag ein Dosisbereich existieren, in dem ein bestimmtes Agens eine giftige Wirkung entfaltet. Es gibt immer auch Expositionsbereiche eines Agens, die keine unerwünschten Wirkungen auslösen.* [33] Um beim Beispiel Blausäure zu bleiben: Bittermandeln, Aprikosenkerne und andere pflanzliche Nahrungsmittel enthalten Bestandteile (Glykoside), die im Körper Blausäure freisetzen. Dennoch ist der Verzehr geringer Mengen unbedenklich. Unter Berücksichtigung der Dosisabhängigkeit biologischer Wirkungen werden von den Behörden deshalb Grenzwerte für die Aufnahme potentiell schädlicher Substanzen definiert. Im Fall von Cyanid beträgt der tägliche Grenzwert 20 mg pro Kilogramm Körpergewicht. Für einen 60 kg schweren Menschen ist demnach die über den Tag verteilte Aufnahme von bis zu 1,2 Gramm Cyanid nicht „giftig“. Umgekehrt kann der Verzehr von an sich als „ungiftig“ angesehenen Lebensmitteln durchaus fatal enden: 150 Gramm Kochsalz können tödlich sein. In hoher Dosierung wirkt also ein Stoff, den jeder von uns im Küchenschrank aufbewahrt und täglich benutzt, als tödliches Gift. Für das gut verträgliche, auch für Kleinkinder und schwangere Frauen zugelassene Schmerzmittel Paracetamol (zum Beispiel Mexalen®) beträgt die empfohlene Einzeldosis 0,5 Gramm, die tägliche Maximaldosis 2 Gramm. Aber bereits ab einer Dosis von etwa 8 Gramm führt Paracetamol zu schweren, lebensbedrohlichen Leber- und Nierenschäden. In Abhängigkeit von der Dosis ist diese Substanz entweder ein hilfreiches Schmerzmittel für Babys oder tödliches Gift.

Aber nun zum Nikotin. Die Wirkungen von Nikotin beruhen auf der Stimulierung von bestimmten Rezeptoren auf Nervenzellen, die durch den Neurotransmitter Acetylcholin aktiviert werden. Nikotin imitiert also ein körpereigenes Wirkprinzip. In dem beim Rauchen oder Dampfen erzielten Konzentrationsbereich regt Nikotin die Zellen zur Aktivität an, hat also einen stimulierenden Effekt. In mehr als 100-fach höherer Konzentration kehrt sich dieser Effekt jedoch um, sodass die Funktion der Nervenzellen blockiert wird und Nikotin seine neurotoxische Wirkung als Nervengift entfaltet.

Die Wirkumkehr beruht dabei auf der Dauerstimulierung der Acetylcholin-Rezeptoren, die zu einer Aktivitäts-Blockade der Nervenzellen führen. Auf einem ähnlichen biochemischen Effekt beruht auch die relaxierende Wirkung von Suxamethonium (Succinylcholin), einem Mittel, das bei chirurgischen Eingriffen zur Entspannung der Skelettmuskulatur verwendet wird. Eine Wirkung, die im übrigen auch Curare-Derivate entfalten, die als muskellähmende Pfeilgifte südamerikanischer Indianer bekannt sind.

Nunmehr stellt sich die wesentliche Frage, unter welchen Umständen die Nikotinkonzentration im Blut so hoch werden kann, dass die neurotoxische Wirkung von Nikotin zum Tragen kommt. Nikotin wird im Körper rasch abgebaut und verteilt sich in zahlreichen Geweben, sodass bei kontinuierlicher Zufuhr kleiner Mengen, wie das beim Rauchen oder Dampfen der Fall ist, gefährliche Blutspiegel niemals erreicht werden. Es stellt sich ein Fließgleichgewicht (*steady state*) ein, das den Anstieg der Nikotinkonzentration im Blut limitiert. Außerdem löst Nikotin bereits bei leichter Überdosierung unangenehme Wirkungen wie Schwindel, Kopfschmerzen und – in Extremfällen – Erbrechen aus, die uns zur Unterbrechung der Aufnahme veranlassen: man legt eine Rauch- oder Dampfpause ein. Somit stellt man durch Anpassung des Rauchverhaltens unbewusst optimale

Nikotinspiegel ein, man „titriert“ die erforderlichen Blutspiegel an Nikotin, ohne sich dessen bewusst zu sein. Diese *Selbsttitration* mit Nikotin ist für das Rauchen seit langem dokumentiert, und aktuelle Studien zeigten das auch für das Dampfen [34]. Das von Frau Dr. Martina Pötschke-Langer bei einer Anhörung im deutschen Bundestag gezeichnete Schreckensbild von Dampferinnen und Dampfern, die bis zur Bewusstlosigkeit an ihren E-Zigaretten ziehen [35], ist daher realitätsfern und als Science Fiction zur Bekämpfung von E-Zigaretten einzustufen.

Ernsthafte Vergiftungserscheinungen bis hin zum Tod treten nur auf, wenn größere Mengen an Nikotin als *Bolus* („auf einen Sitz“) aufgenommen werden. Bei oraler Aufnahme (Verschlucken) von Nikotin in Form von Tabak oder nikotinhaltigen Flüssigkeiten wird nur etwa ein Fünftel der verschluckten Menge im Körper wirksam, der Rest wird in der Leber abgebaut und ausgeschieden. Fachleute nennen den Anteil eines Wirkstoffs, der ins Blut gelangt und systemisch wirksam werden kann *Bioverfügbarkeit*. Definitionsgemäß beträgt die Bioverfügbarkeit eines Stoffes bei intravenöser Verabreichung 100 Prozent, da in dem Fall die gesamte Menge direkt in das Blut injiziert wird und dort wirksam werden kann. Je nachdem, wie man einen Wirkstoff zuführt (appliziert), kann die Bioverfügbarkeit aber variieren. Wie ist das bei Nikotin? Bei Verschlucken ist sie, siehe oben, gering. Beim „Lungenzug“ ist sie hoch. Bei inhalativer Applikation oder „bukkal“ über die Mundschleimhaut, wird Nikotin nahezu vollständig aufgenommen. [36].

Neben der Bioverfügbarkeit ist auch die Geschwindigkeit der Aufnahme von Stoffen zu berücksichtigen. Wenn man Nikotin verschluckt, muss die Substanz zunächst in den Dünndarm und gelangt über die Pfortader und die Leber ins Blut. Das dauert je nach Füllung des Magen-Darmtrakts 30 bis 60 Minuten. Auch über die Haut wird Nikotin aufgrund der Barrierefunktion der Epidermis nur sehr langsam aufgenommen [37,38]. So geben die sogenannten Pflaster (*transdermale therapeutische Systeme*, TTS) das enthaltene Nikotin nur langsam über einen Zeitraum von 12 bis 24 Stunden ab. Deshalb ist auch die Gefahr von Nikotinvergiftung bei versehentlicher Kontamination der Haut vernachlässigbar. Selbst hochkonzentrierte Nikotinlösungen verursachen keinen merkbaren Effekt, wenn man sich nach einem allfälligen Missgeschick die Hände wäscht.

Bei Aufnahme über die Mundschleimhaut (Lutschtabletten, Sprays) wird Nikotin wesentlich schneller aufgenommen, da der Umweg über den Magen-Darmtrakt und die Leber entfällt. Besonders schnelle Aufnahme beobachtet man bei Inhalation von Tabakrauch, da Nikotin im Rauch an feste Partikel gebunden ist, die aufgrund ihres geringen Durchmessers tief in die Lunge eindringen können und das Nikotin von den Lungenbläschen direkt ins Blut abgegeben wird. Häufig wird kolportiert, inhaliertes Nikotin würde im Gehirn binnen weniger Sekunden seine Wirkung entfalten. Das wurde aber durch eine elegante Studie widerlegt, in der die Aufnahme beim Rauchen mit einem bildgebenden Verfahren untersucht wurde. Es vergingen mehrere Minuten bis im Gehirn maximal wirksame Spiegel an Nikotin erreicht wurden [39].

Bei Inhalation nikotinhaltiger Aerosole aus E-Zigaretten scheint die Geschwindigkeit der Aufnahme etwas langsamer zu sein als beim Rauchen, wobei die in Studien gemessenen Werte allerdings stark variieren [40-43]. Die Geschwindigkeit ist wahrscheinlich nicht nur von der Nikotinkonzentration des Liquids und der eingestellten Leistung, sondern auch von der Zugtechnik abhängig (siehe [Kapitel 4](#)). So ist es denkbar, dass bei konventioneller Inhalation („Mund-zu-Lunge“) ein erheblicher Anteil des Nikotins bereits in der Mundschleimhaut und in den oberen Atemwegen aufgenommen wird und daher im Vergleich zur Inhalation „Direkt-auf-Lunge“ verzögert ins Blut gelangt. Dazu liegen aber bisher keine Untersuchungen vor. Unabhängig vom zeitlichen Verlauf sind die maximalen Nikotinkonzentrationen im Blut beim Dampfen ähnlich wie beim Rauchen.

### 3.3 TÖDLICHE NIKOTINDOSIS

Trotz der häufigen Warnungen vor Nikotinvergiftungen sind ernsthafte Vergiftungen selten. Auch Selbstmordversuche sind fast immer erfolglos. Das ist erstaunlich, da gemäß Lehrbüchern und Datenbanken bereits das Verschlucken von 60 mg Nikotin für einen erwachsenen Menschen tödlich sein soll. Diese Menge an Nikotin entspricht etwa einem Tropfen reines Nikotin oder dem Nikotingehalt des Tabaks von 5 Zigaretten. Demnach wäre Nikotin ähnlich giftig wie Kaliumcyanid («Zyankali»), dem Stereotyp eines Werkzeugs für Mord und Selbstmord. Das Verschlucken von 5 Zigaretten wäre für einen Erwachsenen tödlich, bei Kleinkindern könnte bereits eine Kippe ausreichen. Entsprechend häufig wird in den sozialen Medien vor den achtlos weggeworfenen Zigarettenresten auf Kinderspielflächen gewarnt, obwohl kein einziger Fall einer ernsthaften Vergiftung dokumentiert ist. Es handelt sich hier ganz offensichtlich um eine moderne Sage, oder – im aktuellen Jargon – um „urban legends“ oder „fake-news“.

Die ausgesprochen seltenen fatalen Fälle von Nikotinvergiftungen und andere Ungereimtheiten rund um die berühmte Dosis von 60 mg veranlassten mich im Sommer 2013 zur Suche nach der Quelle für diese allgemein akzeptierte letale Nikotindosis. Dabei lief ich lange im Kreis: ein Lehrbuch zitierte dazu eine Datenbank, diese wiederum eine andere Datenbank, wo dann ein weiteres Lehrbuch als Beleg angeführt wurde, bis ich am Ende wieder beim ersten Buch angelangt war. Somit war ich gezwungen, meine Suche auf die bereits etwas verstaubte deutschsprachige Literatur der Zwischenkriegszeit zu erweitern. Nach langem Stöbern und mit Hilfe der Mitglieder eines Internetforums führte mich ein Artikel aus den 1930er Jahren zu dem 1906 veröffentlichten *Lehrbuch der Intoxikationen* des Universitätsprofessors für Toxikologie in Rostock, Rudolf Kobert [44]. Kobert schätzte die Dosis von 60 mg aufgrund von Selbstversuchen, die Karl Damian von Schroff, Leiter des Pharmakologischen Instituts der Universität Wien, 1856 in seinem Lehrbuch *Pharmacologie* beschrieben hatte [45]. Demnach hatten die Versuchspersonen bereits nach Aufnahme von 4 mg Nikotin, was der Menge in einem Nikotin-Kaugummi entspricht, schwerwiegende Symptome bis hin zu Krampfanfällen und Bewusstlosigkeit. Welcher Fehler den damaligen Experimentatoren unterlaufen ist, lässt sich heute nicht mehr eruieren, aber geringe Mengen an Nikotin verursachen definitiv nicht derart schwerwiegende Symptome. Die Kobert'sche Schätzung der letalen Dosis beruhte also auf einem offensichtlich fehlerhaften Bericht, wurde aber über 100 Jahre lang von Lehrbuchautoren unreflektiert abgeschrieben und noch zu Beginn des 21. Jahrhunderts als allgemein gültig akzeptiert.

Somit galt es die tatsächliche letale Dosis abzuschätzen. Dazu lieferten in der Fachliteratur beschriebene letale und fast letale Vergiftungsfälle wertvolle Hinweise, in denen die aufgenommene Menge an Nikotin und dessen Konzentration im Blut dokumentiert waren. Mit diesen Informationen konnte ich den Grenzwert für die letale Dosis abschätzen, wobei ich den ursprünglich errechneten Wert von 2 Gramm vorsichtshalber auf 0,5 bis 1 Gramm reduziert hatte. Meine Schätzung wurde im Oktober 2013 online und im Jänner 2014 in Papierversion publiziert und ist mittlerweile allgemein akzeptiert [46]. Ausnahmen sind Gesundheitsorganisationen wie die *US Centers for Disease Control* (CDC), die einen langjährigen Kampf gegen Nikotin führen und alle Informationen unter den Teppich kehren, die diesen Kampf gefährden könnten. Auf der Webseite der CDC findet man daher noch immer die berühmten 60 mg mit einem Literaturzitat, das ins Nirwana führt [47].

Ich möchte aber betonen, dass man nikotinhaltige Lösungen dennoch mit Vorsicht handhaben sollte. Auch in deutlich niedrigerer Dosis kann Nikotin schweres Erbrechen und andere unerwünschte Wirkungen auslösen. Das betrifft vor allem Kinder, für die die gefährliche Dosis ihrem geringeren Körpergewicht entsprechend niedriger ist. In einem gewissen Alter tendieren Kleinkinder dazu alles zu schlucken was sie in die Finger bekommen. Es gab auch schon Verwechslungen aufgrund mangelhaft beschrifteter Gefäße. Wenn Papa konzentrierte Nikotinlösung in ein unbeschriftetes

Arzneifläschchen abfüllt und Mama später der kleinen Tochter davon zehn Milliliter verabreicht, kann das ein fatales Ende nehmen. Deshalb ist unbedingt dafür Sorge zu tragen, Gefäße mit nikotinhaltigen Liquids sorgfältig zu beschriften und außerhalb der Reichweite kleiner Kinder aufzubewahren. Das gilt allerdings gleichermaßen für viele Dinge unseres Lebens, die für Kinder gefährlich sind, vom WC-Reiniger über Spirituosen bis hin zu Tabakzigaretten.

### 3.4 HOHES SUCHTPOTENTIAL?

Das hohe Suchtpotential von Nikotin ist wohl der am weitesten verbreitete Mythos über das Rauchen. Die Suchtwirkung von Nikotin sei vergleichbar mit – wenn nicht sogar stärker als – jene von Heroin, hört und liest man regelmäßig. Wenn ich in Vorträgen die diversen Mythen rund um Nikotin sachlich und evidenzbasiert als Schauernmärchen entlarve, rufen meine Ausführungen zur „Nikotinsucht“ regelmäßig Zweifel an meiner Glaubwürdigkeit hervor. Von kopfschüttelndem Lächeln bis hin zu offener Feindseligkeit reichen die Reaktionen des Publikums. Die starke Abhängigkeit der meisten Raucherinnen und Raucher sei ja wohl offenkundig. Wie bereits im Abschnitt über die gesundheitlichen Aspekte geschildert, wird auch bei der Diskussion über Sucht und Abhängigkeit Nikotinkonsum mit dem Rauchen gleichgesetzt. Und es erweist sich als schwierig bis fast unmöglich, diese Gleichsetzung ohne Verlust von Glaubwürdigkeit sachlich und unaufgeregt zu hinterfragen.

Bevor ich den Versuch wage, das hier zu tun, möchte ich daran erinnern, dass Raucherinnen und Raucher nicht an ihrer Abhängigkeit sterben, sondern an den schädlichen Wirkungen der Inhaltsstoffe von Tabakrauch. Man würde eine Sucht gegen eine andere tauschen, wird häufig angeführt. Selbst wenn dieses Argument gegen den Umstieg auf E-Zigaretten gerechtfertigt wäre, sollte man das tatsächliche Problem nicht aus den Augen verlieren. Es stellt sich allenfalls die Frage, ob Abhängigkeit ohne Schädigung von sich selbst oder anderen eine Einschränkung der persönlichen Entscheidungsfreiheit darstellt, die zu vermeiden und gegebenenfalls medizinisch zu behandeln wäre. Diese ethisch/moralische Frage lässt sich nicht sachlich beantworten.

Die Abgrenzung von Sucht (englisch: *addiction*) und Abhängigkeit (englisch: *dependence*) ist ebenso schwierig wie eine allgemein akzeptierte Definition dieser Begriffe. Als Mitglied eines internationalen Netzwerks zu *tobacco harm reduction* hatte ich Gelegenheit, Diskussionen zur Definition dieser Begriffe von weltweit anerkannten Suchtexperten zu verfolgen, die letztendlich kein Ergebnis erbrachten. Auch die WHO kämpft seit Jahrzehnten mit der Terminologie und wird demnächst (ICD-11) auf die Verwendung dieser Begriffe gänzlich verzichten und stattdessen von *substance use disorder* (Substanzmissbrauch) sprechen. Ich bin kein Experte auf diesem Gebiet und fühle mich nicht dazu berufen, zu dieser Diskussion substantiell beizutragen.

Die WHO hat in ihrer Klassifikation von Krankheiten in der derzeit gültigen Fassung (ICD-10) Kriterien für die Abhängigkeit von Suchtmitteln erstellt (*substance use disorder*). Demnach ist die Diagnose „Abhängigkeit“ gerechtfertigt, wenn mindestens drei der folgenden Kriterien erfüllt sind (deutsche Übersetzung gemäß [drug.com.de](http://drug.com.de)):

- 1 Ein starker Wunsch oder eine Art Zwang, psychotrope Substanzen zu konsumieren.
- 2 Verminderte Kontrollfähigkeit in Bezug auf den Beginn, die Beendigung oder die Menge des Konsums.
- 3 Ein körperliches Entzugssyndrom bei Beendigung oder Reduktion des Konsums, nachgewiesen durch substanzspezifische Entzugssymptome oder durch die Aufnahme der gleichen oder nahe verwandter Substanzen, um Entzugssymptome zu vermindern oder zu vermeiden.
- 4 Nachweis einer Toleranz gegenüber der Substanz, im Sinne von erhöhten Dosen, die erforderlich sind, um die ursprüngliche durch niedrigere Dosen erreichte Wirkung hervorzurufen.
- 5 Fortschreitende Vernachlässigung anderer Vergnügungen oder Interessen zugunsten des Substanzkonsums sowie ein erhöhter Zeitaufwand, um die Substanz zu konsumieren oder sich von den Folgen zu erholen.

## 6 Anhaltender Substanzkonsum trotz des Nachweises eindeutig schädlicher Folgen.

Ob bei einem Großteil der Raucher drei dieser Kriterien erfüllt sind, weiß ich nicht. Mit Sicherheit fehlt aber das Kardinalsymptom substanzspezifischer Sucht, wonach Toleranz gegenüber dem Suchtstoff eine zunehmende Steigerung der zur Befriedigung erforderlichen Dosis zur Folge hat. Jedenfalls wäre ein beträchtlicher Anteil der Raucherinnen und Raucher gemäß WHO-Kriterien nicht abhängig, was aber Umfragen widerspricht, wonach 80 Prozent gerne aufhören würden, das aber nicht schaffen. Die WHO-Kriterien mögen für Heroinsucht anwendbar sein, sind aber offenbar nur sehr begrenzt für die Erfassung von Zigarettenabhängigkeit geeignet.

Als Alternative hat der schwedische Tabakforscher Karl Fagerström einen nach ihm benannten Test entwickelt, der mittels eines Punktesystems die Einstufung des Schweregrads der Nikotin- bzw. Zigarettenabhängigkeit ermöglichen soll [48].

Der Fagerström-Test (auf Seite 32) wurde in unzähligen Studien zum Abhängigkeitspotential des Rauchens eingesetzt. Die erzielte Punktezahl variiert mit Alter, Geschlecht, ethnischer Zugehörigkeit, Sozialstatus und anderen Faktoren, sodass die Angabe eines Mittelwerts weder möglich noch sinnvoll ist. Der Fragebogen wurde auch vielfach kritisiert und modifiziert. Besonders augenscheinlich ist, dass man selbst bei einer Punktezahl von 0 als „gering abhängig“ eingestuft wird, die Möglichkeit völliger Unabhängigkeit also nicht besteht. Zudem wurde gezeigt, dass die im Fagerström-Test ermittelte Punktezahl mit der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten korreliert [49], der komplexe Fragebogen demnach schlichtweg überflüssig wäre. Unabhängig von den teilweise kontroversen Zahlen aufgrund der WHO-Kriterien und des Fagerström-Tests ist das starke Abhängigkeitspotential des Rauchens wohl augenscheinlich. Im Folgenden werde ich kurz die Mechanismen beschreiben, die dieser Abhängigkeit zugrunde liegen.

Ein gemeinsames Merkmal aller suchterzeugenden Substanzen ist die Freisetzung von Botenstoffen im Gehirn, sogenannten Neurotransmittern, die das Belohnungs- und Belohnungserwartungssystem aktivieren. Durch die Aussendung positiver Reize signalisieren diese Systeme Lust und Freude und motivieren uns durch diese „Belohnung“ zur Wiederholung der lustvollen Handlung. Allerdings gewöhnen wir uns sehr rasch an die positiven Reize und das Belohnungssystem fordert mehr, es fordert Steigerung der Lust. Ein klassisches Beispiel dafür ist die Kaufsucht, bei der sich unmittelbar nach jedem Einkauf Unzufriedenheit einstellt und zur Befriedigung des Belohnungssystems der nächste Einkauf getätigt wird. Es wurde über Betroffene berichtet, bei denen hunderte nicht ausgepackte Warenpakete aufgefunden wurden. Wir tendieren also dazu, Handlungen zu wiederholen, die lustvolle Erfahrungen zur Folge hatten. Und das ist die Grundlage jeder Form von Sucht und Abhängigkeit.

### **FAGERSTRÖM-TEST FÜR ZIGARETTENABHÄNGIGKEIT**

#### **Wann nach dem Aufstehen rauchen Sie Ihre erste Zigarette?**

- nach 5 Minuten (3 Punkte)
- nach 6 bis 30 Minuten (2 Punkte)
- nach 31 bis 60 Minuten (1 Punkt)
- nach mehr als 60 Minuten (0 Punkte)

**Finden Sie es schwierig, an Orten, wo das Rauchen verboten ist, das Rauchen zu unterlassen?**

- ja (1 Punkt)
- nein (0 Punkte)

**Auf welche Zigarette würden Sie nicht verzichten wollen?**

die erste am Morgen (1 Punkt)

andere (0 Punkte)

**Wie viele Zigaretten rauchen Sie im allgemeinen pro Tag?**

31 und mehr (3 Punkte)

21 bis 30 (2 Punkte)

11 bis 20 (1 Punkt)

bis 10 (0 Punkte)

**Rauchen Sie am Morgen im allgemeinen mehr als am Rest des Tages?**

ja (1 Punkt)

nein (0 Punkte)

**Kommt es vor, dass Sie rauchen, wenn Sie krank sind und tagsüber im Bett bleiben müssen?**

ja (1 Punkt)

nein (0 Punkte)

<b>AUSWERTUNG</b>	
0 bis 2 Punkte:	geringe Abhängigkeit
3 bis 4 Punkte:	mittlere Abhängigkeit
5 bis 6 Punkte:	starke Abhängigkeit
7 bis 10 Punkte:	sehr starke Abhängigkeit

Der bedeutendste Aktivator des Belohnungssystems ist der Neurotransmitter Dopamin, der im Gehirn in den Basalganglien (genauer: im *Striatum*) durch endogene (körpereigene) Opiate (*Endorphine*) und Cannabinoide freigesetzt wird. Dopamin aktiviert Dopamin-Rezeptoren in einem für das Belohnungssystem sehr wichtigen Gehirnareal, dem sogenannten *Nucleus accumbens*; durch Weiterleitung der Erregung an andere Gehirnstrukturen wird Zufriedenheit, Freude und Lust vermittelt. Die Freisetzung von Dopamin in den Basalganglien ist ein gemeinsames Merkmal der meisten missbräuchlich verwendeten Suchtstoffe, wie Amphetaminen, Opiaten oder Kokain [50]. Daher wird Dopaminfreisetzung durch eine bestimmte Substanz häufig als hinreichend für deren Einstufung als Suchtstoff erachtet. Allerdings sind die neuronalen Mechanismen der Erzeugung von Sucht sehr komplex und nur teilweise verstanden. Es besteht keine einfache Korrelation zwischen dem Suchtpotential einzelner Stoffe und dem Ausmaß der Dopaminfreisetzung, und langfristiger Drogenkonsum führt eher zu einer Abnahme der Aktivität dopaminerger Systeme [50]. Eine detaillierte Diskussion der neuronalen Mechanismen von Sucht und Abhängigkeit würde den Rahmen dieses Buches sprengen, daher wollen wir uns nun den Faktoren der Zigarettenabhängigkeit zuwenden. Ich spreche bewusst nicht von Tabakabhängigkeit, da unterschiedliche Tabakprodukte wie Pfeifen, Zigarren, Snus, Kautabak oder Wasserpfeifen jeweils unterschiedliches Abhängigkeitspotential haben, das durchwegs niedriger ist als jenes von Zigaretten.

Es besteht kein Zweifel, dass Nikotin durch Stimulierung nikotinerger Acetylcholin-Rezeptoren in den Basalganglien die Freisetzung von Dopamin auslöst und damit zur Abhängigkeit von Raucherinnen und Rauchern beiträgt. Allerdings weisen zahlreiche Befunde daraufhin, dass diese Wirkung von Nikotin die Zigarettenabhängigkeit nur unzureichend erklärt. Einen auch Laien unmittelbar einsichtigen Hinweis darauf liefert die bereits erwähnte geringe Wirksamkeit von Nikotinersatzprodukten bei der Raucherentwöhnung. Die Entwicklung dieser Produkte in den 1970er

Jahren beruhte auf der Annahme, dass Nikotin der entscheidende Suchtstoff in Tabakrauch ist und daher die Substitution mit nikotinhaltigen Arzneimitteln Raucherinnen und Rauchern ausreichende Befriedigung bietet. Wie wir heute wissen, ist das nicht der Fall [51,52]. Die Verabreichung von Nikotin in Interventionsstudien wird von Ethikkommissionen kritisch beurteilt und bedarf daher einer guten Begründung des Therapieziels. Daher sind Studien zum Abhängigkeitspotential von Nikotin ohne Tabak rar gesät. In der Fachliteratur findet man aber zwei Studien, in denen die therapeutische Wirkung von Nikotinpflastern bis zu sechs Monate lang an Patientinnen und Patienten untersucht wurde, die niemals geraucht hatten. Nach Beendigung der Studien wurde kein einziger Fall von Abhängigkeit beobachtet [14,26]. Gegen diese Argumente wird zumeist die „Geschwindigkeitshypothese“ der Sucht angeführt, wonach das Suchtpotential einer Substanz umso stärker ausgeprägt ist, je schneller sie aufgenommen wird und in das Gehirn gelangt. Daher würden Zigaretten, aus denen Nikotin binnen Sekunden in das Gehirn gelangt, abhängig machen, wohingegen das bei Pflastern und Kaugummis mit langsamer Anflutung nicht der Fall sei. Abgesehen davon, dass diese Hypothese aus vielerlei Gründen auf wackeligen Beinen steht, ist die Geschwindigkeit der Nikotinaufnahme auch aus medizinischen Nikotininhalatoren relativ schnell und beim Rauchen langsamer als behauptet wird [39]. Beim Dampfen ist die Anflutung von Nikotin im Blut je nach Bedingungen eher etwas langsamer als beim Rauchen, allerdings weist eine 2019 publizierte Studie auf Nikotin-Anflutung im Gehirn mit einer Halbwertszeit zirka 30 Sekunden hin, was im Vergleich zu den bisher vorliegenden Studien zur Anflutung im Blut sehr schnell wäre [53].

Das Suchtpotential von reinem Nikotin, also in Abwesenheit von Tabakrauch, sorgt seit langem für Kontroversen unter Fachleuten. Christine Fowler und Mitarbeiter haben kürzlich in einem exzellenten Übersichtsartikel die divergierenden Befunde in der Fachliteratur beschrieben und die Konsequenzen für die Regulierung von E-Zigaretten und anderen neuen nikotinhaltigen Erzeugnissen diskutiert [54]. Versuche mit Labortieren zeigen weitgehend einhellig, dass zwar Nikotin in Tabakrauch die Tiere sehr schnell abhängig macht, reines Nikotin aber deutlich weniger wirksam ist. Diese Befunde legen nahe, dass Tabakrauch Substanzen enthält, die die suchterzeugende Wirkung von Nikotin verstärken [55-57]. Sowohl in der Tabakpflanze als auch im Tabakrauch wurden mehrere Substanzen mit derartiger Wirkung identifiziert, unter anderem Hemmstoffe des Enzyms Monoamino-Oxidase (MAO), das für den Abbau von Dopamin im Gehirn verantwortlich ist. Demnach würde Nikotin die Freisetzung von Dopamin bewirken, während die mit dem Rauch inhalierten Hemmstoffe der MAO den Abbau von Dopamin blockieren und damit dessen Wirkung synergistisch verstärken [58-62]. Die MAO-Aktivität ist im Gehirn und peripheren Geweben von Raucherinnen und Rauchern signifikant vermindert und erreicht erst Wochen oder Monate nach dem Rauchstopp wieder den Spiegel nichtrauchender Kontrollgruppen [63-65]. Die sehr langsame Erholung der MAO-Aktivität könnte zeitverzögerte Rückfälle nach Rauchstopp ebenso erklären wie die Unzufriedenheit von Raucherinnen und Rauchern einige Wochen nach dem Umstieg auf nikotinhaltige E-Zigaretten ohne die wirkungsverstärkenden Substanzen im Tabakrauch. Depressive Erkrankungen sind mit hohen Raucherquoten assoziiert, und umgekehrt geht Raucherentwöhnung häufig mit depressiven Phasen einher [66-69]. Synthetische MAO-Inhibitoren sind zur Pharmakotherapie von Depressionen zugelassen (zum Beispiel Aurorix®) und Antidepressiva wie Buprion (Zyban®) oder Vareniclin (Champix®) zur medikamentösen Unterstützung der Raucherentwöhnung [70]. Die MAO-Hypothese erscheint daher sehr attraktiv, zu deren Bestätigung sind aber weiterführende Untersuchungen erforderlich. Bisher vorliegende Studien zur Wirksamkeit von MAO-Hemmern bei der Raucherentwöhnung waren nur eingeschränkt erfolgreich [71,72]. Möglicherweise liefert zukünftige Forschung alternative Erklärungen für das hohe Abhängigkeitspotential von Tabakrauch im Vergleich zu reinem Nikotin – und damit neue pharmakotherapeutische Möglichkeiten zur Unterstützung der Raucherentwöhnung [73].

Expertinnen und Experten in der Tabakkontrolle wissen, dass die biologischen Effekte der Rauchinhaltsstoffe nur eine Komponente der Zigarettenabhängigkeit darstellen. Eine weitere

wesentliche Komponente ist die Gewöhnung an ein Rauchritual, die Konditionierung des Rauchverhaltens, wie das in der Fachsprache genannt wird. Die Öffnung der Zigarettenpackung, die Haptik der Zigarette in der Hand, das Anzünden, die Handzu-Mund Bewegung, und die Ausatmung des Rauchs sind über viele Jahre konditionierte Verhaltensmuster, von denen man sich nur sehr schwer trennt. Eine rauchende Kollegin, die meiner Empfehlung zum Umstieg auf E-Zigaretten nicht folgen wollte, hat das damit begründet, dass ihr das Abaschen der Zigarette im Aschenbecher fehlen würde. Ein Wiener Trafikant erzählte mir bei einer Veranstaltung, manche seiner Kunden würden bei der Benutzung von E-Zigaretten mit Mundstücken aus Kunststoff oder Metall die physische Beschaffenheit der Zigarettenfilter vermissen und deshalb den Tabakerhitzer IQOS (siehe [5.2](#)) bevorzugen, bei dem ein solcher Filter als Mundstück dient.

Verhaltensabhängigkeit manifestiert sich also in individuell unterschiedlicher Ausprägung. Dass Verhaltensabhängigkeit wesentlich zur psychischen Abhängigkeit vom Zigarettenrauchen beiträgt, steht aber für Fachleute außer Zweifel. Daher sind psychotherapeutische Maßnahmen, vor allem Verhaltenstherapien, zentraler Bestandteil der medizinischen Raucherentwöhnung. Obwohl die körperlichen Symptome des Nikotinzugs sehr rasch abklingen und spätestens nach einer Woche gänzlich verschwunden sind, scheitern Entwöhnungsversuche oft nach Monaten oder gar Jahren. Daher liegt die Vermutung nahe, dass der Gewöhnung an das Rauchverhalten deutlich größere Bedeutung zukommt als den substanzspezifischen Effekten von Nikotin und anderen Inhaltsstoffen des Tabakrauchs.

Damit sind wir beim wesentlichen Vorteil von E-Zigaretten gegenüber anderen nikotinhaltigen Produkten angelangt. E-Zigaretten erlauben die Beibehaltung des Rauchverhaltens (sofern man auf das Abaschen und den Zigarettenfilter als Mundstück verzichten kann). Eine Änderung des Verhaltens, das zentrale Ziel medizinischer Raucherentwöhnung, wird damit nicht erreicht. E-Zigaretten sollten daher nicht als Nicorette®, Version 2.0. betrachtet werden, sondern als um Größenordnungen weniger schädliche Alternativen zu Tabakzigaretten. Die Aufrechterhaltung des Rauchverhaltens ist jedoch ein zentrales Argument der Gegner, die nur vollständigen Verzicht mit entsprechender Verhaltensänderung als erfolgreiche Raucherentwöhnung akzeptieren. Dass Umsteiger aufgehört haben zu rauchen, ist in deren Augen anscheinend bedeutungslos.

Karl Fagerström, den wir bereits als Erfinder des nach ihm benannten Tests kennengelernt haben, war in den 1970er Jahren maßgeblich an der Entwicklung nikotinhaltiger Arzneimittel zur Behandlung der Nikotinsucht beteiligt. Sein Test fand als „Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit“ Eingang in die Literatur und wurde in hunderten einschlägigen Studien angewendet. Später hat Fagerström allerdings erkannt, dass sein Konzept der Nikotinsucht unhaltbar ist. Konsequenterweise hat er im Jahr 2012 in einer Fachpublikation seinen Test in „Fagerströmtest für Zigarettenabhängigkeit“ umbenannt [74]. In seiner Arbeit diskutiert Fagerström nicht nur die hier erwähnten Argumente, sondern zahlreiche weitere Befunde, die die Existenz klinisch bedeutsamer Nikotinsucht in Frage stellen. Wer meine Argumentation aus verständlichen Gründen mit Skepsis betrachtet, sollte die Ausführungen von Professor Fagerström lesen, der seit Jahrzehnten den inneren Kreisen der Tabakkontrolle angehört und als lebende Legende auf dem Gebiet von Nikotin- und Tabakabhängigkeit bezeichnet werden kann. Im Unterschied zu vielen anderen Vertretern der Tabakkontrolle hat er – wie man das von einem seriösen Wissenschaftler erwarten würde – seine Lieblingshypothese aufgrund der Fakten *ad acta* gelegt. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen wie Fagerström gelangten Hanan Frenk und Reuven Dar, die 2011 unter dem Titel *If the Data Contradict the Theory, Throw Out the Data: Nicotine Addiction in the 2010 Report of the Surgeon General* den Bericht über Nikotinsucht des Direktors des öffentlichen Gesundheitswesens der USA anhand der verfügbaren Fachliteratur heftig kritisierten [75]. In der Tabakkontrolle und im öffentlichen Gesundheitswesen ignoriert man die von Fagerström und anderen angeführten Fakten hartnäckig. In einem mit aller Vehemenz geführten Kampf gegen Tabak – der sich mittlerweile in einen Kampf

gegen Nikotin verwandelt hat – beharrt man hartnäckig und faktenresistent auf dem angeblich mit Heroin vergleichbaren Suchtpotential von Nikotin.

Wie entwickelt sich die Abhängigkeit von Raucherinnen und Rauchern nach dem Umstieg auf E-Zigaretten? Aufgrund erheblicher individueller Unterschiede lässt sich diese Frage nicht allgemein gültig beantworten. Manche Umsteiger berichten von massiver Reduktion des „Suchtdrucks“ und problemloser Abstinenz für viele Stunden oder sogar Tage, die zuvor kaum erträglich war. Viele hören binnen einiger Monate auf zu dampfen und haben somit E-Zigaretten als Hilfsmittel für den Totalausstieg aus ihrem Inhalationsverhalten benutzt. Andere wiederum sind von ihren „Dampfen“ ebenso abhängig wie früher von Zigaretten und haben fast immer ein Gerät in Händen oder zumindest in Reichweite und beabsichtigen nicht, später einmal mit dem Dampfen aufzuhören. Die überwiegende Mehrheit ordnet sich wohl irgendwo in der Mitte zwischen diesen Extremen ein. Ähnlich heterogen wie die anekdotischen Erfahrungsberichte sind auch die Ergebnisse publizierter Studien, die allerdings mit einer Ausnahme auf ein deutlich niedrigeres Abhängigkeitspotential von E-Zigaretten hinweisen [76-79].

Ex-Raucherinnen und -Raucher, die auf das Dampfen umgestiegen sind, halten ihre Nikotinspiegel im Blut weitgehend aufrecht. Es besteht zwar die Tendenz zur Reduktion der Nikotinkonzentration der Liquids, was aber zumeist durch größere Mengen an täglich konsumiertem Liquid kompensiert wird [80]. Entgegen den soeben diskutierten Befunden ist diese offenbar unbewusste Einstellung eines langfristig konstanten Nikotin-Blutspiegels ein Hinweis auf Nikotinabhängigkeit von Umsteigern. Eine mögliche Erklärung wäre die Aufrechterhaltung konditionierter Zigarettenabhängigkeit durch Nikotin. Tatsächlich weisen Tierversuche daraufhin, dass Ratten, die experimentell von Tabakrauch abhängig gemacht wurden, danach signifikant stärkere Nikotinabhängigkeit und andere neuronale Nikotineffekte zeigen als Kontrolltiere [81,82]. Der konditionierende Effekt von Tabakrauch könnte auf Hemmung der Neubildung von Nervenzellen aus Stammzellen, der sogenannten Neurogenese, im Gehirnareal des *Hippocampus* beruhen [83]. Neurogenese und deren Hemmung bei depressiven Erkrankungen beziehungsweise Förderung durch Antidepressiva ist ein heißes und ausgesprochen kontroverses Thema aktueller Forschung [84,85]. Ein möglicher Zusammenhang von Neurogenese mit den antidepressiven Effekten von MAO-Hemmern im Tabakrauch und Zigarettenabhängigkeit ist nicht von der Hand zu weisen. Sollten diese Ergebnisse auf den Menschen übertragbar sein, würde man sich durch das Rauchen eine langfristige Nikotinabhängigkeit quasi anzüchten, während man als Nichtraucher bei Exposition mit Nikotin in Abwesenheit von Tabakrauch nicht abhängig wird. Leider lässt sich die Übertragbarkeit der Tierversuche auf den Menschen aus ethischen Gründen nur sehr eingeschränkt in klinischen Interventionsstudien verifizieren.

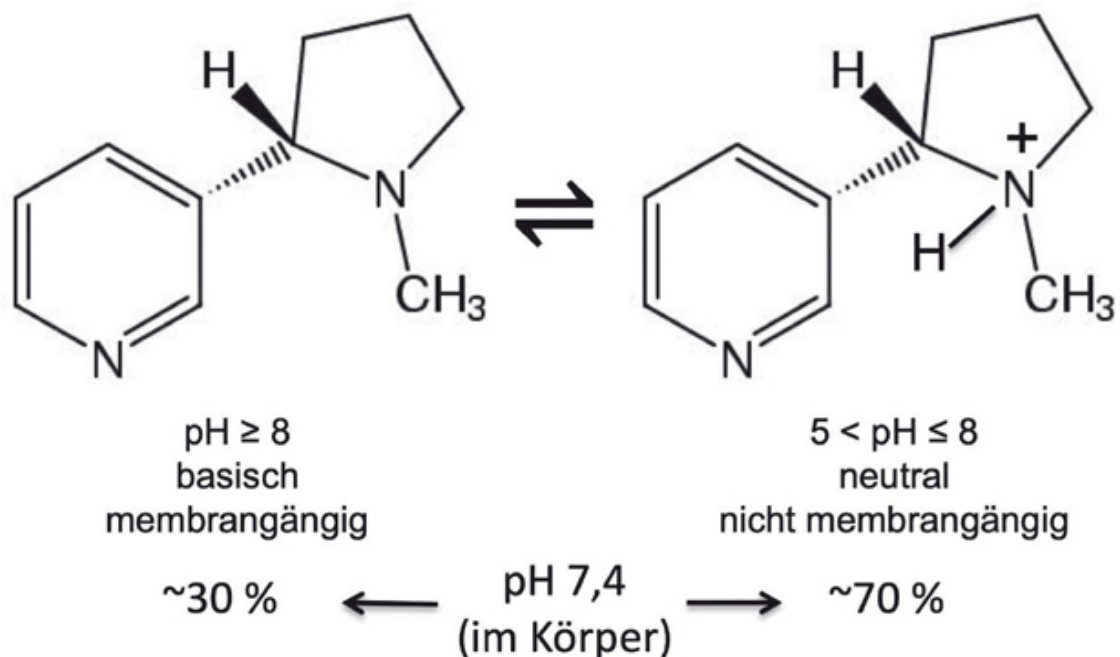
Neben allfälligen Effekten von Nikotin spielt bei der Abhängigkeit vom Dampfen mit hoher Wahrscheinlichkeit die bereits besprochene Gewöhnung an das Verhalten eine entscheidende Rolle. In einem Selbstversuch habe ich vor einiger Zeit herauszufinden versucht, ob ich vorwiegend vom Verhalten oder von Nikotin abhängig bin. Leider ist das nicht so einfach, wie es den Anschein haben mag. Beim Dampfen nikotinfreier Liquids fehlt mir – und viele andere berichten Ähnliches – das leichte Kratzen im Hals, das man auch beim Rauchen verspürt. Ohne dieses Kratzen hat man das unbefriedigende Gefühl Alpenluft zu inhalieren. Diese leichte Reizung der Atemwege, auch als *throat hit* bezeichnet, beruht auf Aktivierung von nikotinergen Acetylcholinrezeptoren auf sensorischen Zellen der oberen Atemwege [86] und trägt maßgeblich zur Befriedigung beim Rauchen bei [87,88]. Für meinen Selbstversuch habe ich mir daher ein besonders kratziges Liquid gemischt und einen ebenso kratzigen Verdampfer gewählt. Eine Woche lang verwendete ich dieses Setup ohne merkliche Entzugssymptomatik. Auch im Zuge einer Infektionserkrankung, bei der das Dampfen aufgrund von Reizung der Atemwege ausgesprochen schmerzhaft war, habe ich einige Tage ohne Probleme darauf verzichtet, allerdings regelmäßig ein Gerät in Reichweite gehabt, dieses in die Hand genommen und damit „gespielt“. Als Raucher hatte ich hingegen bei regelmäßig wiederkehrenden

Infektionskrankheiten die Zähne zusammengebissen und trotz heftiger Halsschmerzen geraucht. Aufgrund dieser Erfahrungen gehe ich davon aus, dass ich viele Jahre nach dem Umstieg noch immer vom Verhalten, aber kaum oder gar nicht von Nikotin abhängig bin. Nachdem bekanntlich jeder Mensch anders ist, lässt sich diese Selbstbeobachtung allerdings nicht generalisieren.

Zum Abschluss dieses Kapitels möchte ich die regelmäßig wiederkehrenden und mantra-artig wiederholten Warnungen vor Nikotinsucht relativieren. Unabhängig davon, ob diese tatsächlich oder nur in den Köpfen von WHO, CDC und Tabakkontrolle existiert, ist der entscheidende Punkt nicht die mögliche Abhängigkeit an sich, sondern allfällige Schädigung der Gesundheit. Gesundheitsorganisationen führen einen jahrzehntelangen Krieg gegen das Rauchen, weil das ein potentiell tödliches Verhalten ist. Alternative Nikotinprodukte, allen voran E-Zigaretten, könnten dazu beitragen diesen Krieg endgültig zu gewinnen. Nur leider hat die Tabakkontrolle irgendwann den tatsächlichen Feind aus den Augen verloren und bekämpft nunmehr seinen harmlosen Gefährten. Da mir die Botschaft immens wichtig ist, wiederhole ich sie hier: Raucherinnen und Rauchern sterben nicht an ihrer Abhängigkeit, sondern an den Folgen der Inhalation von gesundheitsschädlichem Verbrennungsrauch.

### 3.5. NIKOTINSALZE

Die Firma *Juul Labs*® hat 2015 ein Podsystem (siehe [Kapitel 4](#)) mit Nikotinsalzen auf den Markt gebracht. In einer Patentschrift [89] behauptet die Firma, Nikotin würde aus diesen Liquids schneller aufgenommen und die Inhalation würde geringere Reizung der Atemwege verursachen. Die E-Zigarette von Juul hat in den darauffolgenden Jahren einen regelrechten Hype ausgelöst und sehr schnell erhebliche Marktanteile gewonnen. In den Jahren 2018/2019 war die Juul die am häufigsten verkaufte E-Zigarette in den USA. Die „Salzliquids“ von Juul haben sowohl bei der Bevölkerung als auch in Politik und Medien für Verunsicherung gesorgt und aufgrund des vergleichsweise hohen Nikotingehalts von 5 Gewichtsprozent (60 mg/ml in PG/Glycerin 30/70) Sorgen von Eltern und Schulen vor der Nikotinsucht Jugendlicher ausgelöst. Darauf werden wir in Abschnitt 10.11 noch zurückkommen. Hier möchte ich den Begriff „Nikotinsalz“ erklären und allfällige Unterschiede zwischen herkömmlichen Liquids und den „Salzliquids“ der Firma Juul diskutieren. In Abhängigkeit vom pH-Wert (siehe Glossar) liegt Nikotin in wässrigen Lösungen teilweise als freie Base (ungeladen, in der Abbildung links) und teilweise positiv geladen (protoniert, rechts) vor. Im Körper ist der pH-Wert sehr genau auf 7,4 eingestellt, Nikotin liegt daher im Blut zu etwa 30 Prozent ungeladen und zu 70 Prozent protoniert vor.



Gleichgewicht zwischen ungeladenem und protoniertem Nikotin.

Herkömmliche Liquids enthalten vorwiegend basisches Nikotin, bei Zugabe von Säure ( $\text{H}^+$ -Ionen) wird das in der Abbildung dargestellte Gleichgewicht nach rechts, also in Richtung der protonierten Form verschoben. Das in den Liquids der Firma *Juul Labs* enthaltene Nikotin wird durch Zugabe von Benzoesäure vollständig in die protonierte Form überführt, sodass eine neutrale Lösung mit positiv geladenem Nikotin und negativ geladener Benzoesäure (Benzoat) entsteht. Das entsprechende Nikotinsalz (Nikotinbenzoat) hat also im Zuge der Herstellung der Liquids niemals real als Salz existiert und existiert auch in Lösung nur formal in Form der beiden, voneinander durch Lösungsmittel getrennten, positiv und negativ geladenen Bestandteile. Eine Analogie wäre Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ), das in wässriger Lösung umgehend zu positiv geladenen Natrium- und negativ geladenen ChloridIonen dissoziiert.

Welche Konsequenzen hat die Nutzung von Liquids mit Nikotinsalzen anstatt der freien Base? Zunächst möchte ich feststellen, dass allfällige Wirkungen von Nikotin nach dessen Aufnahme aufgrund des im Körper exakt gepufferten pH-Werts unabhängig vom pH-Wert des Liquids oder des inhalierten Dampfs sind. Der Verzehr von mit Essig angemachtem Salat hat keinen Einfluss auf den pH-Wert des Körpers. In esoterisch angehauchten Schriften der Alternativmedizin wird zwar „Übersäuerung“ des Körpers gelegentlich für die Entstehung diverser Krankheiten verantwortlich gemacht (und zumeist ein angeblich Wunder wirkendes Heilmittel dagegen angeboten), diese Behauptungen sind aber wissenschaftlich unhaltbar. Metabolische oder respiratorische Störungen, die mit einer Erniedrigung des pH-Werts im Blut auf unter 7,35 einhergehen, werden als Azidosen bezeichnet, die in schwerwiegenden Fällen intensivmedizinische Behandlung erfordern.

Somit beschränken sich allfällige Unterschiede zwischen herkömmlichen Liquids und jenen mit Nikotinsalzen auf Ausmaß und Geschwindigkeit der Aufnahme von Nikotin sowie dessen Wirkung auf der Oberfläche sensorischer Zellen der Atemwege, die als leichte Reizung der oberen Atemwege (*throat hit*) verspürt wird. Die Verminderung der Atemwegsreizung durch Protonierung von Nikotin ist gut bestätigt und führt dazu, dass die Inhalation von Aerosolen mit höherer Nikotinkonzentration toleriert wird. In einem Selbstversuch habe ich einen entleerten Juul-Pod mit 20 mg/ml herkömmlicher Nikotinbasis gedampft und dabei ähnlichen *throat hit* verspürt wie mit der Standard US-Variante, die 60 mg/ml neutralisiertes Nikotin enthält. Somit ermöglichen Salzliquids ausreichende Nikotinzufuhr durch vergleichsweise leistungsschwache Podsysteme, ohne zu starke, als unangenehm empfundene Reizung der Atemwege.

Inwieweit Geschwindigkeit und Aufnahme von Nikotin durch Neutralisierung der Liquids beeinflusst werden, ist unklar. Die Aufnahme der meisten Stoffe erfordert deren Diffusion durch Zellmembranen. Da diese Membranen lipophil („fettfreundlich“) sind, können geladene Moleküle nicht passieren. In manchen Geweben erfolgt die Nikotinaufnahme zusätzlich über spezifische Transportproteine, aber auch in dem Fall nimmt die Geschwindigkeit der Aufnahme bei Erniedrigung des pH-Werts ab [90,91]. Es ist somit wissenschaftlich gesichert, dass die Aufnahme von Nikotin durch Ansäuern vermindert und durch Erhöhung des pH-Werts mit Basen beschleunigt wird. Diesem Faktum Rechnung tragend setzt die Industrie dem Tabak angeblich Ammoniak zu, um das Gleichgewicht von Nikotin in Richtung freier Base zu verschieben und so die Aufnahme von Nikotin zu beschleunigen. Juul Labs hat mit den Nikotinsalzen den umgekehrten Weg beschritten, sodass – entgegen den Behauptungen der Firma – gemäß Grundlagenwissen in Biochemie und Biophysik verzögerte Nikotinaufnahme zu erwarten wäre. Allerdings wurde hinterfragt, ob der pH-Wert von Tabakrauch tatsächlich Einfluss auf die Nikotinaufnahme hat, da geringfügige Unterschiede im pH-Wert des inhalierten Rauchs durch die physiologische Pufferung des Lungenepithels abgefangen würden [92]. Diese Überlegungen treffen gleichermaßen auf die Inhalation von Aerosolen aus E-Zigaretten zu. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die physikalische Beschaffenheit des Aerosols der Salzliquids bessere Lungengängigkeit der Aerosol-Partikel und damit beschleunigte Nikotinaufnahme zur Folge hat [93]. Eine publizierte Pilotstudie lieferte erste Hinweise auf anscheinend effizientere Aufnahme von Nikotin aus angesäuerten Liquids, aber die statistischen Abweichungen der Ergebnisse und die relativ kleine Zahl der für diese Frage relevanten Messergebnisse erlauben keine definitiven Schlussfolgerungen [94]. Dazu wäre eine ausreichend große klinische Studie mit vergleichenden pharmakokinetischen Daten der Nikotinaufnahme erforderlich.

## 4. Funktion von E-Zigaretten

E-Zigaretten sind in unüberschaubarer Vielfalt am Markt. Die Palette reicht von kleinen, zigarettenförmigen Wegwerfgeräten, *Cigalikes* genannt, über relativ handliche Pod- und Tanksysteme bis hin zu schweren Geräten, die man auch als Totschläger verwenden könnte ([Abb. 3](#)). Abbildung 4 zeigt einige heute gebräuchliche Varianten, die alle nach demselben Prinzip funktionieren. Das Herzstück ist eine Verdampferkammer, in der sich eine Drahtspule mit einem Watte- oder Baumwoll-Docht befindet. Die Drahtspule wird gemeinhin als Wicklung (englisch: *Coil*) bezeichnet. Der Docht wird laufend mit Flüssigkeit, dem Liquid, versorgt, ohne dabei die Verdampferkammer zu fluten. Dazu wurden unterschiedliche Systeme entwickelt, deren Funktionen ebenso wie deren Vor- und Nachteile in den sozialen Medien und in zahlreichen Youtube-Videos detailliert beschrieben und diskutiert werden.



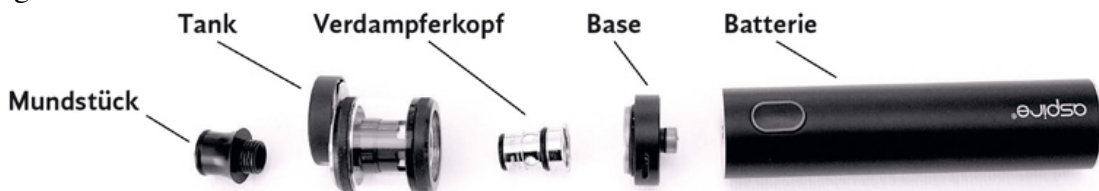
**Abbildung 3:** Größenvergleich: Vapor Giant mit zwei gestackten 26650 Akkus und 17 ml Tank vs. Juul.



**Abbildung 4:** Gebräuchliche Varianten von E-Zigaretten (Auswahl). Von links: Cigalike, Podsystem, verschiedene Tanksysteme (3x), RDA (Rebuildable Dripping Atomizer = wiederherstellbarer Tröpflerverdampfer).

Die Wicklung wird elektrisch erhitzt, wobei der Strom von einer Batterie oder einem aufladbaren Akku geliefert wird. Zumeist betätigt man dazu einen Knopf am Gerät. Manche E-Zigaretten, vor allem Cigalikes, sind mit einem drucksensitiven Sensor („Zugautomatik“) ausgestattet, der bei Unterdruck, der durch das Ziehen entsteht, den Stromkreis schließt. Durch die Erhitzung der Wicklung wird das Liquid im Docht verdampft, der Dampf über ein Mundstück abgesaugt und inhaliert. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch sollte Liquid permanent nachfließen und den Docht mit ausreichend Flüssigkeit versorgen. Der grundlegende Aufbau von E-Zigaretten ist in Abbildung 5 schematisch dargestellt.

Der wesentliche Parameter bei der Verdampfung des Liquids ist die Temperatur an der Wicklung. Der typische Temperaturbereich beträgt 150 bis 250 °C, wobei die Temperatur von der Leistung des Setups (Einheit: Watt) abhängig ist. Zur Erinnerung an den Physikunterricht: Die Leistung  $P$  ist das Produkt aus Spannung ( $U$ ) und Stromstärke ( $I$ ), also  $P$  (Watt) =  $U$  (Volt)  $\times$   $I$  (Ampere). Gemäß dem Ohm'schen Gesetz entspricht die Stromstärke  $I$  dem Quotienten aus Spannung und Widerstand, also  $I$  (Ampere) =  $U$  (Volt)/ $R$  (Ohm). Wenn man diesen Ausdruck in die Formel für die Leistung einsetzt erhält man  $P = (U^2)/R$ , die Leistung nimmt also mit dem Quadrat der angelegten Spannung zu und ist indirekt proportional dem Widerstand der Wicklung. Dementsprechend verwenden Nutzer, die an hoher Leistung interessiert sind, Wicklungen mit niedrigem Widerstand.



**Abbildung 5:** Bestandteile einer E-Zigarette (aspire®), von links: Mundstück, Tank, Verdampferkopf, Base, Batterie.

Wie groß sind diese Parameter beim Dampfen? Die überwiegende Mehrheit der in E-Zigaretten verwendeten Akkus liefert voll aufgeladen maximal 4,2 Volt. Bei Geräten ohne elektronische Regelung („mechanischen Geräten“) wird die Leistung über den Widerstand der Wicklung eingestellt und nimmt mit Entladung des Akkus fortlaufend ab. Bei einem Widerstand von 1 Ohm würde ein solches Gerät zu Beginn  $(4,2)^2 = 17,6$  Watt liefern, nach Entladung des Akkus auf 3 Volt hingegen nur mehr 9 Watt. Dieser Abfall der Leistung erfordert relativ häufiges Wechseln des Akkus, sodass mechanische Akkuträger zunehmend vom Markt verschwinden und vorwiegend von Liebhabern benutzt werden, die das Dampfen als Hobby betreiben. Außerdem sind die meisten dieser Geräte mit keiner Schutzelektronik ausgestattet, die Überbelastung oder Tiefentladung des Akkus sowie Kurzschlüsse verhindern würde. Mechanisches Dampfen und Modifikation der Geräte durch Bastler sind der häufigste Grund für „explodierende E-Zigaretten“ (korrekt: ausgasende Akkus), über die dann lustvoll – zumeist mit Fotos der blutigen oder angebrannten Opfer illustriert – in den Medien berichtet wird. Solche Geräte sollten daher nur von erfahrenen Dampferinnen und Dampfern mit ausreichender Kenntnis der Materie benutzt werden. Es besteht allerdings keine Veranlassung mechanische Geräte gesetzlich zu verbieten. Sportwagen mit 500 PS überfordern manche Autofahrer, sind aber deshalb nicht verboten. In beiden Fällen sollten Konsumenten jedoch beim Kauf eingehend über die Risiken und die korrekte Handhabung der Geräte informiert werden.

*Cigalikes*, Podsysteme und kleine Akkuträger, die häufig von Einsteigern gekauft werden, sind mit Elektronik ausgestattet, die die Leistung über die gesamte Nutzungsdauer konstant hält (zumeist auf 3,5 bis 3,8 Volt). Diese Art von E-Zigaretten oder Akkuträgern nennt man getaktet. Abgesehen von der Sicherstellung gleichmäßiger Leistungsabgabe schützt die Taktung auch vor Tiefentladung des Akkus. Für langfristige Nutzung am sinnvollsten sind geregelte Akkuträger, auf die ein passender Verdampfer mit einem Tank für das Liquid aufgeschraubt wird. Die Regelung erlaubt variable Einstellung von Spannung oder Leistung. Mittlerweile wird anstatt der Spannung zumeist die Leistung eingestellt, sodass die abgegebene Dampfmenge unabhängig vom Widerstand der Wicklung ist. Zur Vermeidung des Trockenlaufens der Wicklung, was zum sogenannten Kokeln führen würde (siehe [5.1](#)), stehen auch Geräte mit Temperaturbegrenzung zur Verfügung. Dazu werden Drahtmaterialien verwendet, deren Widerstand im Unterschied zum weit verbreiteten Kanthaldraht stark temperaturabhängig ist. Nickel, Titan oder Edelstahl sind die gebräuchlichsten Materialien. Bei ungenügendem Nachfluss von Liquid wird die Wicklung zunehmend heißer, was eine Erhöhung des Widerstands und damit einen Abfall der Leistung zur Folge hat. Temperaturkontrolle ist mittlerweile Standard bei den meisten höherpreisigen Akkuträgern. Aufgrund der verstärkten Emission gesundheitsschädlicher Carbonylverbindungen durch überhitzte Wicklungen (siehe [5.1](#)) wird gelegentlich gefordert, E-Zigaretten ohne Temperaturkontrolle gesetzlich zu verbieten. Meines Erachtens ist das nicht gerechtfertigt, da das Dampfen trockener (kokelnder) Wicklungen äußerst unangenehm ist und daher von Nutzern vermieden wird. Auch handelsübliche Toaster erlauben Einstellungen, bei denen das Brot verkohlt, sind aber deshalb nicht verboten. Gesetzgebung sollte mit Augenmaß erfolgen und den Bürgerinnen und Bürgern nicht den letzten Rest an Eigenverantwortung nehmen. Im Folgenden werde ich kurz auf die verfügbaren Typen von E-Zigaretten eingehen. Für weitergehende Informationen verweise ich meine Leserinnen und Leser auf das Internet.

*Cigalikes* sind kleine Geräte in Zigarettenoptik mit Zugautomatik und LED am vorderen Ende zur Simulation der Zigarettenenglut. In der einfachsten Ausführung sind das Wegwerfgeräte, wobei die Kapazität der Batterie der Liquidmenge im Depot angepasst ist. Es sind aber auch Varianten mit wieder aufladbaren Akkus und auswechselbaren Liquid-Depots am Markt. Die Grenze zur Kategorie der Podsysteme ist fließend. *Cigalikes* haben ihre Berechtigung, da sie Raucher durch Optik, Handlichkeit und sehr einfache Handhabung ansprechen und damit deren Bereitschaft zum Umstieg fördern könnten. Langfristig werden solche Geräte aber aufgrund ihrer geringen Leistung und kurzen Nutzungsdauer nicht zufriedenstellen. Daher besteht die Gefahr, dass potentielle Umsteiger

aufgrund der Mängel und eingeschränkten Tauglichkeit dieser Geräte die gesamte Produktgruppe „E-Zigarette“ als mangelhaft bewerten und vom Umstieg abgehalten werden könnten.

Podsysteme sind etwas größer als *Cigalikes* und unterscheiden sich von diesen durch Fehlen der Zigarettenoptik. Sie bestehen aus aufladbaren Akkus mit etwas höherer Kapazität, auf die sogenannte Pods mit integriertem Verdampfer und Liquidtank aufgesteckt werden. Podsysteme sind in diversen Ausführungen am Markt. So findet man sowohl Geräte mit, als auch ohne Zugautomatik. Manche Varianten erlauben Füllungen der Pods mit selbstgewählten Liquids, bei anderen kommen Einweg-Pods zum Einsatz, die regelmäßig nachgekauft werden müssen. Es gibt exzellente Podsysteme, die aufgrund ihrer Handlichkeit auch von erfahrenen Dampferinnen und Dampfern langfristig benutzt werden. Das zurzeit wohl bekannteste Podsystem wurde von der Firma *Juul Labs* in USA entwickelt. In Abschnitt 10.11 werden wir den Einfluss dieses Fabrikats auf die Dampferszene näher beleuchten.

Langfristig sind Systeme empfehlenswert, die aus einem geregelten Akkuträger mit auswechselbarem Akku und einem Tankverdampfer bestehen. Die beiden Komponenten werden über ein 510er Feingewinde verbunden, das weltweiter Standard von E-Zigaretten ist und Kompatibilität zwischen handelsüblichen Akkuträgern und Verdampfern gewährleistet. Die breite Vielfalt an Verdampfern und Akkuträgern ist für Neueinsteiger verwirrend und gelegentlich wohl auch abschreckend. Zur Erleichterung des Umstiegs bieten die meisten Hersteller Einsteigersets mit aufeinander abgestimmtem Akkuträger und Verdampfer an. Zur Auswahl des geeigneten Sets sollte man sich in Fachgeschäften (Dampfshops) informieren und beraten lassen.

*Cigalikes* und Podsystemen geht relativ schnell der Saft aus, sodass man zum Austausch von Gerät oder Pod gezwungen ist. Tanksysteme zeichnen sich durch höhere Kapazität des Akkus aus, allerdings ist die Lebensdauer jeder Wicklung begrenzt. Nicht verdampfbare Liquid-Bestandteile lagern sich auf der Wicklung ab und verkrusten sie oder machen sie anderweitig unansehnlich, was den Geschmack zunehmend beeinträchtigt und früher oder später zum Austausch zwingt. Die Lebensdauer von Wicklungen wird maßgeblich vom verwendeten Liquid bestimmt. Bei manchen „Coilkillern“ kann bereits nach 5-10 ml Schluss sein (also nach einem halben bis ganzen Liquid-Fläschchen), während von anderen Liquids die 10- oder 20-fache Menge problemlos ohne Austausch der Wicklung konsumiert werden kann. In Abhängigkeit vom gewählten Liquid und dem täglichen Verbrauch variiert die Lebensdauer einer Wicklung demnach von einem Tag bis hin zu mehreren Wochen. Für den Wechsel der Wicklungen hat man die Wahl zwischen Verdampfern mit fertigen Köpfen, die man in die Kammer einschrauben kann und sogenannten Selbstwickelverdampfern, bei denen man sich die Wicklungen mit Draht und Watte selbst anfertigt ([Abb. 6](#)). Für den Einstieg wird man wohl Fertigverdampfer wählen, und auch viele erfahrene Dampfer benutzen diese langfristig, um sich die regelmäßige Anfertigung neuer Wicklungen zu ersparen. Allfällige Nachteile gegenüber Selbstwickelverdampfern sind neben geringeren individuellen Anpassungsmöglichkeiten der Dampfeigenschaften die laufend anfallenden Kosten (2.- bis 5.- Euro pro Stück) sowie eventuell langfristige Einschränkungen der Kompatibilität mit neu entwickelten Verdampfern bzw. Verdampferköpfen.



**Abbildung 6:** Selbstwickelverdampfer mit Wicklung (Drahtspule und Watte)

Selbstwickelverdampfer bieten das größte Maß an Flexibilität bezüglich Geometrie, Widerstand und anderen Eigenschaften von Wicklungen, die an individuelle Bedürfnisse angepasst werden können. Auch der Nachfluss an Liquid und der Luftstrom lassen sich variabel einstellen. Langfristig gewährleisten diese Geräte Unabhängigkeit von Entwicklungen am Markt und allfälligen Einschränkungen durch den Gesetzgeber. An Verbrauchsmaterial benötigt man nur Draht und Watte, sodass die laufenden Kosten vernachlässigbar sind. Qualitativ hochwertige Verdampfer sind relativ kostspielig (typischerweise 100 bis 150 Euro), man erhält aber gute Geräte für unter 50 Euro. Im Internet findet man Informationen zu den Besonderheiten der diversen Verdampfertypen und detaillierte Anleitungen zur Herstellung von Wicklungen.

Bei der Auswahl geeigneter Verdampfer – egal ob fertig oder zum Selbstwickeln – ist die Art des Dampfens bzw. die Zugtechnik ein wesentlicher Punkt, den man berücksichtigen muss. Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Varianten, für die unterschiedliche Verdampfertypen gebaut werden: Mund-zu-Lunge (MTL für *mouth-to-lung*) und Direkt-auf-Lunge (DTL, *direct-to-lung*). MTL könnte man als konventionelles Dampfen bezeichnen, da die Zugtechnik jener des Rauchens entspricht. Man zieht und sammelt den Dampf in der Mundhöhle bevor man ihn inhaliert. Beim DTL-Dampfen wird der Dampf hingegen, wie die Bezeichnung nahelegt, direkt in die Lunge gezogen. Charakteristika von DTL-Verdampfern sind vergleichsweise niedrige Widerstände der Wicklungen (unter 0,5 Ohm), entsprechend hohe Leistung (zumeist über 50 Watt), sehr geringer Zugwiderstand und hohe Luftströmung (*airflow*). Unter diesen Bedingungen wird pro Zug wesentlich mehr Liquid

verdampft als bei MTL, und es entstehen die riesigen Wolken der *cloud chaser*, die der Bevölkerung manchmal Angst und Schrecken einjagen ([Abb. 7](#)). Beim DTL-Dampfen verbraucht man täglich 20-30 ml Liquid mit Nikotinkonzentrationen im Bereich von etwa 2 mg/ml, während das beim MTL-Dampfen durchschnittlich 5 ml mit 10 mg/ml Nikotin sind. Die beiden Varianten sind unter Dampferinnen und Dampfern annähernd gleichverteilt, in den vergangenen Jahren wurde der Markt aber mit unzähligen neuen DTL-Verdampfern überschwemmt, nach guten MTL-Geräten muss man daher gezielt suchen.

Wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, ist die Belastung mit potentiellen Schadstoffen bei beiden Varianten des Dampfens viel geringer als beim Rauchen. Logischerweise nimmt aber mit zunehmendem Liquidverbrauch auch die Menge an inhalierten Schadstoffen zu. Wenn man auf besonders niedriges Gesundheitsrisiko Wert legt, ist es daher vernünftiger wenig Liquid mit der erforderlichen höheren Nikotinkonzentration zu dampfen anstatt umgekehrt. Besonders gering ist der Liquidverbrauch bei Verwendung kleiner, leistungsschwacher E-Zigaretten. Zur Befriedigung ehemaliger Raucherinnen und Raucher ist in diesen Geräten eine vergleichsweise hohe Nikotinkonzentration erforderlich, die in vielen Fällen das von der EU in der Tabakproduktrichtlinie TPD2 vorgeschriebene Limit von 20 mg/ml überschreitet. Zu niedrige Nikotinkonzentration ist eine der wesentlichen Ursachen für die Unzufriedenheit von Umsteigern und deren Rückkehr zum Rauchen. Somit wird durch die EU-Begrenzung der nachhaltige Umstieg auf das Dampfen gefährdet ohne einen sichtbaren Schutz der Gesundheit der Bevölkerung zu bieten. Das Limit von 20 mg/ml beruht nicht auf sachlichen Überlegungen, sondern einem politischen Kompromiss (um nicht zu sagen Kuhhandel) zwischen Kommission, Parlament und Rat. Es wäre wünschenswert, dass in der EU-Kommission die Vernunft siegt und dieses Limit im Zuge der bevorstehenden Revision der Tabakproduktrichtlinie aufgehoben wird.



**Abbildung 7:** Cloud chasing

Abschließend möchte ich Einsteiger vor den Gefahren des Hochleistungsdampfens, besonders mit mechanischen Geräten warnen. Gelegentlich werden in entsprechend dimensionierten Akkuträgern zwei Akkus in Serie verwendet („gestackt“) und so eine maximale Spannung von 8,4 Volt erreicht. Bei einem Widerstand von 0,5 Ohm fließen dann 16,8 Ampere durch die Wicklung, und die Leistung beträgt 150 Watt. Selbst bei Beschränkung auf einen Akku erreicht man ähnliche Leistung durch Erniedrigung des Widerstands. Widerstände in der Größenordnung von 0,1 Ohm oder niedriger sind keine Seltenheit. Elektriker ohne Bezug zum Dampfen würden das vermutlich bereits als Kurzschluss bezeichnen. Diese Art der Nutzung mag für all jene erfahrenen Dampferinnen und Dampfer attraktiv sein, die sich an riesigen Wolken erfreuen, das Dampfen als Hobby betreiben und sich dazu eingehend mit der Materie beschäftigt haben. Vor allem bedarf es guter Kenntnisse in Akkutechnik, da viele der handelsüblichen Akkus einer derartigen Belastung nicht standhalten.

Mit dem Bestimmungszweck von E-Zigaretten als alternative Genussmittel für Raucherinnen und Raucher hat diese Art des Dampfens nichts mehr zu tun. Und Einsteiger sollten sich nicht im Dampfshop eine kostspielige 200-Watt-Hochleistungsbox aufschwätzen lassen.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.