



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Die Auswirkungen von Nikotin auf die  
sportliche Leistungsfähigkeit“: Systematic Review

Verfasst von / submitted by

Alexander Iosim

Angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /

A 190 353 482

degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

Studienrichtung lt. Studienblatt /

Lehramtstudium

degree programme as it appears on

UF Spanisch

the student record sheet:

UF Bewegung und Sport

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

## I. Danksagung

Mein größter Dank gilt meiner Familie, allen voran meiner Frau Elisabeth, die mir die viele und nötige Zeit eingeräumt hat, die ich mit dieser Arbeit verbrachte. Auch meinem Sohn Jaro danke ich sehr, er hat mich in den richtigen Momenten abgelenkt und mich stets die Welt aus den Augen eines Kindes sehen lassen, was oft zur Entspannung beigetragen hat. Bedanken möchte ich mich auch bei meiner Schwester Iva und ihrem Freund Harry, die mir durch Babysitter Dienste oft Zeit für die Arbeit freigeschaufelt haben. Dasselbe gilt für meine Schwiegereltern, die mich in ähnlicher Weise unterstützt haben.

Ein besonderes Dankeschön gilt meinem Diplomarbeitsbetreuer Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan, der mir vom ersten Gespräch an mit Wohlwollen und Hilfsbereitschaft gegenüberstand und mir so in schwierigen Momenten, wenn etwa der Schreibprozess ins Stocken geriet, wieder eine gute Perspektive geboten hat. Auch für die Unkompliziertheit danke ich, vor allem aber für die persönliche und herzliche Betreuung.

Nicht vergessen möchte ich hier meine fürs Leben gewonnen Freunde, die *Schmelz Spezis*, Max, Benni, Dani, Claudia, Resl, Betti, Berühl, Matias und Mathias. Bei ihnen bedanke ich mich für die wundervollen Erfahrungen und Erlebnisse während des Studiums und darüber hinaus.

Danke an Heli für die Lebensweisheiten.

Ich möchte mich auch bei allen anderen, die mich durch diesen Lebensabschnitt begleitet haben, von ganzem Herzen bedanken.

## II. Zusammenfassung

Hintergrund: Das suchterzeugende Nikotin ist seit dem Jahr 2012 im Monitoring Programm der WADA und gewinnt auch bei Athleten und Athletinnen an Popularität. Vor allem rauchlose Tabakprodukte, die das respiratorische System umgehen, könnten eingesetzt werden, um die sportliche Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Es soll demnach mit diesem Systematic Review überprüft werden, ob es Evidenz für eine leistungssteigernde Wirkung von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit gibt, welche Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit involviert sind, ob es Unterschiede hinsichtlich der Auswirkung von Nikotin in Abhängigkeit der Anwendungsmethode gibt und welche Unterschiede zwischen habitueller und erstmaliger Anwendung vorliegen.

Methodik: Für die Erstellung des Systematic Reviews wurde in zwei Referenzdatenbanken *PubMed* und *Web of Science* mit Hilfe von Schlagwörtern nach relevanten Studien gesucht. Es ergaben sich dabei für die Auswertung der Ergebnisse neun Studien, die die Einschlusskriterien erfüllten. Diese unterschieden sich alle voneinander hinsichtlich der getesteten Personen, der Verabreichungsmethode des Nikotins, der untersuchten Faktoren sportlicher Leistungsfähigkeit sowie der eingesetzten Testungen.

Ergebnisse: Die Diversität der Studiendesigns machen eine Interpretation der Ergebnisse zu einem schwierigen Unterfangen. Dennoch wurden übersichtliche Tabellen erstellt, die bei der Darstellung der Ergebnisse helfen sollen. Die Ergebnisse zeigen, dass Nikotin sich sehr wohl positiv auf verschiedene Parameter sportlicher Leistungsfähigkeit auswirken kann, wobei eine eindeutige und klare Aussage nicht möglich erscheint.

Schlussfolgerung Die teils widersprüchlichen Ergebnisse zeigen, dass weitere Forschungen dringend notwendig sind. Auch wenn Indizien dafür gefunden wurden, dass Nikotin sich positiv auf bestimmte Faktoren der Leistungsfähigkeit auswirken kann, bedarf es weiteren Untersuchungen, um Ergebnisse vergleichbar zu machen.

### III. Abstract

**Background:** Addictive nicotine has been part of WADA's monitoring program since 2012 and is gaining popularity among athletes. In particular, smokeless tobacco products bypassing the respiratory system could be used to increase athletic performance. Therefore, it should be checked with this Systematic Review, if there is evidence for a performance-enhancing effect of nicotine on the athletic performance, which factors of athletic performance are involved, if there are differences in the effect of nicotine depending on the application method and if there are differences between habitual and first-time application.

**Methods:** For the conception of the Systematic Review, two reference databases *PubMed* and *Web of Science* were screened for relevant studies using keywords. For the evaluation of the results, nine studies met the inclusion criteria. These differed from each other in terms of subjects tested, the method of administration of nicotine, the investigated factors of athletic performance and the testings used.

**Results:** The diversity of the study design makes interpretation of the results a difficult undertaking. Nevertheless, tables have been created to help in presenting the results. The results show that nicotine can have a positive effect on various parameters of athletic performance, although a clear and global statement does not seem possible at this moment.

**Conclusion:** The partly contradictory results show that further research is urgently needed. Although there has been found evidence for nicotine to positively affect certain factors of performance, further research is needed to make results comparable.

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| I. Danksagung .....                                                                  | II  |
| II. Zusammenfassung .....                                                            | III |
| III. Abstract .....                                                                  | IV  |
| 1 Einleitung .....                                                                   | 1   |
| 1.1 Gliederung der Arbeit .....                                                      | 3   |
| 1.2 Forschungsfragen .....                                                           | 3   |
| 2 Theoretische Grundlagen .....                                                      | 5   |
| 2.1 Nikotin – Herkunft und Pharmakologie .....                                       | 5   |
| 2.1.1 Tabakprodukte .....                                                            | 10  |
| 2.1.1.1 Zigaretten, Zigarren, Pfeifen und Wasserpfeifen .....                        | 10  |
| 2.1.1.2 Kautabak, Snus .....                                                         | 11  |
| 2.1.1.3 Schnupftabak .....                                                           | 12  |
| 2.1.2 Nikotinpräparate .....                                                         | 13  |
| 2.1.2.1 Nikotinpflaster .....                                                        | 14  |
| 2.1.2.2 Nikotinkaugummi, Lutschtabletten, Sublingualtabletten und Nikotinspray ..... | 14  |
| 2.1.2.3 Nasalspray .....                                                             | 15  |
| 2.1.2.4 E-Zigarette und Inhaler .....                                                | 16  |
| 2.2 Auswirkung von Nikotin auf sportliche Leistungsfähigkeit .....                   | 17  |
| 2.2.1 Definition Sportliche Leistungsfähigkeit .....                                 | 17  |
| 2.2.1.1 Ausdauer .....                                                               | 19  |
| 2.2.1.2 Kraft .....                                                                  | 21  |
| 2.2.1.3 Schnelligkeit .....                                                          | 24  |
| 3 Methoden .....                                                                     | 26  |
| 3.1 Systematic Review .....                                                          | 26  |
| 3.2 Datenbankrecherche .....                                                         | 26  |
| 3.3 Ein- und Ausschlusskriterien .....                                               | 29  |
| 3.3.1 Studiendesign .....                                                            | 29  |
| 3.3.2 Population .....                                                               | 29  |

|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 3.3.3 | Studiendurchführung .....      | 30 |
| 3.3.4 | Untersuchungsparameter .....   | 30 |
| 3.3.5 | Ausschlusskriterien .....      | 31 |
| 3.3.6 | Eingeschlossene Studien .....  | 31 |
| 4     | Ergebnisse.....                | 33 |
| 5     | Diskussion .....               | 56 |
| 6     | Ausblick .....                 | 64 |
| 7     | Literaturverzeichnis.....      | 65 |
| 8     | Eingeschlossene Studien.....   | 70 |
| 9     | Abbildungsverzeichnis .....    | 72 |
| 10    | Tabellenverzeichnis .....      | 73 |
| 11    | Anhang .....                   | 74 |
| 11.1  | Ausgeschlossene Studien .....  | 74 |
| 11.2  | Eidesstattliche Erklärung..... | 76 |

# 1 Einleitung

Nikotin, das Hauptalkaloid der Tabakpflanzen, wurde bereits vor dem 16. Jahrhundert in Mittelamerika konsumiert. Heute weiß man, dass es verantwortlich für die abhängigkeiterzeugende Wirkung ist, was vermutlich mit der verstärkten Freisetzung von Dopamin im Nucleus Accumbens, dem Belohnungszentrum, zusammenhängt (Pötschke-Langer, Schenk & Schaller, 2008; Le Houezec, 2003; Haustein, 2001; Mündl, 2001).

Weltweit finden sich etwa 942 Mio. Raucher und 175 Mio. Raucherinnen, die 2016 gemeinsam etwa 5,7 Billionen Zigaretten geraucht haben. In Österreich werden pro Jahr und Kopf etwa 1.927 Zigaretten geraucht. Das Problem dabei ist, dass Rauchen und auch rauchfreie Tabakprodukte gesundheitsschädigend sind. So starben im Jahr 2006 weltweit etwa 7,1 Millionen Menschen an den Folgen des Tabakkonsums, wobei 6,3 Millionen zu Lasten des Zigarettenkonsums geht, gefolgt von 884.000 Toten durch Passiv-Rauch(en). 2016 waren es in Österreich 10.346 Menschen, die an den Folgen des Tabakkonsums starben (Drope et. al, 2018).

Spannend wird es, wenn man sich die Forschungen zu Nikotin und seiner Auswirkung auf die sportliche Leistungsfähigkeit ansieht, denn hier entsteht ein konträres Bild, das zum einen ergogene Wirkungen aufzeigt (Mündel & Jones, 2006; Tucha & Lange, 2004; Heishman, Taylor & Henningfield, 1994) im Gegensatz dazu stehen Studien, die keinerlei Auswirkung auf die Aspekte der sportlichen Leistungsfähigkeit nachweisen können (Bekker, Böcker, Van Hunsel, van den Berg & Kenemans, 2005; Van Duser & Raven, 1992; Baldini, Skinner, Landers & O'Connor, 1992; Hindmarch, Kerr & Sherwood, 1990). Die Aufklärung darüber kann insofern eine große Bedeutung, als dass Nikotin von der WADA, der World-Anti Doping Agency, auf die Liste verbotener Substanzen gesetzt wird, wenn nachgewiesen werden kann, dass Nikotin zur Leistungssteigerung eingesetzt wird. Denn seit 2012 befindet sich Nikotin bereits im Monitoring Program, in dem Substanzen erfasst sind, die bei der Analyse von Dopingproben routinemäßig mituntersucht werden um Missbrauchstendenzen festzustellen (NADA, 2018). In einer Untersuchung in der Schweiz wurden Urinproben von Dopingkontrollen ausgewertet, mit dem Ergebnis, dass 23% dieser Spuren von Nikotin aufwiesen, 15,3% davon zeigten, dass die Nikotinanwendung unmittelbar vor oder sogar während des Wettkampfes stattfand (Marclay, Grata, Perrenoud & Saugy, 2011). Aufgrund der noch nicht eindeutigen wissenschaftlichen Erkenntnisse besteht hier die Gefahr, dass vor allem bei Sportlern und Sportlerinnen eine Abhängigkeit von Nikotin entsteht, weil sie von einem leistungssteigernden Effekt ausgehen. Doch selbst wenn leistungssteigernde Effekte

festgestellt werden, bleibt eine gesundheitsschädigende und abhängigkeiterzeugende Wirkung erhalten, was für ein Verbot von Nikotin im Sport sprechen würde. Verschiedene Forscher und Forscherinnen des Deutschen Krebsforschungszentrum sehen große Gefahr, denn rauchlose Tabakprodukte seien „gesundheitsschädlich, erzeugen Abhängigkeit, sind attraktiv für Jugendliche und unterliegen aggressivem Marketing, steigern langfristig den Tabakkonsum und haben obendrein keinen erwiesenen Nutzen in der Tabakentwöhnung, denn die Anzahl der Raucher sinkt auch in Ländern ohne rauchlose Tabakprodukte“ (Schaller, Nair & Kahnert, 2010; Bertram, Haid, Pötschke-Langer, Schaller & Straif, 2006).

In diesem Zusammenhang soll mit dieser Diplomarbeit ein Systematic Review erstellt werden, der die Auswirkungen von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit in übersichtlicher und nachvollziehbarer Weise darstellt. Hierbei sollen nicht nur Forschungsergebnisse dargestellt sein, sondern es soll in weiterer Folge auch auf Forschungslücken hingewiesen werden, damit man sich in Zukunft gezielt bestimmten, noch nicht bzw. schlecht erforschten Inhalten widmen kann.

## **1.1 Gliederung der Arbeit**

Zu Beginn wird im Kapitel „Theoretische Grundlagen“ ein Einblick in die Herkunft und Wirkungsweise des Nikotins gegeben. Dabei wird auch auf die verschiedenen nikotinenthaltenden Produkte eingegangen. Schließlich wird im darauffolgenden Kapitel „Auswirkungen von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit“ zuerst eine Begriffsabgrenzung vorgenommen, um die für diese Arbeit relevanten Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit zu skizzieren und sie in Bezug mit der Nikotinanwendung zu setzen.

In weiterer Folge berichtet das Kapitel „Methoden“ über den Arbeitsvorgang, in dem die Suchvorgänge, die Selektion und Auswahl der relevanten Artikel und Studien anhand ihrer Ein- und Ausschlusskriterien möglichst genau dokumentiert sind, um die für den Systematic Review nötige Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten.

Im Kapitel „Ergebnisse“ werden die Untersuchungsergebnisse des Systematic Reviews tabellarisch und in Textform zusammenfassend dargestellt, wobei hier zum Teil Unterteilungen anhand der formulierten Forschungsfragen erstellt werden.

Passierte die Ergebnisdarstellung zuvor noch auf neutrale Art und Weise, so wird im Diskussionsteil zum einen auf die kritische Analyse und zum anderen auf die gestellten Forschungsfragen eingegangen um letztendlich zu deren Beantwortung zu gelangen. Des Weiteren werden hier noch die Inhalte und Methoden der in den Systematic Review eingeschlossenen Studien diskutiert.

Im letzten Schritt wird im Kapitel „Conclusio“ ein Ausblick auf künftige Forschung(en) und deren potentielle Forschungsfragen gegeben, denn Forschungslücken gehören geschlossen, wenn man die Gesundheit der Menschen nicht noch weiter gefährden möchte.

## **1.2 Forschungsfragen**

Im Folgenden werden die Forschungsfragen vorgestellt, die durch den Systematic Review beantwortet werden sollen. Dazu werden alle für die Thematik relevanten Artikel gesucht und ausgewertet. Dabei soll die Auswertung klare Ergebnisse über die Auswirkungen von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit liefern. Des Weiteren soll geklärt werden, wie Nikotin sich auf die verschiedenen Parameter der sportlichen Leistungsfähigkeit auswirkt. Die Beantwortung der dritten Forschungsfrage widmet sich somit den verschiedenen Möglichkeiten der Nikotinzufuhr in Abhängigkeit der Forschungsergebnisse. Demnach sollen eventuelle Unterschiede der Ergebnisse, also

sowohl des betreffenden Aspekts der sportlichen Leistungsfähigkeit, sowie auch der Verabreichungsform des Nikotins in Bezug auf die Wirkung, aufgezeigt werden.

**- Wie wirkt sich Nikotinanwendung auf unterschiedliche Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit aus?**

**- Besteht wissenschaftliche Evidenz dahingehend, dass sich Nikotin auch positiv auf Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit auswirken kann?**

**- Bestehen Unterschiede hinsichtlich der Auswirkung von Nikotinanwendung auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Anwendungsmethode (Oral, Nasal, Transdermal, etc.)?**

**- Bestehen Unterschiede hinsichtlich der Auswirkung von Nikotinanwendung auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von habituellen bzw. erstmaliger Anwendung?**

Nichtsdestotrotz geht es hier nicht nur um die bloße Beantwortung der Fragen, sondern auch um die Qualität der Studien und deren Ergebnisse, denn diese können hinsichtlich ihrer Validität starken Schwankungen unterliegen. Außerdem soll dieser Systematic Review für künftige Untersuchungen als Orientierung dienen können, indem er auf Wissens- bzw. Forschungslücken hinweist und indem auf Fehler bzw. Mängel der angeführten Autoren und Autorinnen aufmerksam gemacht wird.

## 2 Theoretische Grundlagen

Im Kapitel 2 werden zunächst die theoretischen Grundlagen erarbeitet. Dabei geht es in Kapitel 2.1 darum zu veranschaulichen, woher Nikotin kommt, welche Verarbeitungsformen es gibt und in welcher Form Nikotin zu sich genommen werden kann. In weiterer Folge soll erläutert werden, wie Nikotin auf den menschlichen Körper wirkt um später, in Punkt 2.2, auf die sportliche Leistungsfähigkeit einzugehen. Was sportliche Leistungsfähigkeit ist, soll dabei definiert werden und außerdem wird auf die Aspekte sportlicher Leistungsfähigkeit eingegangen, um letztlich zu erfahren, wie Nikotin auf diese Bereiche wirken kann.

### 2.1 Nikotin – Herkunft und Pharmakologie

Nikotin wird aus der Tabakpflanze gewonnen. Diese ist ein Nachtschattengewächs, das bereits von den Maya und Azteken entdeckt wurde und ist verwandt mit der Kartoffel oder der Tomate. Die Herkunft scheint Mittel- und Südamerika zu sein, wobei es auch auf den Sundainseln und auf Australien heimisch war, wobei „der Konsum vor dem 16. Jahrhundert allerdings nur bei den Kulturen Mittelamerikas nachgewiesen ist“ (Pötschke-Langer, 2009; Mündl, 2001, S. 12). An dieser Stelle ist festzuhalten, dass sich das Kapitel 2.1.1 mit der Verarbeitung von Tabak beschäftigt. In diesem Kapitel soll es weiter um Nikotin gehen.

Des Weiteren gibt es zwei Gattungen, die für die Tabakproduktion verwendet werden können, diese sind der virginische Tabak, *Nicotiana tabacum*, und der Bauerntabak, *Nicotinana rustica*. Tabak enthält das Alkaloid Nikotin, das für die abhängigkeiterzeugende Wirkung verantwortlich ist, was vermutlich mit der verstärkten Freisetzung von Dopamin im Nucleus Accumbens, dem Belohnungszentrum, zusammenhängt (Pötschke-Langer, Schenk & Schaller, 2008; Le Houezec, 2003; Haustein, 2001). Haustein (2001, S. 96) hält fest, dass die Sucht erzeugende Wirkung von Nikotin mit derer von Heroin und Kokain zu vergleichen ist.“

Vor allem über das Epithel der Lungenalveolen kann nämlich Nikotin die Blut-Hirnschranke schnell überschreiten, weil der Weg des Lungenkreislaufes sehr kurz ist, erreicht das Nikotin nach nur ca. 10 bis 20 Sekunden das Gehirn (Le Houezec, 2003), Betram et al. (2006, S. 7) sprechen sogar von 7 bis 10 Sekunden. Wie schnell das bei anderen Tabakprodukten geht, wird in den nachstehenden Unterpunkten durchleuchtet. Erreicht das Nikotin das Gehirn, bindet es nikotinerge Acetylcholinrezeptoren. Da Nikotin im ionisierten Zustand nicht einfach die Zellmembrane durchqueren kann, ist es wichtig, dass es bei der Bindung einen Kanal öffnet, der den Eintritt von Natrium und Kalzium

erlaubt. Letzteres erlaubt bei Reaktion mit einem Neutron die Freisetzung von Neurotransmittern, im mesolimbischen System Dopamin und im *Locus Caeruleus* Noradrenalin (Benowitz, 2010; Le Houezec, 2003; Haustein, 2001).

Wenn man nun über die Wirkung des Nikotins spricht, wird man sehen, dass diese sehr vielseitig ist, denn Nikotin wirkt demnach sowohl auf periphere, sowie auf zentrale nervale Strukturen (Benowitz; 2010; Le Houezec, 2003; Wittberger, 2001; Haustein, 2001). Elbert und Rockstock (2003) erklären, dass Nikotin entweder stimulierend, zentralnervös aktivierend bzw. sedierend und entspannend wirkt. Hierbei sind die Unterschiede abhängig von Dosis, Applikationsstart und Zeit nach der Gabe, wobei regelmäßige Anwendung zu Up-Regulation führt, was heißt, dass die Rezeptordichte zunimmt. Die Konsequenz daraus ist, dass Hormone oder Neurotransmitter eine erhöhte Zellempfindlichkeit aufweisen und neue Rezeptoren gebildet werden, vorzugsweise im Hippocampus, Gyrus Rectus und im zerebellären Kortex (Haustein, 2001).

Freigesetzt wird aber nicht nur Dopamin, sondern auch von GABA (Gamma Aminobuttersäure) und Glutamat, von denen Le Houezec (2003, S. 814) vermutet, dass „Neuroadaptionen dieser Neurotransmittersysteme zur Entwicklung von Toleranz gegenüber Nikotin und der Aufrechterhaltung der Abhängigkeit beitragen“. Die Veränderungen verstärken die erneute Zufuhr von Nikotin, da es einerseits zu einer positiven Verstärkung des Verhaltens kommt, andererseits zur Vermeidung der Entzugserscheinungen.

Nachstehend die pharmakologische Wirkung von Nikotin und die Wirkung von Nikotin im Gehirn (Schaller, Batra, Lindinger & Nair, 2008, S.

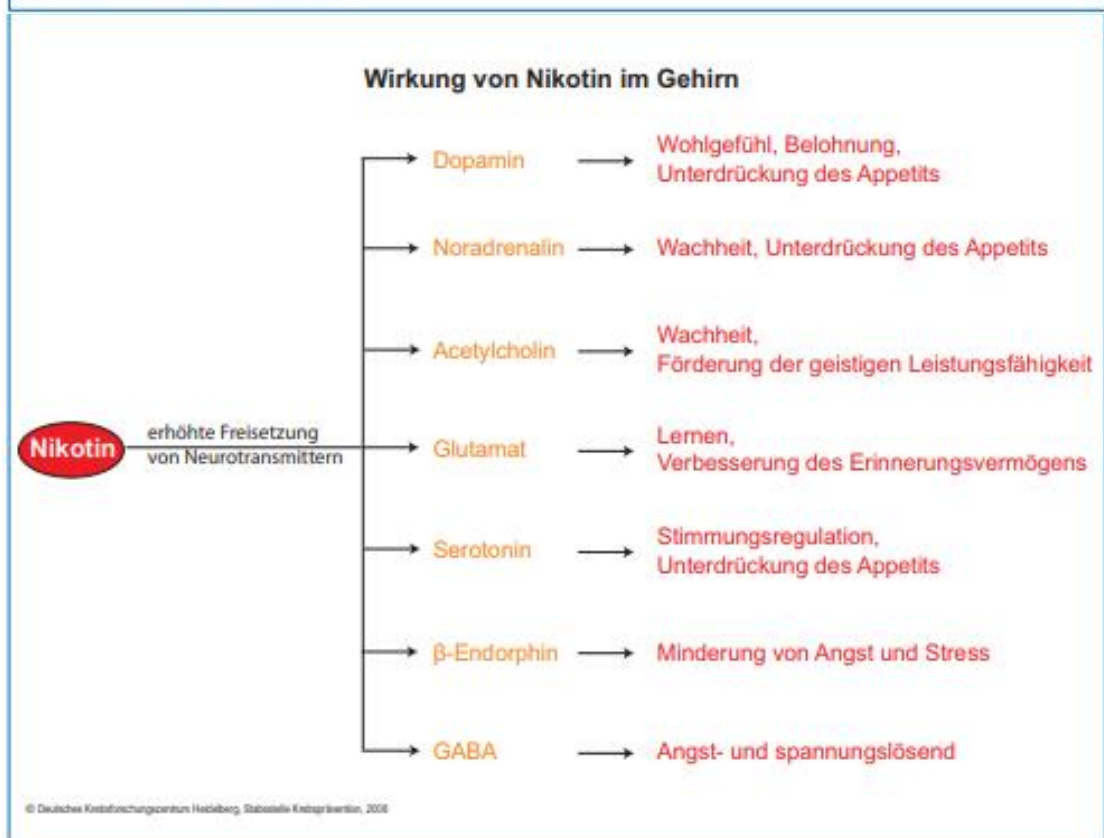
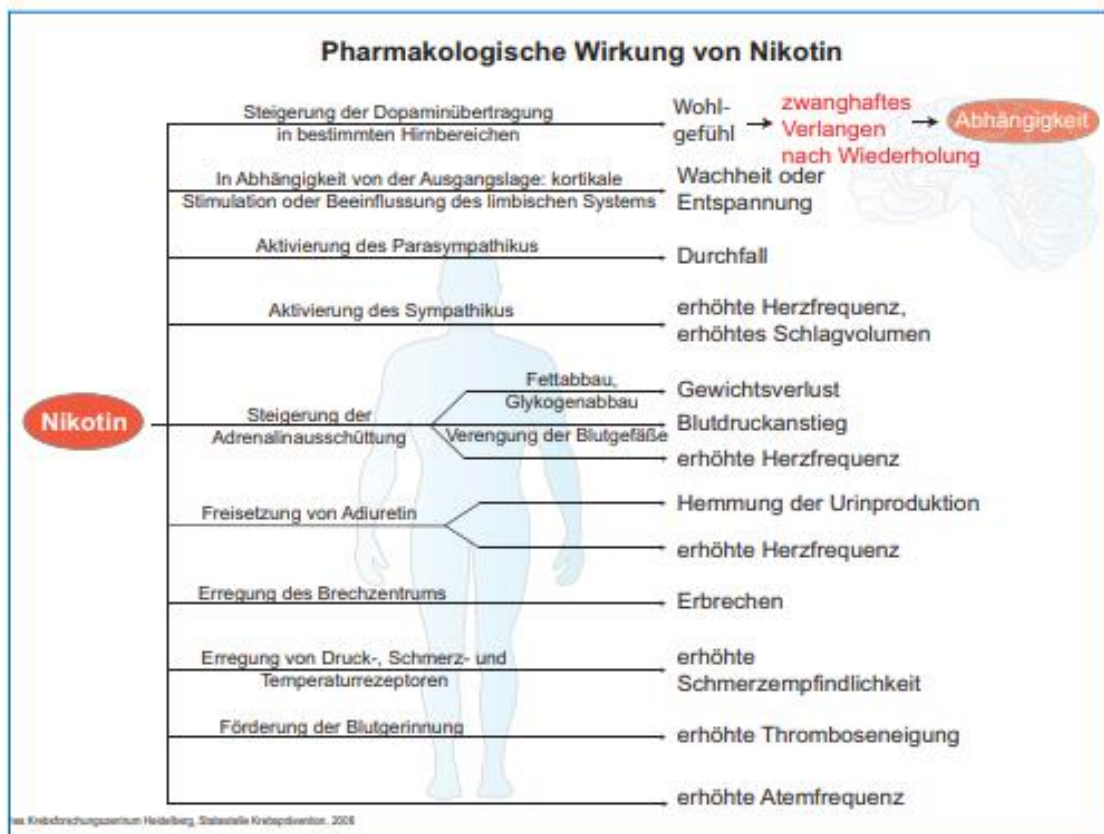


Abbildung 1: Pharmakologische Wirkung von Nikotin und Wirkung von Nikotin im Gehirn (Schaller, Batra, Lindinger & Nair, 2008, S. 1)

Diese Grafik kann durch die Informationen von Haustein (2001, S. 82) zu einer sehr guten Übersicht über die Pharmakologie des Nikotins ergänzt werden:

- Freisetzung von Adrenalin aus der Nebenniere →
- Freisetzung von Noradrenalin im Hypothalamus (zentrale Erhöhung des Sympathikotonus) → Wachheit, Unterdrückung des Appetits,
- Freisetzung von Dopamin im mesolimbischen System → Wohlgefühl, Belohnung, Unterdrückung des Appetits
- Anstieg der Katecholamine im strömenden Blut mit Beeinflussung des Blutdrucks, der Herzfrequenz und von Blutgerinnungsfaktoren
- Unterschiedliche Steigerungen der Magensäure-Sekretion
- Ulzerogene Wirkung über eine verminderte Durchblutung der Schleimhaut
- Erregende Wirkung auf das ZNS (niedrige Dosen): Tremor, Dämpfung von Emotionen, Steigerung des Konzentrationsvermögens
- Atemstimulierende Wirkung über die Glomera carotica und aortica
- Stimulation des Brechzentrums

Die Pharmakokinetik, die die Einwirkungen und den Verlauf der Konzentration eines Arzneimittels auf den bzw. im Organismus in Abhängigkeit von der Zeit beschreibt, wird von Haustein (2001, S. 84) so beschrieben:

„Nikotin wird aus den verschiedenen Tabakzubereitungen unterschiedlich schnell resorbiert. Durch Kauen oder Schnupfen von Tabak werden große Mengen des Alkaloids langsamer als aus der Zigarette aufgenommen. Beim Rauchen von Zigarren oder Pfeifentabak werden über die Schleimhäute je nach Verweildauer des Rauchs in der Mundhöhle unterschiedlich große Mengen von Nikotin resorbiert. Dementgegen wird aus inhaliertem Zigarettenrauch Nikotin extrem schnell über das Epithel der Lungenalveolen aufgenommen und gelangt unter Umgehung der Leber ins Gehirn.“

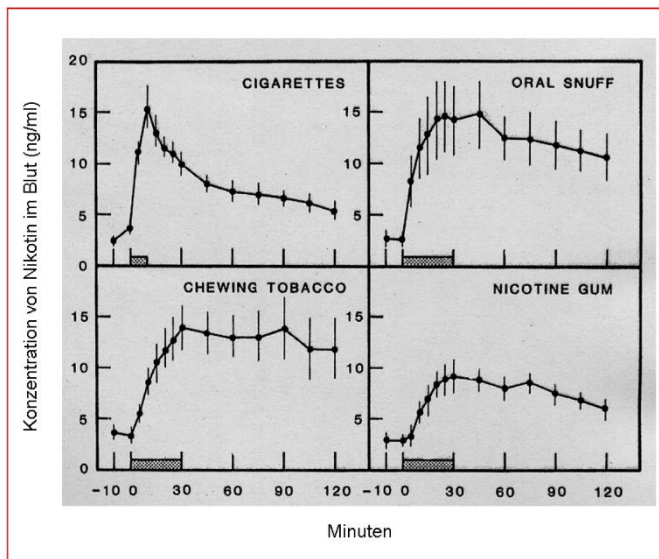


Abbildung 2: Änderungen des Nikotin-Plasmaspiegels unter Zigaretten, Schnupftabak, Kautabak und Nikotinkaugummi bei einmaliger Anwendung (Haustein, 2001, S. 84)

In Abbildung 2 erkennt man demnach, dass das Nikotin des Zigarettenrauches bereits in den ersten Minuten eine Spitze erreicht, was, wie weiter oben erwähnt, sehr ausschlaggebend für die abhängigkeiterzeugende Wirkung ist, denn so entsteht ein regelrechter „Kick“. Man sieht ebenso, dass sich die Nikotinkonzentration von Kautabak und Oral Snuff (In Europa wird Schnupftabak als Snuff bezeichnet, in den USA bezeichnet Snuff oralen Tabak) im Gegensatz zu Zigaretten, sehr ähnlich verhalten. Bertram et al. (2006, S. 20) klären auf:

„Nikotin gelangt zwar etwas langsamer und in etwas geringerem Maß ins Blut als nach dem Rauchen einer Zigarette, die Nikotinkonzentration sinkt jedoch nach dem Genuss von rauchlosem Tabak langsamer ab; dadurch sind Konsumenten von rauchfreien Tabakprodukten insgesamt einer höheren Nikotinexposition ausgesetzt als Raucher“.

Der Abbau des Nikotins erfolgt in der Leber und wird in der Literatur durchwegs gleich beschrieben. Abgebaut wird Nikotin durch oxidative Prozesse in der Leber und zwar mit einer Halbwertszeit von ca. zwei Stunden. Das wichtigste Abbauprodukt für die Bestimmung im Urin, wie es die WADA macht, ist Cotinin aufgrund seiner längeren Halbwertszeit von etwa 20-30 Stunden. Haustein (2001, S. 86) skizziert den metabolischen Abbau von Nikotin in Abbildung 3 folgendermaßen:

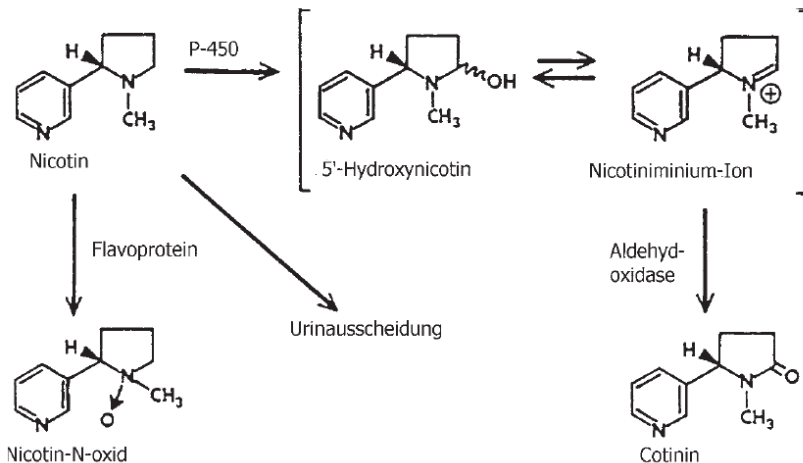


Abbildung 3: Abbau von Nikotin, schematisch dargestellt (Haustein, 2001, S. 86)

## 2.1.1 Tabakprodukte

In diesem Unterkapitel werden die verschiedenen gängigen Tabakprodukte vorgestellt und auf deren spezifische Wirkungsweise auf den menschlichen Körper eingegangen.

### 2.1.1.1 Zigaretten, Zigarren, Pfeifen und Wasserpfeifen

Zigaretten machen mit weltweit ungefähr 96 % den bei Weitem größten Teil des Marktes für Tabakprodukte aus. Hierbei gibt es hinsichtlich des verwendeten Tabaks Unterschiede in der Wirkung bzw. Aufnahme, wie oben bereits angeführt. Wir werden aber sehen, dass es auch bei den verschiedenen Tabakwaren, die für das Rauchen vorgesehen sind, Merkmale gibt, die die verschiedenen Produktionsweisen charakterisieren.

Üblicherweise werden Zigaretten maschinell gefertigt, erhalten zumeist einen Filter und bestehen aus geschreddertem und homogenisiertem Tabak. Um den Tabak feucht zu halten und um Aromen ausbilden zu können, werden ihm zahllose Substanzen beigefügt (Bertram et al., 2006).

Unbestritten ist das Thema um die bis zu 600 Zusatzstoffe in Zigaretten, die sich im Tabakrauch in eine Mischung aus über 4800 Substanzen verwandelt, von denen 70 nachgewiesen krebserregend sind (Pötschke-Langer et al., 2009; Pötschke-Langer, Schenk & Schaller, 2008; Bertram et al., 2006).

Zigarren gelangten um das 18. Jahrhundert nach Europa und wurden schnell zur begehrten Ware. Im Jahre 1840 importierte Großbritannien bereits 13 Millionen Zigarren

und im Jahre 1845 löste die Zigarre in Kuba Kaffee als meist exportierte Ware ab (Mündl, 2001). Es wird bei der Produktion eine Einlage aus ganzen, gerissenen oder zerkleinerten Tabakblättern von einem Umblatt sowie von einem Deckblatt umschlossen. Es gibt jedoch bereits Zigarillos, die wiederum von einer anderen Tabaksorte erzeugt werden. Die Unterschiede zur Zigarre liegen zum einen in der Größe, da Zigarillos üblicherweise kleiner sind als Zigarren und zum anderen wird bei Zigarillos als Umblatt homogenisierter Tabak verwendet (Bertram et al., 2006).

Der Tabak, den man verwendet um Zigaretten selbst zu drehen oder in Hülsen zu stopfen, wird gewöhnlich als Feinschnitt bezeichnet. Dieser Tabak ist fein geschnitten und lose, ebenso wie Pfeifentabak, der jedoch mit natürlichen oder chemischen Aromen sowie alkoholischen Getränken versetzt wird (Bertram et al., 2006).

Ein weiteres Produkt der Tabakproduktion stellt Wasserpfeifentabak dar. Dieser enthält zusätzlich Melasse, Glycerin und Aromastoffe und ist besonders feucht aufgrund der enthaltenen Feuchthaltemittel. In den USA ist die Wasserpfeife, nach Zigaretten, bereits die populärste Form des Tabak Rauchens (Shishani, Howell, McPherson & Roll, 2014).

#### **2.1.1.2 Kautabak, Snus**

Kautabak wird in Rollen, Stangen, Würfeln oder Platten produziert und eignet sich zum Kauen oder Lutschen. Zur Herstellung wird stark nikotinhaltiger Rohtabak verwendet. Da Kautabak für den oralen Gebrauch bestimmt ist, wird er mit verschiedenen Substanzen versetzt, wie zB Traubenzucker, Lakritze, Kandiszucker, Fruchtesenzen oder Menthol. (Bertram et al., 2006).

Beim aus Schweden stammenden Snus wird entweder ein kleines Täschchen, bestehend aus fein gemahlenem Tabak, Aromen, Salzen Wasser, Feuchthaltemittel und Puffer, oder eben die noch nicht verpackierte Masse zwischen Lippe und Zahlfleisch deponiert (Schaller, Nair & Kahnert, 2010). Snus darf grundsätzlich nur in Schweden verkauft werden, in den restlichen Ländern der EU ist es seit 1992 verboten. Snus weist, je nach pH-Wert, einen freien Nikotingehalt von bis zu 68% auf, was bei Durchschnittskonsumenten und –konsumentinnen bedeutet, dass sie in etwa dieselbe Menge an Nikotin aufnehmen, als würden sie 30 bis 40 Zigaretten täglich rauchen. Aufgenommen wird das Nikotin über die Mundschleimhäute (Bertram et al., 2006). Besonders das deutsche Krebsforschungszentrum Heidelberg setzte sich mit den gesundheitsschädlichen Wirkungen auseinander. Schaller, Nair und Kahnert (2010),

Pötschke-Langer et al. (2009), sowie Bertram et al. (2006) berichten von den gesundheitsschädlichen Wirkungen und dem hohen Abhängigkeitspotential von Snus. Lars-Erik Holm, Generaldirektor der schwedischen nationalen Behörde für Gesundheit und Soziales, findet klare Worte: "Der Konsum von Snus verursacht ernste Gesundheitsschäden. Snus sollte nicht als Ersatz für Zigaretten empfohlen werden – egal, wie viel schädlicher Rauchen sein mag" (zit. n. Pötschke-Langer et al., 2009, S. 20). Diese Gesundheitsschäden werden natürlich auch wissenschaftlich bestätigt und umfassen folgende Gesundheitsrisiken, die selbstverständlich für alle oralen Tabakprodukte gleichermaßen gelten (Schaller, Nair und Kahnert, 2010; Bertram et al., 2006):

- Abhängigkeit und Risiko mit Rauchen zu beginnen
- Parodontitis, Karies, Zahnfleischrückgang, Zahnverlust
- Mundhöhlen-, Speiseröhren-, Bauchspeicheldrüsenkrebs
- Vergiftung durch Verschlucken (vor allem bei Kleinkindern)
- Frühgeburt, Präeklampsie
- Möglicherweise: Schäden des Herz-Kreislaufsystems, Diabetes, metabolisches Syndrom

Auf die jeweilige Pharmakokinetik wurde bereits weiter oben eingegangen. Festzuhalten bleibt, dass die langanhaltende Konzentration im Blut für Sporttreibende dazu genutzt werden könnte, rauchfreie Tabakprodukte als leistungssteigernde Hilfe einzusetzen.

#### **2.1.1.3 Schnupftabak**

Schnupftabak, pulverisierter Tabak, gehört zu den rauchlosen Tabakprodukten. Er wird in kleinen Dosen (30-50 mg) durch Einatmen in die Nase gesogen, also *geschnupft*, und danach wieder entfernt. Es wird dunkler, nikotinreicher Brasiltabak verwendet, oder aber auch Orienttabak. Die Zusatzstoffe sind meist Aromen, Kräuter, getrocknete Früchte, Paraffin- und Salzlösung, wobei in Europa vermehrt gebeizter, mit Aromastoffen versetzter Tabak verwendet wird (Bertram et al., 2006). Eine sehr diskutierbare „Sportart“ hat sich im deutschsprachigen Raum (Schweiz, Österreich, Deutschland) etabliert, hier gibt es Bewerbe, in denen Teilnehmende sich im Schnupfen messen. Auch über eine zweijährlich stattfindende Weltmeisterschaft, bei der etwa 300 Menschen teilnehmen, berichtet die Frankfurter Allgemeine Zeitung (26.1.2018).

### 2.1.2 Nikotinpräparate

Nikotinpräparate wurden für die Raucherentwöhnung entwickelt, um nikotinabhängigen Menschen zu helfen. Die österreichische Website [www.nicht-rauchen-kann.at](http://www.nicht-rauchen-kann.at) beschreibt, dass „der große Unterschied zu Zigaretten darin liegt, dass schädliche und krebserregende Stoffe in Präparaten nicht enthalten sind.“ Wenn man jetzt denkt, dass Nikotinpräparate im Sport wenig eingesetzt werden und deshalb auch keine Gefahr gegeben ist, dass es zu Missbrauch kommt, der könnte sich irren. Gerade wenn es um Doping geht und man sich im illegalen Bereich befindet, könnten die Nikotinpräparate eine wichtige Rolle spielen, denn jeder und jede Sporttreibende könnte sich beispielsweise ein Nikotinpflaster, für andere unsichtbar, auf die Haut kleben um so die sportliche Leistung zu verbessern. Bei der Raucherentwöhnung scheinen diese Mittel jedenfalls ganz hilfreich zu sein, immerhin 30-40% konnten damit erfolgreich entwöhnen (Haustein, 2001).

Abbildung 4 zeigt die Nikotin-Plasmaspiegel nach Konsum von einer Zigarette im Vergleich zu einem Nasalspray (1 mg), einem Inhalator (1 mg) und einem Nikotinkaugummi (2 mg).

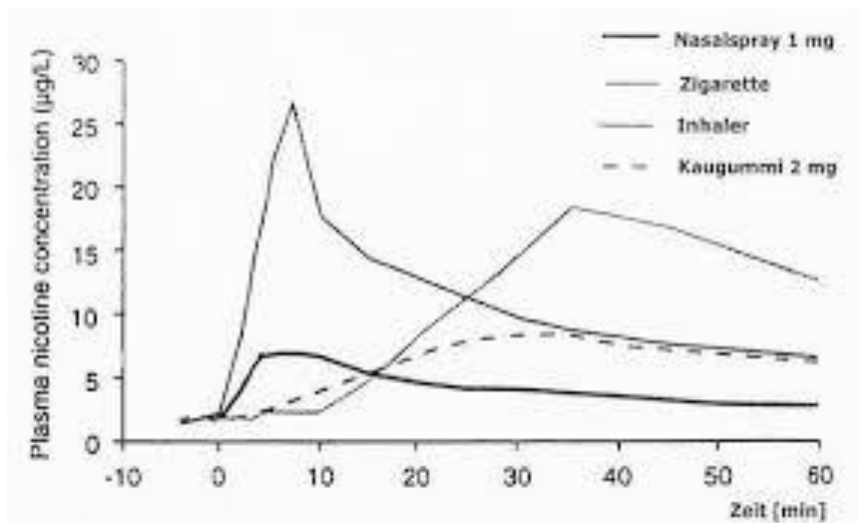


Abbildung 4: Nikotin-Plasmaspiegel nach Konsum verschiedener Nikotinprodukte (Schneider, Lunell, Olmstead & Fagerström, 1996, zit. n. Haustein, 2001, S. 87)

Wie man gut erkennen kann, erreicht kein Produkt eine vergleichbare hohe Nikotinkonzentration im Plasma. Erstaunlich ist dabei auch, wie schnell dies bei einer Zigarette geschieht, obwohl festzuhalten ist, dass der Nasalspray in kürzerer Zeit zu seiner Spitze kommt und der Inhaler, nach der Zigarette, ebenso einen hohen Spiegel erreichen kann, wobei dies erst nach ca. 35 Minuten geschieht.

### **2.1.2.1 Nikotinpflaster**

Nikotinpflaster bedienen sich eines transdermalen Liberationssystems, das gewährleisten soll, dass die Wirkstoffe über den Tagesverlauf konstant abgegeben werden. Sie setzen dabei über die Klebeschicht oder eine Zwischenmembran eine bestimmte Menge Nikotin frei. Ein ausreichender Nikotinspiegel wird etwa 25 – 30 Minuten nach dem Aufkleben des Pflasters erreicht. Da das Pflaster während des Schlafes nicht getragen werden soll, geht man also von ca. 16 Stunden aus, in denen die Inhaltsstoffe in die Haut eintreten. Für die Raucherentwöhnung spielt es keine Rolle, ob das Pflaster 16 oder 24 Stunden getragen wird (Haustein, 2001). Autor Ulrich Schmidt beschreibt im Magazin „Spektrum der Wissenschaft“ (2003, S. 42) wie die Pflaster funktionieren:

„Unter der Abdeckfolie befindet sich das Reservoir mit dem Wirkstoff. Von dort durchdringt die Substanz die äußerste Hautschicht, die Epidermis, bevor sie von den darunterliegenden Kapillargefäßen in den Blutkreislauf aufgenommen wird. Die Wirkstoffmoleküle diffundieren durch mikroskopisch kleine Lücken zwischen den Hautzellen, aber auch durch die Zellen selbst; nur 0,1 bis 0,5 Prozent gelangen durch Poren und Drüsen in den Körper. Die Moleküle müssen einerseits fettlöslich sein, um durch die Haut zu gelangen, andererseits aber auch gut wasserlöslich für ihre Reise im Blut.“

Der Marktführer bei transdermalen therapeutischen Systemen, LTS, schreibt auf seiner Homepage:

„Vielseitige LTS-TTS-Technologien ermöglichen eine optimale Dosierung jedes Wirkstoffs. Das Wirkstoffmolekül sollte eine gewisse Größe (ca. 500 g/mol) nicht überschreiten, um die Hautbarriere überwinden zu können. Bislang sind weltweit 20 Wirkstoffe bekannt, die diese Voraussetzungen erfüllen.“

Haustein (2001, S. 329) ergänzt, dass „die Systeme auf eine trockene, nicht behaarte Körperstelle bei täglich wechselndem Hautareal aufgetragen werden.“ Bei einem Produkt ist es auch ausschlaggebend, an welcher Stelle am Körper man das Pflaster aufträgt. Zu den häufigsten unerwünschten Effekten zählen ein Brennen auf der Haut, an der Stelle, an der das Pflaster aufgetragen wurde oder auch leichte Irritationen.

### **2.1.2.2 Nikotinkaugummi, Lutschtabletten, Sublingualtabletten und Nikotinspray**

Für die medikamentöse Unterstützung bei der Raucherentwöhnung gibt es verschiedene Produkte, die zur Anwendung kommen. Die Vorteile dieser sind, im Gegensatz zum Pflaster, dass sie bei akutem Nikotinverlangen eingesetzt werden können, weil sie über die Mundschleimhaut sofort aufgenommen werden (NÖGKK, 2018).

Die Nikotinkaugummis, die in Österreich zu kaufen sind, weisen in der Regel einen Nikotingehalt von zwei bzw. vier Milligramm auf, wobei der 4-mg-Kaugummi bessere Ergebnisse bei der Raucherentwöhnung von schweren Rauchern und Raucherinnen zeigt (Haustein, 2001). Der Kaugummi soll langsam gekaut werden, damit das Nikotin nicht zu schnell freigesetzt wird, da es sonst zu einer Reizung der Mund- und Magenschleimhaut kommt, womit vermutlich das Brechzentrum angeregt wird und es dadurch zu Übelkeit kommen kann.

Über die Anwendung der nikotinhalten Lutschtabletten muss man weiter nichts sagen. Ihre Dosierung ist etwas geringer als die des Kaugummis, die Lutschtabletten gibt es mit 1 mg und mit 2 mg.

Im Unterschied zu den Lutschtabletten werden die Sublingualtabletten, wie der Name schon sagt, unter die Zunge gelegt und dort verwahrt, bis sie sich auflösen und Nikotin freigeben. Die Aufnahme erfolgt ebenso über die Mundschleimhaut, Die Dosis beträgt 2 mg.

Der Nikotinspray ist im Wesentlichen ein Mundspray, gut vergleichbar mit denen, die für einen frischeren Atem sorgen. Hierbei wird Nikotin ebenso über die Schleimhäute aufgenommen, nachdem es in den Rachenraum gesprüht wird. Ein Sprühstoß enthält in etwa 1 mg Nikotin. Wesentlich zu erwähnen ist hier, dass der Nikotinspray Alkohol enthält (NÖGKK, 2018).

### **2.1.2.3 Nasalspray**

Der Nasalspray ist „harter Tobak“, denn er wird zur Entwöhnung von sehr stark abhängigen Konsumenten und Konsumentinnen verwendet. Über die Nasenschleimhaut kann das darin enthaltene Nikotin, meist 1 mg, sehr schnell und in hohen Dosen aufgenommen werden (NÖGKK, 2018). Die Aufnahme erfolgt nur bei Zigaretten und dem Inhaler schneller als beim Nasalspray, wohingegen Nikotin aus Kaugummi und Pflaster langsamer aufgenommen werden. Die Abbildung 5 von Gourlay und Benowitz (1997, S. 455) zeigt, dass nach ungefähr fünf Minuten bereits die Spitze der Nikotinkonzentration im arteriellen Blut erreicht wird.

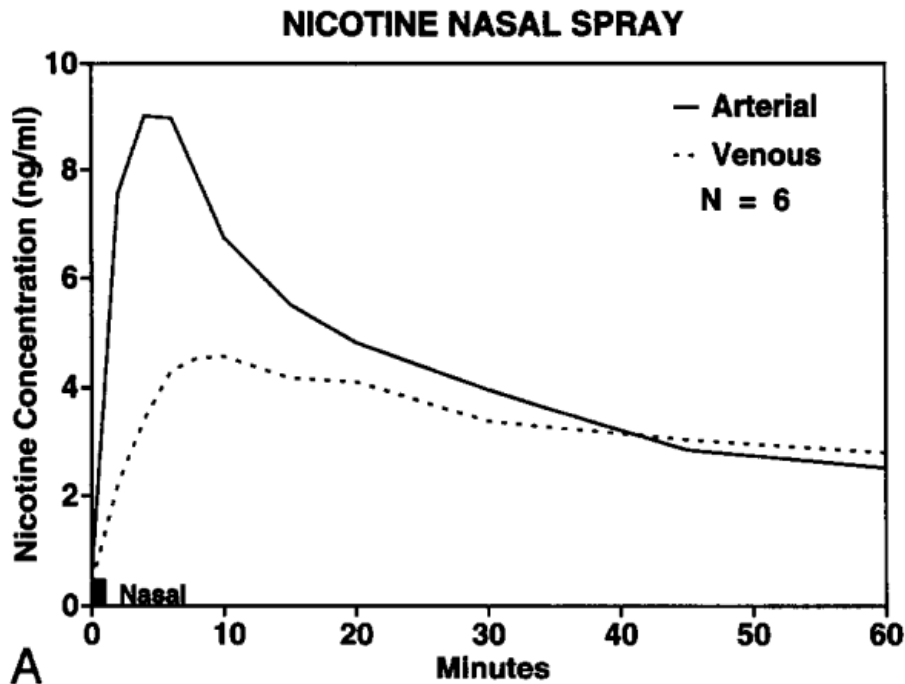


Abbildung 5: Mittlere arterielle und venöse Nikotinkonzentration im Plasma (Gourlay & Benowitz, zit. n. Haustein, 2001, S. 87)

#### 2.1.2.4 E-Zigarette und Inhaler

Sowohl die E-Zigarette, als auch der Inhaler (oder Nikotininhalator) haben eine der Zigarette ähnelnde Form und Größe.

Der Nikotininhalator enthält in einer Kapsel etwa 10-15 mg Nikotin, wobei ungefähr 2 mg der inhalierten 4 mg vom Körper absorbiert werden, was natürlich stark variiert, je nach Inhalation. Interessant ist hierbei die Wahl des Namens, denn eigentlich soll gar nicht in die Lunge inhaliert werden, da das Produkt für die Nikotinaufnahme über die Mundschleimhäute konzipiert ist (NÖGKK, 2018).

Die E-Zigaretten werden vor allem von Rauchern und Raucherinnen zur Tabakentwöhnung eingesetzt, wobei das deutsche Krebsforschungszentrum die Folgen und Auswirkungen noch unzureichend untersucht sieht. Bei dieser rauchfreien Art der Nikotinzufuhr wird ein Liquid vernebelt und inhaliert. Kritisiert wird nach einer systematischen Literaturrecherche von Schaller et al. (2013) die Unzuverlässigkeit der Informationen, die die Verbraucher und Verbraucherinnen erhalten, sowie die gesundheitlichen Auswirkungen wie etwa die Inhaltsstoffe der Liquids. „Beim Konsum elektrischer Zigaretten werden feine oder ultrafeine lungengängige Flüssigkeitspartikel, Nikotin und krebserzeugende Substanzen in die Raumluft abgegeben.“ (Schaller et al.,

2013, S. VIII). In weiterer Folge werden auch technische Probleme genannt, die unter Umständen zu einer Überdosierung führen können.

## **2.2 Auswirkung von Nikotin auf sportliche Leistungsfähigkeit**

In diesem Kapitel wird zunächst auf sportliche Leistungsfähigkeit eingegangen. Es wird hier versucht eine klare Abgrenzung der Begrifflichkeiten zu schaffen, um danach die Verbindung zu den Auswirkungen von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit herzustellen.

### **2.2.1 Definition Sportliche Leistungsfähigkeit**

Verschiedene Autoren (Schnabel, Harre, Krug & Borde, 2003; Mechling, 1989, zit. n. Bös & Beck, 1995; Gabler, 1988; Adam, 1978) gehen zunächst davon aus, dass jegliche Leistung mit einem vorausgenommenen Handlungsziel verknüpft ist und die Leistung somit das Ergebnis der Handlung darstellt.

Schnabel et al. (2003, S. 37) definieren die sportliche Leistung demnach als „die Einheit von Vollzug und Ergebnis einer sportlichen Handlung bzw. einer komplexen Handlungsfolge, gemessen bzw. bewertet an bestimmten sozial determinierten Normen“. Interessant zu erwähnen ist die Tatsache, dass Schnabel et al. hier allgemein bleiben, während Mechling (1989, S. 241, zit. n. Beck & Bös, 1995, S. 8) sich ein paar Jahre zuvor an die einzelne Person gerichtet hat, nämlich als „potentielle personale Leistungsvoraussetzung, die es gestattet, konkrete Aufgaben und Leistungsanforderungen zu bewältigen“.

Gabler (1988, S. 19) erwähnt explizit, dass es bei der sportlichen Leistung um die „eigene Anstrengung“ geht. Das ist aus dem Grund wichtig, weil man hier von einer Definition ausgehen kann, die sich gegen unerlaubte Hilfsmittel, wie z.B. Doping, richtet, was in der Einleitung bereits behandelt wurde.

Insofern gilt es festzuhalten, dass die sportliche Leistung viele beeinflussende Faktoren aufweist, die von den bereits genannten Autoren und Autorinnen angeführt werden. Im groben handelt es sich hier zumeist um Leistungsvoraussetzungen, die u.a. in innere und äußere (Weineck, 2010) bzw. in personeninterne und personenexterne (Gabler, 1988) unterteilt werden. Man kann davon ausgehen, dass die Leistungsvoraussetzungen wichtige Komponenten darstellen, die das Erreichen eines Handlungszieles, also die Leistung, beeinflussen.

Weineck (2010, S. 18), konstatiert, dass die Leistungsfähigkeit im Zusammenhang mit der Leistungsbereitschaft steht. Hierbei wird Röthig (2003, S. 339) zitiert, der die Leistungsfähigkeit definiert als die „maximal realisierbare Leistung in einer bestimmten Sportart oder -disziplin“. Hier sprechen Schnabel et al. (2003, S. 45) von „spezieller motorischer Handlungsfähigkeit bei sportlicher Tätigkeit“.

Die hier erwähnten „maximal realisierbaren Leistungen“ hängen natürlich von vielen verschiedenen Faktoren ab, die gemeinsam die sportliche Leistungsfähigkeit ausmachen. Wie man in Abbildung 6 gut sehen kann, ist die sportliche Leistungsfähigkeit ein komplexes System aus verschiedenen Fähigkeiten und Fertigkeiten, sowohl auf physischer, wie auch auf psychischer Ebene.

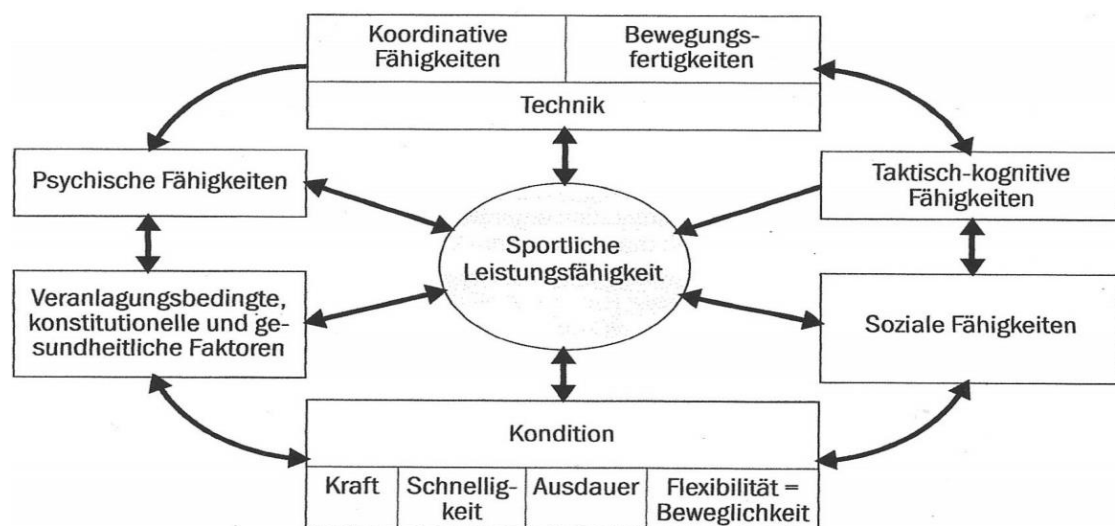


Abbildung 6: Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit (Weineck, 2007, S. 25)

Natürlich bestimmen Persönlichkeitsmerkmale genauso über die sportliche Leistungsfähigkeit wie Kraft. Konditionelle Fähigkeiten sind dabei ebenso wichtig wie ein Maß an sozialen Fähigkeiten. Für den Systematic Review werden vor allem die konditionellen Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit berücksichtigt, da in vielen Sportarten – wenn es um Doping geht – die ergogene Wirkung in Bezug auf ebendiese Faktoren ausschlaggebend erscheint. Demnach beschäftigt sich der Systematic Review mit den Komponenten Ausdauer, Schnelligkeit und Kraft, die laut Weineck (2010) auch zu den motorischen Hauptbeanspruchungsformen zählen und sie auf energetischen Prozessen basieren. Es sei angemerkt, dass es natürlich zu Vermischungen zwischen konditionellen und koordinativen Eigenschaften kommt aufgrund ihrer stetigen Wechselbeziehung, sie beeinflussen sich gegenseitig und sind voneinander abhängig.

### 2.2.1.1 Ausdauer

Den Begriff Ausdauer definiert Weineck (2010, S. 319) folgendermaßen: „Unter Ausdauer wird allgemein die psycho-physische Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Sportlers verstanden“. Auch Hollmann (1990, S. 78) nennt diesen Begriff, definiert es jedoch auch als „die Fähigkeit, eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht zu erhalten“. Um die Ausdauer noch genauer in ihre verschiedenen Arten zu unterteilen, kann man sich aus verschiedenen Perspektiven nähern. Dabei kann man aus morphologischer Sicht, also nach Anteil der beteiligten Muskulatur, in eine allgemeine und lokale Ausdauer unterscheiden. Eine andere Annäherung kann unter dem Aspekt der Sportartspezifität vorgenommen werden, hier kann in allgemeine und spezielle Ausdauer gegliedert werden. Berücksichtigt man die chemische Unterscheidung, also den Aspekt der muskulären Energiebereitstellung, so kann in aerobe und anaerobe Ausdauer unterteilt werden. Die nachstehende Tabelle veranschaulicht die verschiedenen Formen anhand verschiedener Aspekte.

*Tabelle 1: Arten der Ausdauer (mod. n. Weineck, 2010, S.319f; Hollmann, 1990, S. 78f)*

| Aspekte                                                      | Formen der Ausdauer                              |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Morphologischer Aspekt, Anteil der beteiligten Muskulatur    | Lokale und allgemeine Ausdauer                   |
| Sportartspezifischer Aspekt                                  | Allgemeine und spezielle Ausdauer                |
| Chemischer Aspekt, muskuläre Energiebereitstellung           | Aerobe und anaerobe Ausdauer                     |
| Aspekt der Zeitdauer                                         | Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer              |
| Aspekt der beteiligten motorischen Hauptbeanspruchungsformen | Kraft-, Schnellkraft- und Schnelligkeitsausdauer |

Da sich, wie weiter oben bereits besprochen, in den motorischen Endplatten Acetylcholin als Neurotransmitter um die Übertragung kümmert, ist es interessant zu untersuchen, wie Nikotin diese nikotinischen Acetylcholinrezeptoren beeinflusst. Deshalb ist es unumgänglich, sich mit der Unterschiedlichen Arten der Energiebereitstellung auseinanderzusetzen.

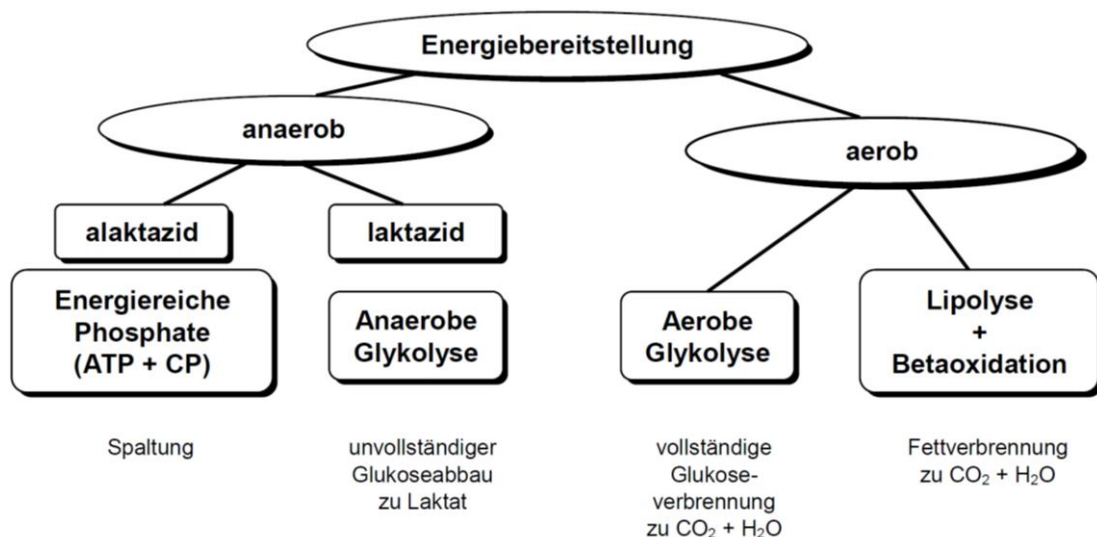


Abbildung 7: Anaerobe und aerobe Energiebereitstellung (Moosburger, 2009, S. 2)

Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, kann die Unterteilung fortgeführt werden, wobei sich die Prozesse der Energiegewinnung entweder anaerob, also ohne Sauerstoff, oder eben aerob, mit Sauerstoff, vollziehen. Man kann sagen, dass sich bei der Energiebereitstellung alles um das Adenosintriphosphat, kurz ATP, handelt. Egal welche Art der Energiegewinnung man durchleuchtet, das Ziel ist immer ATP zu spalten, um so die Muskelkontraktion zu ermöglichen.

Wenn man sich zuerst der anaeroben Energiebereitstellung widmet, kann man weiter unterscheiden in die alaktazide Phase und die laktazide. Alaktazid bedeutet, dass die Energie aus energiereichen Phosphaten gewonnen wird. Hierbei wird das in kleinen Mengen vorhandenen körpereigene ATP genutzt, aber nur für etwa fünf bis sieben Sekunden, wie man in Abbildung 8 sehen kann. Um den Wiederaufbau von ATP zu gewährleisten, muss nach den besagten fünf bis sieben Sekunden die anaerobe laktazide Resynthese eingeleitet werden. Das geschieht über die Glykolyse, bei der aus Glukose Pyruvat wird. Dieses wird ohne die Anwesenheit von Sauerstoff zum Endprodukt Laktat umgewandelt.

Bei Belastungen, die über 60 bis 90 Sekunden hinausgehen, geschieht eine aerobe Resynthese des ATP unter Verbrauch von Sauerstoff durch oxidative Verbrennung von Kohlehydraten oder Fetten, also Glukose bzw. Fettsäuren, die CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O abgebaut. (Weineck, 2010; Hollmann & Hettinge, 2000; Heck, 1990; Hollmann, 1990).

Wie wir in Abbildung 8 sehen, „geschieht die Resynthese nicht streng hintereinander, sondern sich überlappend, wobei sich die einzelnen Speicher jeweils auf Kosten des nachfolgenden füllen“ (Weineck, 2010, S.57).

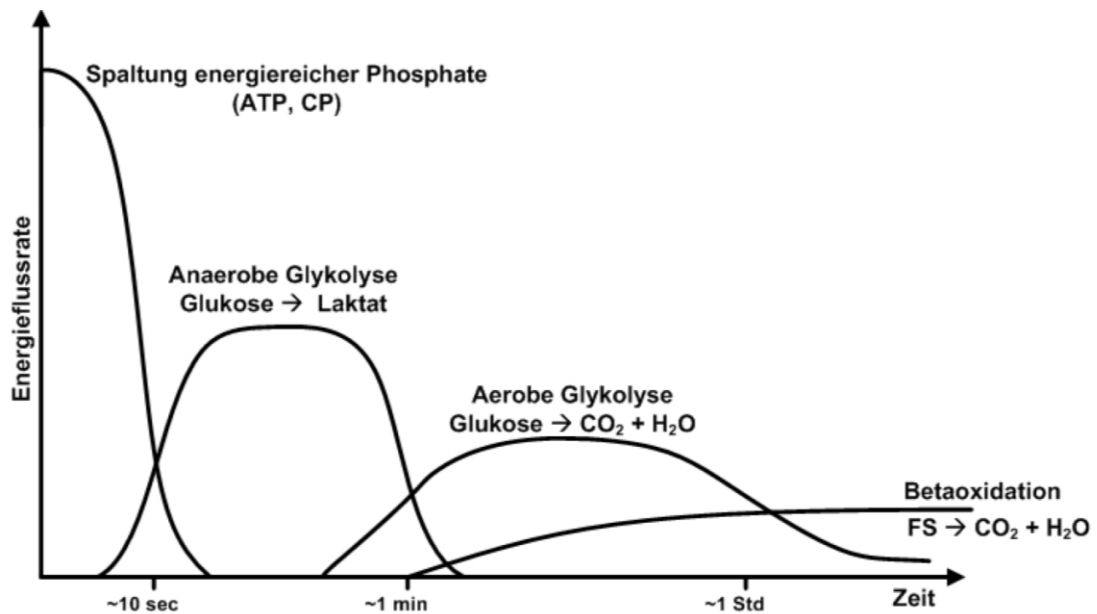


Abbildung 8: Schema der muskulären Energiebereitstellung (Moosburger, 2009, S. 9)

In den Ergebnissen der Auswertung der beteiligten Studien sollte man erkennen können, welche Auswirkungen die Verabreichung von Nikotin auf die Energiebereitstellung hat und wie dadurch die Ausdauerleistungen beeinflusst werden.

### 2.2.1.2 Kraft

Den Kraftbegriff zu definieren stellt sich als schwierige Aufgabe heraus, darüber sind sich auch verschiedene Autoren der Fachliteratur (Weineck, 2010; Hollmann & Hettinger, 2000; Hollmann, 1990; Heck, 1990) der letzten beinahe 30 Jahre einig. Folgt man der physikalischen Definition von Kraft, so kann man sagen, dass alles, was den Trägheitszustand eines Körpers ändert, als Kraft bezeichnet werden kann (Hollmann & Hettinger, 2000). Weineck (2010, S. 351) konstatiert, „dass die Arten der Kraft bzw. der Muskelarbeit außerordentlich vielfältig sind und von einer Vielzahl von Faktoren abhängen“.

Wie bereits im Kapitel über die Ausdauer kann hier eine Definition anhand der verschiedenen Kraftmanifestationen, wie sie Weineck (2010, S. 351) nennt, erfolgen. Die nachstehende Tabelle 2 gibt einen Überblick, wie diese Unterteilung aussehen kann.

Tabelle 2: Arten der Kraft (mod. n. Weineck, 2010, S. 351)

| Aspekte                                                      | Formen der Kraft                             |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Morphologischer Aspekt, Anteil der beteiligten Muskulatur    | Lokale und allgemeine Kraft                  |
| Sportartspezifischer Aspekt                                  | Allgemeine und spezielle Kraft               |
| Aspekt der Arbeitsweise des Muskels                          | Statische und dynamische Kraft               |
| Aspekt des Körpergewichtsbezuges                             | Absolute und relative Kraft                  |
| Aspekt der beteiligten motorischen Hauptbeanspruchungsformen | Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer |

Die wohl bedeutendste Unterscheidung, nach Sichtung verschiedener Autoren, scheint sich auf die statische und dynamische Kraft zu konzentrieren, ergänzt um die Schnellkraft (Weineck, 2010; Hollmann & Hettinger, 2000, Hollmann, 1990; Heck, 1990). Abbildung 9 stellt dabei die verschiedenen Manifestationsformen der Kraft schematisch dar. Weineck (2010, S. 352) hält dabei folgendes fest: „Die Kraft tritt in den verschiedenen Sportarten niemals in einer abstrakten ‚Reinform‘, sondern stets in einer Kombination bzw. mehr oder weniger nuancierten Mischform der konditionellen physischen Leistungsfaktoren auf.“

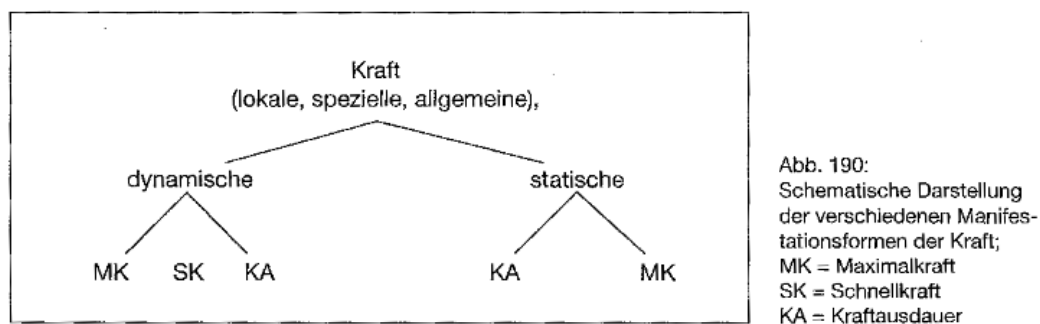


Abbildung 9: Manifestationsformen der Kraft (Weineck, 2010, S. 352)

Die bereits genannten Autoren orientieren sich hier bei der Definition der (maximalen) statischen Kraft an Hollmann (1990, S. 48): „Die statische Kraft ist diejenige Spannung, die ein Muskel oder eine Muskelgruppe in einer bestimmten Position willkürlich gegen eine fixierten Widerstand ausübt“. Man spricht auch von der Haltekraft, da die Muskellänge, in logischer Betrachtungsweise, konstant bleibt.

Beeinflusst wird die maximale statische Kraft von verschiedenen Faktoren, wobei die größte Bedeutung dem Muskelfaserquerschnitt zukommt, der sich „summarisch aus den Querschnitten der verschiedenen motorischen Einheiten zusammensetzt“ (Weineck, 2010, S. 352) und die „Basis der statischen Kraft“ (Hollmann 1990, S. 48) darstellt. Weitere beeinflussende Faktoren, auf die nicht näher eingegangen wird, sind die Muskelfaseranzahl, die Struktur des Muskels, die Muskelfaserlänge bzw. der Zugwinkel, die Koordination und die Motivation (Hollmann & Hettinger, 2000, S. 162)

Spricht man von dynamischer Kraft, so muss darauf hingewiesen werden, dass es sich um eine Kraft handelt, die „innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufes zustande kommt“ (Weineck, 2010, S. 365). Hierbei orientiert sich Weineck (2010) eher an der Unterteilung in Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer, wohingegen Hollmann (1990) eher in dynamisch-positive Kraft (konzentrisch), dynamisch-negative Kraft (exzentrisch) und isokinetische Kraft unterscheidet. Diese letztere Unterscheidung scheint aus dem Grund Sinn zu machen, als dass bei der statischen Kraft Bezug auf die konstante Muskellänge genommen wird. Im Gegensatz dazu steht die konzentrische Kraft für eine Verkürzung der Muskellänge und die exzentrische Kraft für eine Zunahme der Muskellänge. Die beeinflussenden Faktoren der dynamischen Kraft sind laut Weineck (2010, S. 365), sowie laut Hollmann und Hettinger (2000, S. 183) die statische Kraft, die Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur, die Koordination, die zu bewegendende Masse (Gewicht und Form), die Art der Kraftentwicklung (positiv/negativ dynamisch) und die Muskelvordehnung.

Für den Sport spielt besonders auch die Schnellkraft eine wichtige Rolle, denn sie stellt eine Form der dynamischen Kraft dar, bei der eine Masse möglichst schnell bzw. explosiv bewegt werden soll. Hollmann und Hettinger (2000, S. 182) nennen hier die Definition „Schnellkraft ist dynamische Kraft pro Zeiteinheit“, während Weineck (2010, S. 368) es genauer definiert als „die Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems, Widerstände mit höchstmöglicher Kontraktionsgeschwindigkeit zu überwinden.“

Weineck (2010, S. 352) betont: „Die statische Kraft steht in engster Beziehung zur dynamischen Kraft und bestimmt entscheidend ihren Ausprägungsgrad. Die statische Kraft ist stets größer als die (positiv) dynamische Kraft.“

Es gilt nun anhand der Ergebnisse der Auswertungen der eingeschlossenen Studien festzustellen, wie die Verabreichung von Nikotin sich auf diese verschiedenen Bereiche der motorischen Hauptbeanspruchungsform Kraft auswirkt.

### 2.2.1.3 Schnelligkeit

Die Schnelligkeit kann sowohl zu den konditionellen, als auch zu den koordinativen Fähigkeiten gezählt werden (Weineck, 2010). Bereits im Jahre 1990 (S. 72) definierte Hollmann die Schnelligkeit folgendermaßen: „Schnelligkeit oder Geschwindigkeit ist das Resultat der Einwirkung einer Kraft auf eine Masse. Ihre Größenordnung ergibt sich aus der Beziehung der zurückgelegten Wegstrecke zur dazu benötigten Zeit.“ Zehn Jahre später, im Jahre 2000 (S. 241) formulieren es Hollmann und Hettinger etwas differenzierter: „Die Begriffe ‚Schnelligkeit‘ oder ‚Geschwindigkeit‘ werden auch in manchen Lexika synonym benutzt. Während Geschwindigkeit Ausdruck der pro Zeiteinheit zurückgelegten Wegstrecke ist, stellt sie sich im biologischen Bereich als die Abwicklung einer gegebenen motorischen Aktion pro Zeiteinheit dar.“ Diese Betrachtungsweise ist aus dem Grund interessant, als dass die Autoren hier verschiedene Zugänge aufzeigen. Während Hollmann und Hettinger (2000) und Hollmann ohne Hettinger (1990) die motorische Eigenschaft Schnelligkeit gleichermaßen in Reaktionsschnelligkeit, Schnelligkeit einer Einzelbewegung, Bewegungsfrequenz und Fortbewegungsgeschwindigkeit gliedern, so findet sich bei Schiffer (1993; zit. n. Weineck, 2010, S. 392) die Schnelligkeit unterteilt in reine Schnelligkeitsformen, die „ausschließlich vom zentralen Nervensystem und von genetischen Faktoren abhängig sind“, und, als zweite Subkategorie, in die komplexen Schnelligkeitsformen. Im Grunde genommen stimmen die Autoren jedoch überein, Schiffer (1993; zit. n. Weineck) beschreibt lediglich etwas genauer und differenziert verschiedene Schnelligkeitsformen. Hollmann und Hettinger (2000) halten jedoch fest, dass es die Unterscheidung von zyklischen und azyklischen Bewegungsformen zu berücksichtigen gilt.

Folgen wir nun Hollmann und Hettinger (2000, S. 241), kann die Reaktionsschnelligkeit in Abhängigkeit der Reaktionszeit gesehen werden, die als „diejenige Zeit verstanden wird, die vom Geben eines Signals bis zum Beginn einer willkürlichen Reaktion verstreicht“. Schiffer (1993; zit. n. Weineck, 2010, S. 392) definiert tatsächlich die Reaktionsschnelligkeit - anstatt der Reaktionszeit: „Reaktionsschnelligkeit ist die Fähigkeit, auf einen Reiz in kürzester Zeit zu reagieren“.

Die Schnelligkeit einer Einzelbewegung, so wie Hollmann und Hettinger (2000) beschreiben, trifft sich mit der Darstellung der azyklischen Schnelligkeit von Weineck (2010, S. 395), die „motorische Einzelaktionen bzw. Einzelbewegungen beinhaltet [...] und sich im Sport in der Form der Wurf-, Stoß-, Sprung-, Schuss- oder Schlagkraft manifestiert“. Hier trifft sie auf die Schnellkraft, die ebenso einen erheblichen Einfluss auf die azyklische Schnelligkeit hat wie beispielsweise die Koordination.

Erneut kann man feststellen, dass Hollmann und Hettinger (2000, S. 243) die Bewegungsfrequenz allgemeiner beschreiben und sie in Verbindung setzen zu den zum Teil sehr unterschiedlichen Geschwindigkeiten einzelner Gelenke. Schiffer (1996; zit. n. Weineck, 2010, S. 392ff) nennt einerseits die Frequenzschnelligkeit als reine Schnelligkeitsform. Sie wird als „die Fähigkeit, zyklische, d.h. sich wiederholende gleiche Bewegungen mit höchster Geschwindigkeit gegen geringe Widerstände auszuführen“, definiert wird und zum anderen verweist er auf dieselben Aspekte wie Hollmann und Hettinger.

Hollmann (1990, S. 72f.) beschreibt den vierten Faktor, die Fortbewegungsgeschwindigkeit, folgendermaßen:

Die Fortbewegungsgeschwindigkeit ist eine Eigenschaft des Gesamtkörpers. Es ist zwischen einer Grundschnelligkeit und einer Schnelligkeitsausdauer zu unterscheiden. Grundschnelligkeit beinhaltet die maximal erreichbare Geschwindigkeit innerhalb eines zyklischen Bewegungsablaufes. Schnelligkeitsausdauer stellt hingegen diejenige Zeitspanne dar, über welche eine submaximale Geschwindigkeit unverändert durchgehalten werden kann.

Weineck (2010, S. 397) ergänzt, dass „es dabei keine Rolle spielt, ob es sich um eine hochfrequente Bewegungsfolge innerhalb einer Einzelbewegung oder innerhalb einer lokomotorischen Aktion handelt“.

### **3 Methoden**

Dieses dritte Kapitel behandelt die Art der vorliegenden Arbeit, nämlich den systematischen Review, anhand dessen die Arbeit aufgebaut ist. Es wird hierbei erläutert was der systematische Review ist, welche Suchstrategie angewandt wurde, wie die Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt wurden, welche das sind und zuletzt werden die eingeschlossenen Studien präsentiert.

#### **3.1 Systematic Review**

In einer systematischen Übersichtsarbeit, wie der Systematic Review zu Deutsch genannt wird, wird versucht jegliche empirische Evidenz zusammenzutragen, die vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien entspricht und der eine bestimmte Forschungsfrage zugrunde liegt. Diese systematische Vorgehensweise wird gewählt, um Verzerrungen in den Forschungsergebnissen gering zu halten. Außerdem geht es auch darum aus den Ergebnissen Schlussfolgerungen zu ziehen und Forschungslücken aufzudecken. Ein weiterer wichtiger Punkt dabei ist die Nachvollziehbarkeit der Suche, das heißt, dass die Suche so dokumentiert wird, dass sie zu jeder Zeit wiederholt werden kann und dabei die gleichen Ergebnisse liefert. Was zuletzt nicht fehlen darf, ist die systematische Präsentation der Forschungsergebnisse, die die Charakteristiken und Schlüsse der inkludierten Studien wiedergibt. Hier sei darauf hingewiesen, dass ein Systematic Review sich von der Meta-Analyse, die statistische Methoden verwendet, unterscheidet (Higgins & Green, 2011).

#### **3.2 Datenbankrecherche**

Anhand vorher festgelegter Keywords wurden die beiden Referenzdatenbanken *PubMed* und *Web of Science* durchsucht, um die für den Systematic Review relevanten Arbeiten zu herauszufiltern. Entsprechend der in Kapitel 1 formulierten Forschungsfragen wurden die Datenbanken durchsucht. Hierbei war das Ziel jene Artikel und Studien zu finden, die sich mit Aspekten der Leistungsfähigkeit in Verbindung mit Zufuhr von Nikotin beschäftigen.

Die Datenbanken wurden demnach nach folgenden Keywords durchsucht:

„nicotine AND performance“, „nicotine AND sport“, „nicotine AND doping“, „nicotine AND athlete“, „nicotine AND ergogenic aid“, „nicotine AND exercise“;

„smokeless tobacco AND performance“, „smokeless tobacco AND sport“, „smokeless tobacco AND doping“, „smokeless tobacco AND athlete“, „smokeless tobacco AND ergogenic aid“; „smokeless tobacco AND exercise“,

Die Anzahl der gefundenen Artikel belief sich in den Referenzdatenbanken *PubMed* auf 2072 Treffer und in *Web of Science* auf 2942. Insgesamt ergab sich eine Anzahl an von 5014 Dokumenten in beiden Datenbanken. Nach der Zusammenführung der Ergebnisse beider Referenzdatenbanken, sowie der automatischen Filterung der Dubletten in der Hilfsdatenbank *Zotero* wurde die Anzahl der Dokumente auf 3530 reduziert.

Diese 3530 Artikel wurden in mehreren Schritten auf ihre Relevanz für die diesem Systematic Reviews zugrunde liegenden Thematik gefiltert, beginnend mit einem Screening der Titel, anhand derer bereits 2894 Dokumente aussortiert werden mussten. Hierbei wurden alle Titel entfernt, die erkennen ließen, dass sie keine Relevanz zur vorliegenden Thematik aufweisen sowie alle Titel, anhand derer man bereits feststellen konnte, dass sie ein Ausschlusskriterium beinhalten bzw. die Einschlusskriterien nicht erfüllen. Somit verblieben zur weiteren Untersuchung 636 Dokumente.

Im nächsten Schritt wurden die 636 Studien anhand der Abstracts bewertet. Auch hier galt: Ist ein Abstract nicht relevant für vorliegenden Thematik, wird diese Arbeit ausgeschlossen. Nach Durchschau und Entfernung aller Abstracts, die nicht die Einschlusskriterien treffen, verblieben 18 Artikel zur Volltextuntersuchung.

Nachdem im letzten Schritt die übrigen 18 Dokumente gesichtet wurden, konnten weitere 9 ausgeschlossen werden. Das heißt es handelt sich hierbei um 9 eingeschlossene Studien, die für die Erstellung des Systematic Reviews erstellt werden. Abbildung 10 zeigt das PRISMA-Flow-Diagramm, welches den Suchprozess und die einzelnen Schritte der Datenselektion nachvollziehbar darstellt.



## PRISMA-2009-Flow-Diagramm

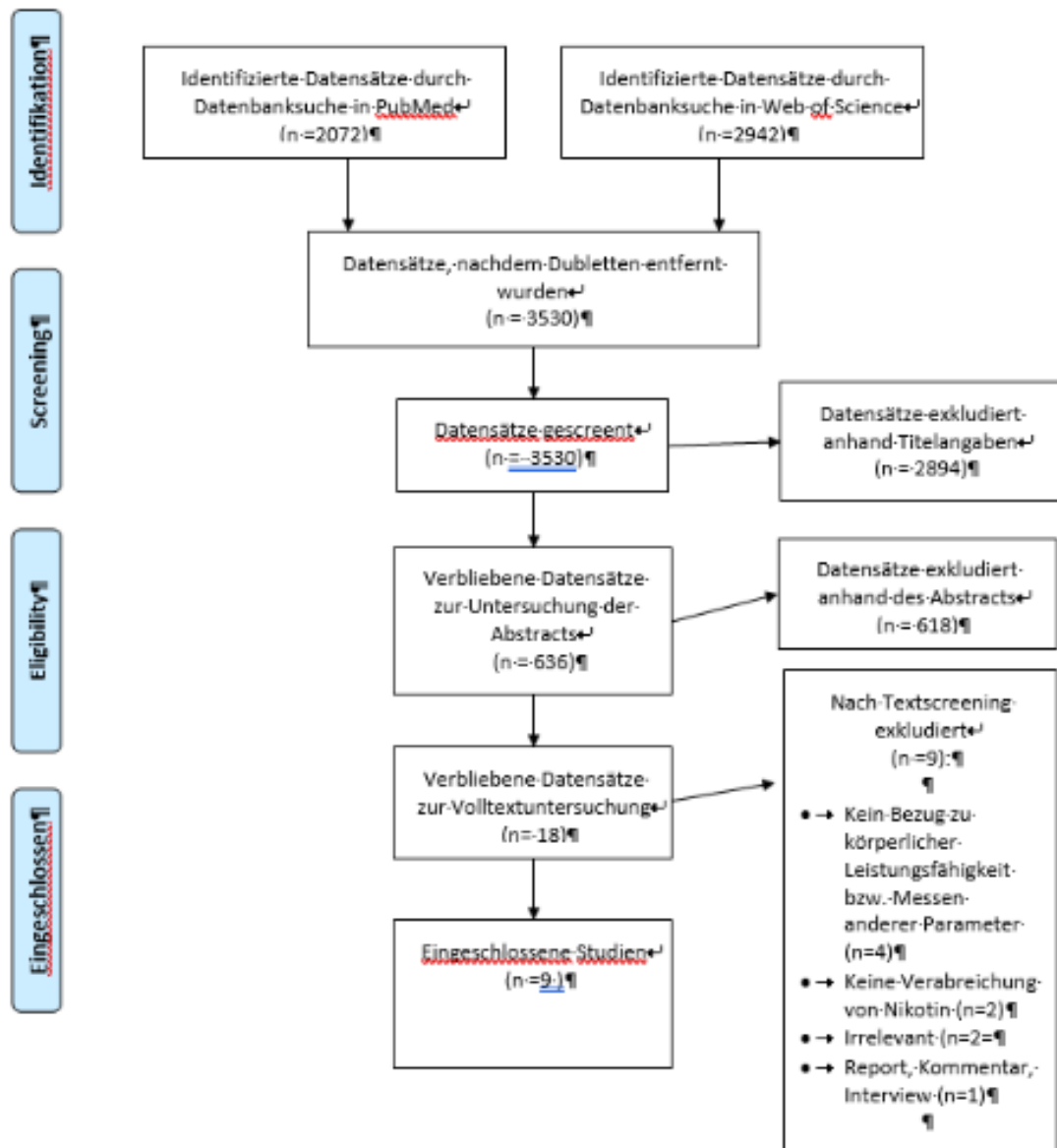


Abbildung 10: PRISMA-Flow-Diagramm (mod. n. Moher et al., 2009, S. 3)

### **3.3 Ein- und Ausschlusskriterien**

Im Folgenden werden genaue Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt, die eine wichtige Rolle bei der Filterung der Suchergebnisse der Datenbankrecherche spielen. Es wurden alle Titel, Abstracts bzw. Volltexte anhand dieser definierten Kriterien überprüft. Hierbei wurden alle Artikel sofort aussortiert, deren Titel oder Abstract ein oder mehrere Ausschlusskriterien aufwiesen. Hingegen wurden alle Artikel, die den Einschlusskriterien entsprachen, für die Analyse der Ergebnisse in einer Volltextuntersuchung berücksichtigt. Alle Artikel, die in der Volltextuntersuchung alle Einschlusskriterien aufwiesen, wurden letztlich zur Erstellung des Systematic Reviews eingesetzt.

#### **3.3.1 Studiendesign**

Für den Systematic Review wird ausschließlich auf Primärstudien zurückgegriffen. Hierbei ist zu erwähnen, dass andere Reviews, Kommentare, Reports, etc. nicht zur Erstellung berücksichtigt werden, vorzugsweise aus Journals.

Um Ergebnisse ausreichend bewerten und analysieren zu können, werden lediglich Studien in deutscher oder englischer Sprache herangezogen. Studien in allen anderen Sprachen können bei Ergebnisanalyse nicht berücksichtigt werden.

Weiters werden für den Systematic Review alle Arten von Studien aufgegriffen, da das Studiendesign einiger Studien nicht den optimalen Kriterien entspricht. Dieser Punkt wird in der Diskussion behandelt.

#### **3.3.2 Population**

Um hinsichtlich der Fragestellung die Auswirkungen von Nikotin auf sportliche Leistungsfähigkeit feststellen zu können, werden Studien eingeschlossen, die sich entweder mit nur männlichen Probanden oder weiblichen Probandinnen, oder auch mit beiden Geschlechtern, beschäftigen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Testpersonen sportlich aktiv sind oder nicht. Von nicht Sport Treibenden bis hin zu professionellen Sportlern und Sportlerinnen bzw. Leistungs- und Hochleistungssportlern und -sportlerinnen werden also alle aufgenommen.

Damit die Ergebnisse möglichst aussagekräftig sein können, wird auf die Inklusion von Behindertensportlern und -sportlerinnen, aufgrund ihrer physiologischen Voraussetzungen, verzichtet.

Ebenso keine Rücksicht wird auf Studien genommen, die sich mit psychisch erkrankten Probanden und Probandinnen beschäftigt, es sei denn es gibt eine Gruppe psychisch gesunder Menschen, die in der Studie miteingeschlossen ist.

Logischerweise sind auch Studien mit Tieren bzw. Tierversuche von den Untersuchungen ausgeschlossen.

Studien, in denen gewohnheitsmäßige bzw. regelmäßige Raucher und Raucherinnen bzw. Menschen, die regelmäßig Nikotin zu sich nehmen, partizipieren, werden nur dann herangezogen, wenn es sich bei der Nikotinverabreichung nicht um Zigaretten handelt bzw. zumindest nicht ausschließlich um Rauchprodukte handelt.

Die Anzahl der Probanden und Probandinnen wird nicht in den Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt, da es unter Umständen schwierig sein kann, genügend Studienteilnehmer und -teilnehmerinnen zu finden, die sich bereit erklären, das stark abhängigkeitschaffende Nikotin zu sich zu nehmen.

### **3.3.3 Studiendurchführung**

Es ist unumgänglich, dass sich die einbezogenen Studien mit mindestens einem Faktor der sportlichen Leistungsfähigkeit auseinandersetzen, sowie in Kapitel 2 dargestellt wurde. Des Weiteren sollten auch physiologische Parameter gemessen werden, damit ein eventueller Einfluss von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden kann. Werden in einer Studie z.B. Schizophrenie Patienten und Patientinnen mit gesunden verglichen, wird die Studie inkludiert. Nur wenn alle der Population den Ausschlusskriterien entsprechen, wird die Studie ausgeschlossen. Gleiches gilt auch für die Verabreichungsform: wird z.B. der Unterschied der Auswirkungen von Nikotin in Abhängigkeit der Verabreichungsform erforscht (Zigarette vs. Snus), wird die Studie miteingeschlossen. Das hat den Hintergrund, dass möglichst viele Studien im Review behandelt werden können.

### **3.3.4 Untersuchungsparameter**

Hier werden nun alle Untersuchungsparameter, anhand derer die gefundenen Studien zur Analyse der Ergebnisse eingeschlossen werden besprochen. Zunächst sollte mindestens ein Faktor der sportlichen Leistungsfähigkeit untersucht werden, wobei der Fokus auf die Aspekte Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit liegt. Außerdem sollen diese um physiologische Parameter erweitert werden, damit mögliche Effekte auch nachvollziehbar sind und wissenschaftlich erklärt werden. Somit soll sichergestellt

werden, dass eine Studie nicht nur eine Wirkung von Nikotin auf einen Aspekt der sportlichen Leistungsfähigkeit anhand einer z.B. Zeitmessung nachweisen kann, sondern dass ebenso versucht wird diese unterschiedlichen Zeiten, um bei diesem Beispiel zu bleiben, auch mit physiologischen Parametern und deren Veränderungen zu erklären.

### **3.3.5 Ausschlusskriterien**

Die Ausschlusskriterien ergeben sich bereits aus der Umkehr der Einschlusskriterien und sollen dabei helfen, beim Screening der Suchergebnisse gewisse Artikel bereits anhand der Titel und Abstracts ausscheiden zu können. In der folgenden Aufzählung findet man die Ausschlusskriterien, deren einfaches oder mehrfaches Vorkommen im Titel, Abstract oder Volltext, sofort zum Ausschluss der Studien führen:

Keine Primärstudie (Review, Kritik, Diskussion, Report, Kommentar, etc.)

Einzelfallstudien

Sprache nicht Deutsch oder Englisch

Probanden und Probandinnen mit Behinderung bzw. Krankheit (physisch und/oder psychisch)

Studien zu Tieren

Älter als 10 Jahre, bis Oktober 2018

Studie beschäftigt sich mit anderen Parametern der Leistungsfähigkeit als Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit

### **3.3.6 Eingeschlossene Studien**

Insgesamt erfüllten neun Studien die Einschlusskriterien, um für den Systematic Review detailliert untersucht zu werden. Da der Untersuchungszeitraum auf die zu Beginn der Erstellung des Systematic Review letzten zehn Jahre beschränkt wurde, werden Studien der Jahre 2008 bis 2018 herangezogen. Anhand der unten angeführten Tabelle zu den Publikationsdaten der eingeschlossenen Studien kann man erkennen, dass in der ersten Hälfte dieses Zeitraums nur eine relevante Studie publiziert wurde, während die restlichen acht Studien in den Jahren 2014 bis 2018 liegen. Berücksichtigt man – wie in der Einleitung erwähnt, dass Nikotin 2012 ins Monitoring Programm der WADA aufgenommen wurde in Verbindung mit den Ergebnissen von Marclay et al. (2011), so kann man ableiten, dass die Wissenschaft ab diesem Zeitpunkt ihren Fokus auf die

Untersuchung der Auswirkungen von Nikotin auf sportliche Leistungsfähigkeit legte, was die ausgeglichene Anzahl an Studien zwischen 2014 und 2018 zeigt.

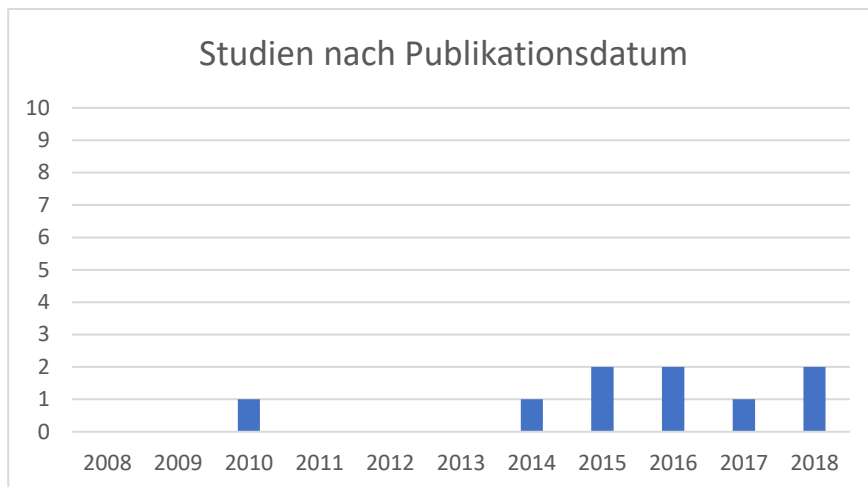


Abbildung 11: Studien nach Publikationsdatum

Die Suche vollzog sich in den Referenzdatenbanken *PubMed*, sowie *Web of Science*, wobei *PubMed* zunächst 2.072 Studien lieferte, von denen am Ende acht Studien für den Systematic Review herangezogen wurden. In der Datenbank *Web of Science* wurden 2.942 Studien gesichtet, von denen lediglich eine alle Einschlusskriterien erfüllte, was in der nachstehenden Abbildung 12 veranschaulicht wird. Es ist zu erwähnen, dass zur Filterung der Daten das Programm *Zotero* verwendet wurde, das dabei half, alle Eintragsdubletten zu entfernen. Von diesem Standpunkt aus gesehen erscheint es möglich, dass sich manche Studien in beiden Datenbanken finden ließen.

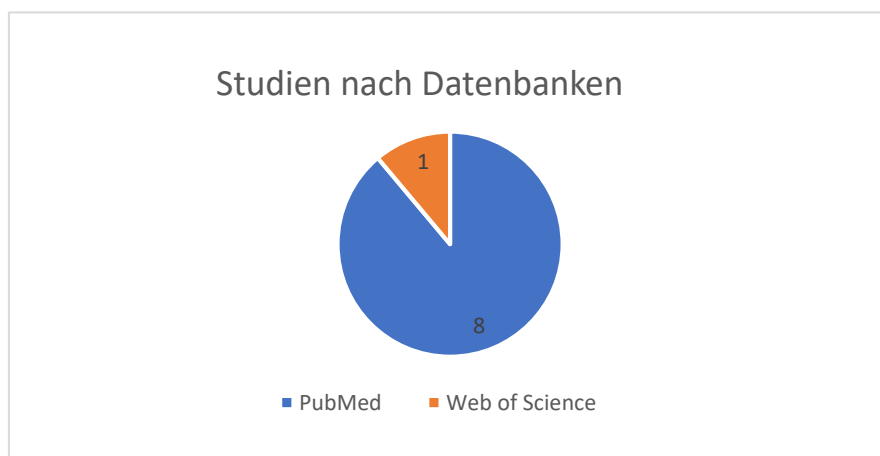


Abbildung 12: Studien nach Datenbanken

## **4 Ergebnisse**

Dieses Kapitel befasst sich nun mit den Ergebnissen der neun eingeschlossenen Studien. Sie werden in tabellarischer Form übersichtlich dargestellt. Hierbei finden sich die Studien in der Tabelle 3 in chronologischer Reihenfolge. Dabei wird eine gute Übersicht über die Autoren und Autorinnen, das Publikationsjahr, die Probanden und Probandinnen, die Verabreichungsform des Nikotins, die gemessenen Parameter, das Studiendesign sowie über die Ergebnisse der Studie geboten. Hinterher werden die Ergebnisse der Studien zusammengefasst und geordnet beschrieben.

Tabelle 3: Ergebnisse der eingeschlossenen Studien

| AutorInnen / Jahr  | Mündel et al., 2010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ProbandInnen       | <p>10 gut trainierte männliche Radfahrer</p> <p>Alter = <math>34 \pm 9</math> Jahre</p> <p><math>VO_{2\max} = 71 \pm 6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ min}^{-1}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Verabreichungsform | Nikotinkaugummi (2mg), Nikotinpflaster (7mg) bzw. farb- und geschmacksidentisches Placebo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Parameter          | Körperkerntemperatur, Pulsfrequenz, Blutbiochemie, RPE (Borg Skala),                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Studiendesign      | Die Teilnehmer nahmen an drei selbstgesteuerten Zeitfahren teil, wobei davor entweder ein 2mg Nikotinkaugummi, ein 7mg Pflaster oder ein Placebo in randomisierter Reihenfolge verabreicht wurde.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ergebnisse         | <p>Beim Kaugummi (<math>-0.6 \pm 4.4\%</math>) und Pflaster (<math>-1.0 \pm 4.8\%</math>) kam es zu keiner signifikanten Verbesserung der Performance im Vergleich zum Placebo (<math>62.9 \pm 4.1</math>, <math>62.6 \pm 4.5</math> und <math>63.3 \pm 4.1</math> min, bzw. <math>p=0.733</math>) mit mittleren Leistungen von <math>264 \pm 31</math> (Kaugummi), <math>265 \pm 32</math> (Pflaster) bzw. <math>263 \pm 33</math> W (Placebo) (<math>p = 0,735</math>).</p> <p>Körperkerntemperatur war ähnlich bei den Versuchen (<math>p = 0,329</math>) mit einem DTC von <math>2,2 \pm 1,0</math>, <math>2,0 \pm 0,9</math> und <math>2,2 \pm 0,4</math> °C, während die Herzfrequenz im Durchschnitt <math>170 \pm 10</math>, <math>170 \pm 11</math> und <math>171 \pm 11</math> Schläge/min<sup>-1</sup> betrug (<math>p = 0,599</math>), bei Kaugummi, Pflaster bzw. Placebo.</p> |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | Es gab keine Unterschiede in der Blutbiochemie (alle $p > 0,139$ ) oder RPE mit Mittelwerten von $16,7 \pm 0,9$ , $16,8 \pm 0,7$ und $16,8 \pm 0,8$ ( $p = 0,893$ ) für Kaugummi, Pflaster bzw. Placebo                                                                                                                         |
| AutorInnen / Jahr  | Morente-Sánchez et al., 2014                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ProbandInnen       | <p>18 nicht-rauchende und nicht Snus konsumierende Amateurfußballer der Fakultät Sportwissenschaften der Universität Granada</p> <p>Alter = <math>22.5 \pm 1.5</math> Jahre</p> <p>Größe = <math>180 \pm 6</math> cm</p> <p>Gewicht = <math>75.6 \pm 7.4</math> kg</p> <p>BMI = <math>23.30 \pm 1.4</math> kg/m<sup>2</sup></p> |
| Verabreichungsform | Snus (8mg) bzw. Placebo                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Parameter          | RPE (Borg Skala), PR (Erholung), Herzfrequenzvariabilität, Maximale Griffkraft (HDT), Muskelkraft (CMJ),                                                                                                                                                                                                                        |
| Studiendesign      | Es handelte sich um eine doppelverblindete, randomisierte Studie Crossover-Design, bei der die Wirkung von Snus und Placebo auf die körperliche Leistungsfähigkeit (gemessen mit einer fitness test battery), die wahrgenommene Anstrengung (gemessen anhand der RPE), die wahrgenommene Aktivierung, die                       |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>wahrgenommene mentale Erschöpfung und die wahrgenommene mentale Arbeitsbelastung (gemessen anhand einer visuellen Analogskala) verglichen wurden.</p> <p>Die fitness test battery bestand aus vier Tests: Handgrip dynamometry test, Countermovement jump test, 5 × 10 m-Agility Test und Yo-Yo-intermittent-recovery-test. Das Protokoll bestand aus zwei Sitzungen (EXP1 und EXP2) mit jeweils 5 Tagen Erholung und Substanzauswaschung</p> <p>Eine Woche vor EXP1 wurde eine Schulung durchgeführt, um sich mit den Tests vertraut zu machen. Die Hälfte der Teilnehmer erhielt am EXP1-Tag blind Snus und am EXP2-Tag Placebo, die andere Hälfte am EXP1-Tag Placebo und am EXP2-Tag Snus. Die Teilnehmer wurden zufällig einer der beiden Gruppen zugeordnet. Jede experimentelle Sitzung dauerte ungefähr 90 Minuten. Vor und nach dem Fitnesstest wurde die subjektive Aktivierung, sowie die körperliche und geistige Ermüdung der Teilnehmer beurteilt.</p> |
| Ergebnisse        | <p>Die Ergebnisse zeigten, dass die Einnahme von Snus im Vergleich zu Placebo die wahrgenommene geistige Ermüdung und die geistige Belastung erhöhte und die wahrgenommene Bereitschaft und die Herzfrequenzvariabilität verringerte. Weder bei den physischen Tests noch bei den wahrgenommenen physischen Ermüdungsgraden wurden signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsbedingungen festgestellt. In Anbetracht dieser Ergebnisse konnte Snus nicht als ergogene Substanz angesehen werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| AutorInnen / Jahr | Cooke et al., 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ProbandInnen      | <p>70 gesunde Raucher und Raucherinnen</p> <p>Davon 35 RaucherInnen (25m/10w) und 35 Nicht-RaucherInnen(28m/8w)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | <p>Alter = <math>29.1 \pm 7.3</math> Jahre</p> <p>BMI = <math>23.9 \pm 3.4</math> kg/m<sup>2</sup></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Verabreichungsform | Zigarette (1,2 bis 1,4 mg), Kaugummi (2mg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Parameter          | VO <sub>2max</sub> , Endothelin-1 Level,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Studiendesign      | <p>Nicht-Raucher und Nicht-Raucherinnen wurden nur einmal getestet. Raucher und Raucherinnen hingegen nahmen an drei verschiedenen Sitzungen teil, nämlich nach 12 Stunden Abstinenz, gleich nach dem Rauchen einer Zigarette (1,1-2,4mg) und gleich nach dem Kauen eines Nikotinkaugummi (2mg). Die Testungen – Laufbandtest bis zu Erschöpfung - fanden in randomisierter Reihenfolge statt, mit jeweils 48 Stunden Erholungszeit dazwischen und es wurde darauf geachtet, die Testungen zur selben Tageszeit durchzuführen, um zirkadiane Schwankungen auszuschließen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ergebnisse         | <p>Die ET-1-Werte nach dem Training waren bei Nichtrauchern (<math>P &lt; 0,001</math>) und Rauchern unter allen drei Bedingungen (<math>p=0,005</math>, <math>p&lt;0,001</math>, <math>p=0,001</math>) signifikant niedriger als vor dem Training. Es gab keine Unterschiede in den ET-1-Werten nach dem Training zwischen Nichtrauchern und Rauchern unter allen drei Bedingungen, jedoch war der absolute und relative Rückgang der ET-1-Level bei chronischen Rauchern signifikant geringer als bei Nichtrauchern (<math>p=0,007</math> und <math>p=0,004</math>).</p> <p>Chronische Raucher hatten eine signifikant geringere belastungsbedingte Veränderung des Atemzugvolumens (<math>p=0,050</math>), des Anteils des ausgeatmeten CO<sub>2</sub> (<math>p=0,021</math>), des Sauerstoffverbrauchs (<math>p=0,005</math>), der</p> |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | <p>Kohlendioxidelimination (<math>p=0,004</math>) und des maximalen Ausatemungsstroms (<math>p= 0,003</math>) im Vergleich zu Nichtrauchern.</p> <p>Darüber hinaus war der Rückgang von ET-1 bei Nichtrauchern als Reaktion auf körperliche Betätigung signifikant verbunden mit durch körperliche Betätigung induzierten Veränderungen in der Inspirationszeit, Zeit eines Atemvolumenzyklus, Atemfrequenz, inspirierte Minutenbeatmung und maximaler inspiratorischer Fluss.</p> |
| AutorInnen / Jahr  | Pysny et al., 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ProbandInnen       | <p>18 gesunde, gut trainierte, nicht-rauchende Amateurathleten und – athletinnen der Fakultät für Bewegung und Sport</p> <p>11m / 7w:</p> <p>Alter: <math>22.7 \pm 2.9</math> Jahre bzw. <math>23.6 \pm 1.6</math> Jahre</p> <p>Gewicht: <math>75.3 \pm 9.5</math> kg bzw. <math>62.7 \pm 7.5</math> kg</p> <p>Größe: <math>177.6 \pm 5.3</math> cm bzw. <math>172.1 \pm 5.3</math> cm</p>                                                                                         |
| Verabreichungsform | Sublingualtablette (4mg) bzw. Placebo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Parameter          | Maximale anaerobe Kraft, anaerobe Kapazität, Power Drop                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Studiendesign     | <p>Die Teilnehmenden absolvierten zwei Testungen mit sieben Tagen Abstand. Jede Testung bestand aus zwei Durchgängen des Wingate Tests am selben Tag, bei dem jeweils entweder eine Sublingual Nikotintablette (4mg) oder ein Placebo verabreicht wurde. Der zweite Test wurde 30min nach dem ersten abgehalten. In der Pause, die liegend gehalten wurde, erhielten die Probanden und Probandinnen 20min vor Beginn des zweiten Tests entweder Nikotin oder Placebo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ergebnisse        | <p>Der Verzehr von Nikotin in dieser Form und Dosis verbessert kurzfristig nicht die maximale sportliche Leistung.</p> <p>Die Ergebnisse des wiederholten Tests zeigen höhere Werte in allen gemessenen Parametern nach der Placebotablette (C2), insbesondere Werte für Spitzenleistung (<math>P_{\max}</math>) und Trittfrequenz (<math>V_{\max}</math>). Powerdrop (PD) - Ergebnisse für die zweiten Tests (N2, C2) weisen auf eine minimale Wirkung von Nikotin auf die Ermüdung hin. In Anbetracht der Unterschiede in den Werten des Leistungsabfalls (PD) im ersten (N1, C1) und zweiten Test (N2, C2) wurde ein offensichtlicher Leistungsabfall in der Gruppe, die das Placebo konsumierte, statistisch nicht nachgewiesen. Es zeigte sich keine statistische Signifikanz für die Veränderung der Leistung nach Nikotinkonsum, nur die Werte von <math>P_{\text{(average)}}</math> und <math>P_{\text{(min)}}</math> änderten sich nach Einnahme des Placebos signifikant (<math>p &lt; 0.04</math> bzw. <math>p &lt; 0.03</math>).</p> |
| AutorInnen / Jahr | Fogt et al., 2016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ProbandInnen      | <p>20 gesunde, nicht-rauchende Teilnehmer und Teilnehmerinnen,</p> <p>10m / 10w</p> <p>Alter = <math>23.1 \pm 2.5</math> Jahre</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | <p>Größe = <math>169 \pm 10</math> cm</p> <p>Gewicht = <math>70.6 \pm 14.9</math> kg</p> <p>Körperfettanteil = m = <math>15.3 \pm 6.7\%</math> bzw. w = <math>28.1 \pm 10.5\%</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Verabreichungsform | Elektronische Zigarette (18mg) bzw. Placebo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Parameter          | <p>VO<sub>2</sub>max, Herzfrequenz, Ruhe Stoffwechsel Rate,</p> <p>Atemquotient, Systolischer und Diastolischer Blutdruck,</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Studiendesign      | <p>Probanden nahmen an zwei randomisierten Testungen teil, die eine Woche getrennt voneinander stattfanden. Elektronische Zigarette (18mg Nikotin) oder ein Placebo wurden für 10min alle 30sec inhaliert. Danach gab es 10min Ruhephase, die die Teilnehmer und Teilnehmerinnen sitzend auf einer Liege verbrachten. Weitere 10min zur Abgabe der Urinprobe, 15min in liegender Position und 5min für die indirekte Kalorimetrie im Liegen. Im Anschluss daran begaben sich die Teilnehmenden zum Stufentest am Fahrradergometer.</p>                                                                |
| Ergebnisse         | <p>Die Ruhe Stoffwechsel Rate war zwischen den Studien nicht unterschiedlich (<math>p=0.79</math>).</p> <p>Im Vergleich zum Placebo war der diastolische Ruhedruck (DBP) bei Nikotin 3 mmHg höher (<math>p=0.04</math>). VO<sub>2peak</sub> unterschied sich nicht (<math>p=0.77</math>) zwischen den Versuchen mit Nikotin (<math>2.3 \pm 0.8</math> L•min<sup>-1</sup>) und Placebo (<math>2.3 \pm 0.7</math> L•min<sup>-1</sup>).</p> <p>W<sub>max</sub> war auch bei Nikotin und dem Placebo ähnlich (<math>201.0 \pm 53.8</math> W bzw. <math>204.8 \pm 57.8</math> W; <math>p=0.29</math>).</p> |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | <p>Während des Stufen Belastungstests war der durchschnittliche DBP nach Nikotinkonsum höher (<math>p=0.05</math>) als beim Placebo und der <math>DBP_{peak}</math> nach Nikotinkonsum (<math>79.4 \pm 7.6</math>) war signifikant höher (<math>p&lt;0.02</math>) als bei Placebo (<math>74.9 \pm 8.3</math> mmHg). Der systolische Blutdruck im Ruhezustand (SBP) war beim Versuch mit Nikotin 3.7 mmHg niedriger (<math>p=0.04</math>), während der Belastung wurde jedoch kein SBP-Behandlungseffekt beobachtet (<math>p=0.14</math>).</p> <p>Die Ergebnisse zeigen, dass die akute Inhalation von verdampftem Nikotin über die elektronische Zigarette die Ruhe und das körperliche Wohlbefinden erhöht, aber die Ruhe Stoffwechsel Rate bzw. die aerobe Leistungsfähigkeit bei jungen, normotensiven Nichtraucher nicht beeinträchtigt.</p> |
| AutorInnen / Jahr  | Zandonai et al., 2016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ProbandInnen       | <p>16 männliche Teilnehmer, die regelmäßig Snus konsumieren</p> <p>15 der 16 Teilnehmer aus dem Leistungssport. Bei dem einen Nicht-Leistungssportler handelte es sich um den Ski Instruktor, der ein mittelhohes Maß an körperlicher Fitness aufwies.</p> <p>Alter = <math>21.1 \pm 2.7</math> Jahre</p> <p>Größe = <math>177.3 \pm 5.8</math> cm</p> <p>Gewicht = <math>76.3 \pm 6.1</math> kg;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Verabreichungsform | Snus (8mg Nikotin; SS) bzw. Placebo (SP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Parameter          | Maximale Wattleistung, $VO_{2max}$ ,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>Verhältnis von <math>W_{\max}</math> und <math>VO_{2\max}</math>,</p> <p>Sauerstoffanreicherung im Muskelgewebe und Gehirn,</p> <p>Blutlaktat, Blutglukose, Hämoglobin Konzentration,</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Studiendesign     | <p>Randomisierte, doppelverblindete Studie im Crossover Design bestehend aus drei Experimenten am Fahrradergometer. Exp1 bestand aus einem inkrementellen Durchgang am Fahrradergometer, um <math>W_{\max}</math> und <math>VO_{2\max}</math> zu testen. Bei Exp2 und Exp3 mussten die Teilnehmer bei 65% <math>W_{\max}</math> bis zur Erschöpfung in die Pedale treten.</p> <p>Ein medizinischer Check fand am selben Tag wie Exp1 statt. Exp2 fand drei Tage nach Exp1 statt, eine Woche später folgte Exp3. Die Teilnehmer wurden randomisiert und erhielten blind entweder Snus (SS - 8mg) oder Placebo (SP) erhielten.</p> |
| Ergebnisse        | <p>Beim Vergleich von SS mit SP-Tests wurden signifikante Unterschiede (<math>p &lt; 0.05</math>) in den Werten der Sauerstoffanreicherung des Gehirns (~ 3%) und des Muskelgewebes (~ 4%) in den ersten 30 Minuten nach dem Training festgestellt. Die RPE-Werte (Bewertung der wahrgenommenen Anstrengung) unterschieden sich zwischen den beiden Bedingungen nicht signifikant (SS vs. SP). Es wurde kein signifikanter Unterschied in der TTE (Zeit bis zur Erschöpfung) gefunden.</p>                                                                                                                                       |
| AutorInnen / Jahr | Mündel et al., 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ProbandInnen       | <p>9 gesunde, männliche Teilnehmer, die niemals geraucht haben und regelmäßig trainieren (<math>\geq 3</math> / Woche, Teamsport und/oder Fitnessstudio)</p> <p>Alter = <math>24 \pm 3</math> Jahre</p> <p>Gewicht = <math>78 \pm 15</math> kg</p> <p>Größe = <math>179 \pm 13</math> cm</p>                                                                                                                                                             |
| Verabreichungsform | <p>Nikotinkaugummi (2mg; NIC-2), Nikotinkaugummi (4mg; NIC-4) bzw. geschmacklich abgestimmter Placebokaugummi (PLA)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Parameter          | <p>Das maximale und durchschnittliche isometrische, konzentrische und exzentrische Beinstreckmoment wurde gemessen, gefolgt von einer vertikalen Counter Movement Jump und einem 30-s-Wingate-Test.</p> <p>Die Herzfrequenz wurde gemessen, während die Kapillarblutproben den pH-Wert bestimmten und <math>\text{HCO}_3^-</math> und venöses Blut das Vorhandensein von Nikotin bestätigten.</p>                                                        |
| Studiendesign      | <p>Alle Testungen wurden unter denselben Laborvoraussetzungen durchgeführt. Die Teilnehmer kamen vier Mal ins Labor:</p> <p>Einmal um anthropometrische Werte festzuhalten und um sich mit dem Labor vertraut zu machen, die weiteren drei Sitzungen galten den Experimenten, mit Abstand von mehr als 2 und weniger als 7 Tagen zueinander. Die Versuche wurden jeweils zu selben Tageszeit durchgeführt (<math>\pm 1</math>h). Außerdem wurden die</p> |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>Teilnehmer geben auf dieselbe Ernährung zu achten aufgrund des Metabolismus. 30min vor dem ersten Versuch kauten die Teilnehmer entweder 2mg, 4mg Nikotinkaugummi oder ein Placebo in randomisierter Reihenfolge. Direkt im Anschluss begannen die Teilnehmer mit den MVC, gefolgt vom CMJ und einem 30s-Wingate Test (gesamt &lt;20min)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ergebnisse        | <p>Nikotin wurde durch das Vorhandensein seines Hauptmetaboliten Cotinin bestätigt, und die Teilnehmer berichteten über keine Nebenwirkungen von Nikotin. Die isometrische und exzentrische Spitze des Drehmoments und der Höhepunkt des durchschnittlichen Drehmoments wurden signifikant beeinflusst (NIC-2 &gt; PLA; <math>p &lt; 0.05</math>), während die Spitze des konzentrischen Drehmoments (NIC-2 &gt; PLA; <math>p &lt; 0.05</math>), jedoch nicht das durchschnittliche Spitzendrehmoment (<math>p &gt; 0.05</math>), zwischen den Versuchen unterschiedlich war. Die Sprunghöhe beim CMJ war bei allen Versuchen ähnlich (<math>p &gt; 0.05</math>). Die anaerobe Kapazität während des Wingate blieb in allen Studien ähnlich (<math>p &gt; 0.05</math>). Die Pacing Strategy (Spitzenleistung und Ermüdungsrate) war bei NIC-2 jedoch anders als bei PLA. Der pH-Wert (NIC-2 &gt; PLA; <math>p &lt; 0.05</math>) wurde durch Nikotin beeinflusst und nach dem Wingate in allen Versuchen gesenkt. <math>\text{HCO}_3^-</math> zeigte in allen Studien ähnliche Reaktionen (<math>p &gt; 0.05</math>), obwohl es nach dem Wingate ebenfalls reduziert war (<math>p &lt; 0.05</math>), während die Herzfrequenz signifikant beeinflusst wurde (NIC-2/NIC-4 &gt; PLA; <math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>Kauen von niedrig dosiertem Nikotinkaugummi (2 mg) 20 Minuten vor dem Training verbesserte das Drehmoment des Beinstreckers erheblich, beeinflusste jedoch die CMJ Sprunghöhe oder die Wingate-Leistung im Vergleich zu einem Placebo nicht, während sich 4mg Nikotinkaugummi nur minimal auf die gemessenen Leistungsparameter auswirkte.</p> |
| AutorInnen / Jahr | Johnston et al., 2018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ProbandInnen       | <p>16 gesunde, nikotin-unerfahrene männliche Athleten</p> <p>aus lokalen Sportclubs (Training 3x/Woche min 45min, bestehend aus Krafttraining und explosivem Training)</p> <p>Alter = <math>24.1 \pm 5.3</math> Jahre</p> <p>Größe = <math>179 \pm 8.8</math> cm</p> <p>Gewicht = <math>81.7 \pm 13.5</math> kg</p> <p>BMI = <math>25.5 \pm 3.0</math> kg/m<sup>2</sup></p> <p>Körperfettanteil = <math>13.2 \pm 5.1\%</math></p> |
| Verabreichungsform | Oral dispergierbare Nikotinstreifen (2,5mg Nikotin; NIC) bzw. geschmacklich abgestimmtes Placebo (PLA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Parameter          | <p>Anaerobe Leistungsfähigkeit (Wingate Test),</p> <p>Reaktionszeit (Batak Test),</p> <p>Pulsfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffsättigung</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Studiendesign      | <p>Randomisierte, doppelverblindete Studie im Crossover Design.</p> <p>Randomisierte, doppelverblindete Studie im Crossover-Design, die vier separate Sitzungen (Abstand mind. Drei Tage) innerhalb von 2-3 Wochen beinhaltet. Zuerst eine Sitzung zur Gewöhnung, danach eine Sitzung</p>                                                                                                                                         |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | <p>zur Reproduzierbarkeit (REP), die Vergleichbarkeit mit der später folgenden Placebo Sitzung ermöglicht.</p> <p>Anschließend unterzogen sich die Teilnehmer der experimentellen Sitzung und der Placebo Sitzung in randomisierter Reihenfolge. Beim experimentellen Teil folgte der Wingate Test auf einen Reaktionszeit-Test.</p>                                                                                                                                                                                                                            |
| Ergebnisse         | <p>Spitzen- und Durchschnittsleistung waren nach NIC-Verabreichung im Vergleich zum PLA signifikant höher (<math>p &lt; 0.01</math>). In ähnlicher Weise wurde auch ein signifikanter Anstieg (<math>p &lt; 0.01</math>) der Herzfrequenz und des Blutdrucks nach NIC-Verabreichung im Vergleich zu PLA beobachtet. Es wurden keinen signifikanten Auswirkungen (<math>p &gt; 0.05</math>) auf die Bewertung der Nebenwirkungen vor dem Training, die Reaktionszeit, die wahrgenommene Belastungsrate oder die Blutlaktatwerte nach dem Training beobachtet</p> |
| AutorInnen / Jahr  | Zandonai et al., 2018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ProbandInnen       | <p>16 männliche Teilnehmer, die regelmäßig Snus konsumieren</p> <p>15 der 16 Teilnehmer aus dem Leistungssport. Bei dem einen Nicht-Leistungssportler handelte es sich um den Ski Instruktor, der ein mittelhohes Maß an körperlicher Fitness aufwies.</p> <p>Alter = <math>21.1 \pm 2.7</math> Jahre</p> <p>Größe = <math>177.3 \pm 5.8</math> cm</p> <p>Gewicht = <math>76.3 \pm 6.1</math> Kg;</p>                                                                                                                                                           |
| Verabreichungsform | Snus (8mg Nikotin)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parameter     | <p>Zeit zur Erschöpfung,</p> <p>Gesamtbewertung der wahrgenommenen Anstrengung,</p> <p>kardiovaskuläre und metabolische Reaktionen,</p> <p>Sauerstoffversorgung in Muskeln und Gehirn,</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Studiendesign | <p>Das Studiendesign bestand aus einem randomisierten, kontrollierten, subjektinternen Design. Die Teilnehmer besuchten das Labor dreimal. Am ersten Tag wurde ein maximaler inkrementeller Belastungstest durchgeführt.</p> <p>In der experimentellen Sitzung 1 und 2 radelten die Teilnehmer bei 80% bis zur Erschöpfung (TTE) unter Nikotinsättigungsbedingung (SA) oder unter einer 12-stündigen Nikotinabstinenzbedingung (AB) über Nacht. Die Reihenfolge jedes Teilnehmers der experimentellen Teile wurde randomisiert durch eine online Software (random.org). Es wurde 25 Minuten vor Beginn der Übung eine Dosis Snus verabreicht. Zwischen den experimentellen Sitzungen vergingen nicht weniger als 7 Tage, um ein ausreichendes Auswaschen und Erholung zu ermöglichen</p> |
| Ergebnisse    | <p>Snus induzierte einen signifikanten (+13.1%) Anstieg der TTE nach Abstinenz (<math>24.1 \pm 10.7</math> min) im Vergleich zum Sättigungszustand (<math>20.9 \pm 8.0</math> min; <math>p=0.0131</math>). Die Basiswerte zeigten, die Abstinenz von Snus induzierte eine signifikante Zunahme der Sauerstoffversorgung des Muskelgewebes (+4%), der Stoffwechselwerte und der kardiovaskulären Parameter im Vergleich zum Sättigungszustand.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

In Tabelle 3 sieht man Studien, die durchwegs verschieden sind. Es können Unterschiede hinsichtlich der Stichprobengrößen, der Verabreichungsform des Nikotins, der gemessenen Parameter sowie der Studiendesigns erkannt werden. Vorab kann man sagen, dass in den neun Studien 189 Probanden und Probandinnen untersucht wurden, von denen insgesamt 35 weiblich waren und der Rest männlich. Sechs Studien testeten nur Männer (Mündel et al., 2010; Morente-Sánchez et al., 2014; Mündel et al., 2017; Johnston et al., 2018, Zandonai et al., 2018; Zandonai et al., 2016). Lediglich bei einer Studie (Fogt et al., 2016) war das Verhältnis von Männern (10) zu Frauen (10) ausgewogen. Die Studie von Pysny et al. (2015) testete mehr Männer (11) als Frauen (7). Cooke et al. (2015) konnten für ihre Testungen mehr als doppelt so viele Männer (52) wie Frauen (18) mobilisieren. Diese Untersuchung beinhaltet auch die größte Stichprobenanzahl von insgesamt 70 Probanden und Probandinnen. Man erkennt anhand der Grafik recht gut, dass die sonstigen Studien auf deutlich weniger Probanden und Probandinnen zurückgreifen konnten, sie bewegen sich zwischen neun (Mündel et al., 2017) und 20 (Fogt et al., 2016) Personen. Der Grund dafür liegt vermutlich darin, dass es sich hierbei um Studien mit gesundheitsgefährdenden Substanzen handelt.

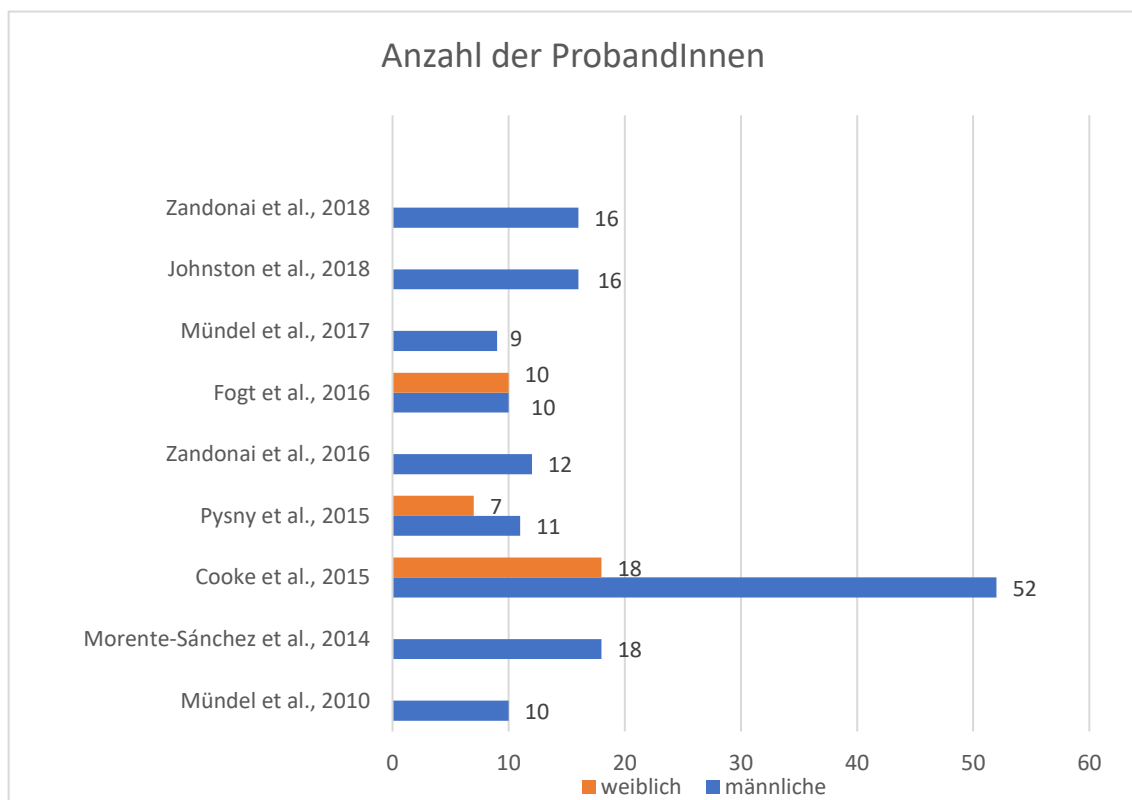


Abbildung 13: Anzahl der ProbandInnen einzelner Studien

Die Probanden und Probandinnen setzten sich aus Personen verschiedenen Alters zusammen, wobei man in Tabelle Zahl erkennen kann, dass die meisten der getesteten Personen im Alter zwischen 20 und 30 Jahren waren. In der Studie von Zandonai et al. (2016) war der Altersunterschied der Personen am Größten, sie luden Personen zwischen 18 und 45 Jahren zum Experiment. Vier Studien (Mündel et al., 2010; Fogt et al., 2016; Mündel et al., 2017; Zandonai et al., 2016) gaben keine Auskunft darüber, woher sie ihre Teilnehmer und Teilnehmerinnen bezogen. Morente-Sánchez et al. (2014) ließ Studierende der Fakultät für Sportwissenschaften von der Universität Granada teilnehmen. Ähnlich machten es auch Pysny et al. (2015), sie fanden ihre Probanden und Probandinnen an der Universität, denn es nahmen Amateursportler und -sportlerinnen, sowie Studierende für das Unterrichtsfach Bewegung und Sport, teil. Cooke et al. (2015) konnte über Notizen und Montrealer Websites ihre Stichprobe gewinnen. Einen anderen Weg schlugen Johnston et al. (2018) ein, sie wurden in lokalen Sportclubs fündig. Zandonai et al. (2018) suchten für ihre Studie regelmäßige Snus-Konsumenten und wurden über Anzeigen in den Wintersportregionen Norditaliens fündig, denn sie konnten für ihre Studie 15 Leistungssportler gewinnen und deren Ski-Instructor dazu. Hier wird bereits sichtbar, dass rauchfreie Tabakwaren im Sport angekommen sind. Lediglich zwei Studien machten keine Angaben über die physische Verfassung ihrer Probanden und Probandinnen (Cooke et al., 2015; Fogt et al., 2016). Zwei Studien weisen als Attribute „gut trainiert“ (Mündel et al., 2010) bzw. „in guter physischer Verfassung“ (Pysny et al., 2015) auf. Mündel et al. (2017) und Johnston et al. (2018) schlossen nur Personen ein, die „im Teamsport  $\leq 3$ x/Woche aktiv sind bzw. sich im Fitnessstudio fit halten“ bzw. „3x/Woche min. 45min aktiv sind“. Morente-Sánchez et al. (2014) geben an, dass es sich bei ihren Probanden um Amateurfußballspieler handelt. In der Untersuchung von Zandonai et al. (2016) werden die Aktivitäten der zwölf Teilnehmer direkt aufgelistet (3 Fußball, 3 Läufer, 2 Tennis, jeweils 1 Turner/Schwimmer/Basketballspieler/Fitnesscenterbesucher). Des Weiteren erscheint es nicht uninteressant, in welcher Form Nikotin verabreicht wurde und welche Erfahrung die Probanden und Probandinnen bereits mit Nikotin haben. Hier gibt nur eine Studie (Mündel et al., 2010) keine Information über die Nikotin Vorgeschichte der Probanden. Sechs Studien untersuchten Nicht-Raucher und Nicht-Raucherinnen bzw. Nicht-Snus Konsumierende bzw. Niemals-Raucher und Niemals-Raucherinnen (Morente-Sánchez et al., 2014; Pysny et al., 2015; Fogt et al., 2016; Mündel et al., 2017; Johnston et al., 2018; Zandonai et al., 2018b). Eine Studie (Cooke et al., 2015) verglich Raucher und Raucherinnen mit Nicht-Rauchern und Nicht-Raucherinnen. Nur die Studie von Zandonai et al. (2018) untersuchte regelmäßige Snus Konsumenten.

Die Studien stammen alle aus Journals, wobei zwei Studien (Morente-Sánchez et al., 2014; Zandonai et al., 2018) im *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* veröffentlicht wurden. Von Mündel et al. (2010) ist lediglich ein Abstract ausfindig zu machen, dessen Daten jedoch für die Auswertung reichen und es aus diesem Grund auch aufgenommen wurde. Hierbei dürfte es sich um einen Vortrag auf einem Kongress gehandelt haben, laut dem Hilfsprogramm *Zotero* ist es jedoch ein Zeitschriftenartikel, der in *Medicine and Science in Sports and Exercise* veröffentlicht wurde. Cooke et al. (2015) veröffentlichten ihren Artikel in *Metabolism: Clinical and Experimental*. Der Beitrag von Pysny et al. (2015) wurde im *Journal of Physical Education and Sports* veröffentlicht. Ins *International Journal of Exercise Science* brachten es Fogt et al. (2016). Den zweiten hier verwendeten Beitrag von Mündel et al. (2017) veröffentlichten sie in *Sports Medicine – Open*. Der australische Artikel von Johnston et al. (2018) wurde im *European Journal of Applied Physiology* publiziert. Zandonai et al. (2016) brachten ihren Beitrag im *Journal of Sport and Health Science* heraus. Alle Studien sind in englischer Sprache, stammen jedoch von Universitäten verschiedener Länder. Zandonai et al. (2016; 2018) liefern Ergebnisse aus Italien, Mündel et al. (2010; 2017) stammen aus Neuseeland, ihre Nachbarn (Johnston et al., 2018) aus Australien, Cooke et al. (2015) forschen vom kalten Kanada aus, während Morente-Sánchez et al. (2014) im sonnigen Südspanien arbeiten. Unsere Nachbarn lieferten auch einen Beitrag, Pysny et al. (2015) führten ihre Untersuchungen in Tschechien durch. Fogt et al. (2016) forschen in den USA und hoffen dabei vermutlich, ihren wissenschaftliche-Erkenntnis-verleugnenden Präsidenten zufrieden stellen zu können.

Hinsichtlich der Verabreichungsform des Nikotins bei den Untersuchungen unterschieden sich die Studien stark voneinander. Um die Übersicht einfacher zu gestalten, wird hier auf eine Hilfstabelle zurückgegriffen. In dieser Tabelle 4 sieht man, dass lediglich zwei Studien (Cooke et al., 2015; Zandonai et al., 2018) ihre Testungen ohne das dementsprechende Placebo durchführen. Alle anderen Studien (Mündel et al., 2010; Morente-Sánchez et al., 2014; Pysny et al., 2015; Fogt et al., 2016; Zandonai et al., 2016; Mündel et al., 2017; Johnston et al., 2018) griffen auf ein farb-, form- und geschmacksabgestimmtes Placebo zurück. Mündel et al. (2010) und Cooke et al. (2015) testeten die Auswirkungen zweier unterschiedlicher Nikotinprodukte. Ein oft verwendetes Produkt in diesen neun eingeschlossenen Studien war Snus, es wurde in drei Studien verwendet (Morente-Sánchez et al., 2014; Zandonai et al., 2016; Zandonai et al., 2018). Auch Nikotinkaugummi fand in drei Studien Verwendung (Mündel et al., 2010; Cooke et al., 2015; Mündel et al., 2017). Jeweils einmal eingesetzt wurde das Nikotinpflaster (Mündel et al., 2010), Zigaretten (Cooke et al., 2015), Sublingualtabletten (Pysny et al.,

2015), Elektronische Zigaretten (Fogt et al., 2016), sowie oral dispergierbare Nikotinstreifen (Johnston et al., 2018).

*Tabelle 4: Verabreichungsform und Placebokontrolle*

| <b>AutorInnen / Jahr</b>     | <b>Verabreichungsform Nikotin</b>              | <b>Placebo (ja/nein)</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Mündel et al., 2010          | Nikotinkaugummi (2mg)<br>Nikotinpflaster (7mg) | Ja                       |
| Morente-Sánchez et al., 2014 | Snus (8mg)                                     | ja                       |
| Cooke et al., 2015           | Zigarette (1.1-2.4mg)<br>Nikotinkaugummi (2mg) | nein                     |
| Psyny et al., 2015           | Sublingualtablette (mg)                        | ja                       |
| Fogt et al., 2016            | Elektronische Zigarette (18mg)                 | ja                       |
| Zandonai et al., 2016        | Snus (8mg)                                     | ja                       |
| Mündel et al., 2017          | Nikotinkaugummi (2mg)<br>Nikotinkaugummi (4mg) | ja                       |
| Johnston et al., 2018        | Oral dispergierbare Nikotinstreifen<br>(2.5mg) | Ja                       |
| Zandonai et al., 2018        | Snus (8mg)                                     | nein                     |

Um die Ergebnisse besser verstehen zu können, erscheint es sinnvoll die Ziele der einzelnen Studien zu erläutern. Mündel et al. (2010) wollten herausfinden, ob Nikotin eine ergogene Wirkung hinsichtlich eines 1-stündigen Zeitfahrens, bei dem das Tempo selbst gewählt werden konnte, hat. Hierfür wurden nicht nur physiologische Parameter wie die Körperkerntemperatur, die Herzfrequenz und Werte der Blutbiochemie gemessen, sondern die Teilnehmer beurteilten ihre Leistung (RPE) anhand der BORG-Skala. Wie Tabelle 3 zeigt, konnte keine ergogene Wirkung, weder durch Nikotinkaugummi, noch durch das Nikotinpflaster, festgestellt werden.

Morente-Sánchez et al. (2014) untersuchten die Auswirkungen von Snus auf körperliche Leistungsfähigkeit in Relation zu Ebenen verschiedener subjektiver (kognitiver) Wahrnehmungen von Nicht-Rauchern und Nicht-Snus Konsumenten, die Fußball im Amateurbereich spielen. Sie bedienten sich hierbei einer fitness test battery, (bestehend

aus vier häufig verwendeten Tests), sowie des RPEs (BORG-Skala) und visuellen Analogskalen mit dem Ergebnis, dass Snus keine ergogene Substanz darstellt.

In der Studie von Cooke et al. (2015) wollte man die akuten und chronischen Effekte von Zigaretten und Nikotinkaugummi auf die Endothelin-1 Reaktion auf akuten physischen Stress bei Nicht-RaucherInnen und RaucherInnen untersuchen. Hierfür ließ man die Testpersonen bis zur Erschöpfung auf einem Laufband laufen und maß dabei  $VO_{2max}$  sowie das Endothelin-1 Level. Da Endothelin-1 als Vasokonstriktor auftritt, erscheint die Testung in Verbindung mit Nikotin aus sehr interessant, weil es die Funktionsweise des Muskels beeinflussen kann. Die Autoren konkludieren, dass das Endothelin-1 Niveau hinsichtlich der akuten maximalen Belastung bei jungen, gesunden Personen signifikant abfällt.

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Studie von Pysny et al. (2015) nahmen an der Untersuchung teil, um herauszufinden, welche Auswirkungen Nikotin auf Personen während des Fahrens beim Wingate Anaerobic Test hat. Hierzu wurden die Werte der maximalen anaeroben Kraft, die anaerobe Kapazität und der Power Drop ausgewertet. Man kam zu dem Ergebnis, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Verabreichung von Nikotin via Sublingual Tabletten und dem Placebo zu berichten gibt.

Das Forscherteam von Fogt et al. (2016) erkannte, dass die Auswirkungen von elektronischen Zigaretten auf Blutdruck und Ruhestoffwechselrate oder Blutdruck und aerobe Leistungsfähigkeit während einer Belastung noch nicht untersucht waren und nahm die Schließung der Forschungslücke auf sich. Getestet wurden also die oben angeführten Parameter, wobei die Probanden und Probandinnen hier einen Stufentest am Fahrradergometer absolvierten. Ihre wohl wichtigste Erkenntnis war, dass Nikotin, verabreicht durch elektronische Zigaretten, weder die Ruhestoffwechselrate, noch die aerobe Leistungsfähigkeit beeinträchtigt.

Mit einem noch größeren Team als zwei Jahre später untersuchten Zandonai et al. (2016) die Auswirkungen von oralem, rauchlosen Tabak (Snus) auf die Wahrnehmung der Ermüdung und Zeit zur Erschöpfung (TTE) während aerober Belastung in moderater Intensität. Bei einem Stufentest am Fahrradergometer überprüfte man die Maximale Wattleistung, das Verhältnis von  $W_{max}$  und  $VO_{2max}$ , die Sauerstoffanreicherung im Muskelgewebe und Gehirn, sowie Blutlaktat, Blutglukose und die Hämoglobin Konzentration. In der Conclusio schreiben sie:

*“This study showed that muscular and cerebral oxygenation increased significantly with snus administration during an endurance exercise until exhaustion, but this did not affect fatigue perception and TTE. The results*

*showed that snus could not be considered an ergogenic substance in non-tobacco users.”*

Aus den Key Points der Einleitung der Studie von Mündel et al. (2017) geht hervor, dass die Untersuchungen geführt wurden, um herauszufinden, ob Nikotinkaugummi Auswirkungen auf die Muskelleistung und anaerobe Leistungsfähigkeit hat. Hintergrund ist, dass sie eine hohe Rate von Nikotin konsumierenden Sporttreibenden in Sportarten, die die oben genannten Kriterien fordern, ermittelt haben und es laut ihrem Stand noch zu wenige Studien zu Auswirkungen von Nikotin auf Leistungsfähigkeit gibt, obwohl die die WADA Nikotin bereits im Jahr 2012 ins Monitoring Programm aufgenommen hat. Die Autoren und Autorinnen kommen zum Ergebnis, dass das leichter dosierte Kaugummi das Beinstreckerdrehmoment erhöht, jedoch die CMJ Sprunghöhe oder die Wingate-Leistung im Vergleich zu einem Placebo nicht beeinflusste. In der Conclusio schreiben sie als letzten Satz: „[...] . these results indicate that nicotine per se can improve exercise endurance and muscular strength, something that WADA should continue to monitor alongside patterns of (mis)use.” (Müdel et al., 2017, Seite 7/8). Interessantes Detail am Rande: Die Studie wurde von der WADA teilfinanziert.

Johnston et al. (2018) Ziel der vorliegenden Studie war es, die Auswirkungen einer schnell resorbierten Nikotinform auf wiederholte anaerobe Belastungsphasen, die Wahrnehmung von Belastungen und eine Reihe von kardiovaskulären Variablen bei gleichzeitiger Überwachung von Nebenwirkungen zu bestimmen. Man bediente sich des Wingate Test und des Batak-Tests. Darüber hinaus wurden Parameter wie Pulsfrequenz, Blutdruck und Sauerstoffsättigung gemessen. Mit einem Satz zusammengefasst, kommen sie zu dem Ergebnis, dass Nikotin die anaerobe Leistungsfähigkeit steigert durch eine Kombination aus sympathischer Stimulation und zentraler Mechanismen, nämlich durch eine erhöhte dopaminerge Aktivität im Belohnungszentrum.

Zandonai et al. (2018) mussten feststellen, dass die Zahl der Konsumenten und Konsumentinnen von rauchlosen Tabakprodukten wie Snus unter Athleten und Athletinnen steigt, weshalb sie herausfinden wollten, ob Snus bei diesen einen ergogenen Effekt auf aerobe Leistungsfähigkeit während der Belastung bis zur Erschöpfung nach Abstinenz oder gesättigter Nikotinbedingung hat. Man mobilisierte dafür Skifahrer aus dem Leistungssportbereich, die angaben, regelmäßig Snus zu konsumieren und befasste sich mit den Parametern Zeit zur Erschöpfung (TTE), Gesamtbewertung der wahrgenommenen Anstrengung, kardiovaskuläre und metabolische Reaktionen sowie Sauerstoffversorgung in Muskeln und Gehirn. Die Autoren und Autorinnen konkludieren, dass ihre Studie die Hypothese bestätige, dass

die Snusverabreichung nach 12-stündiger Abstinenz bei nikotinsüchtigen Athleten die Trainingsleistung steigern könnte. Dies scheint auf die Linderung der Symptome zurückzuführen zu sein, die durch Abstinenz über Nacht hervorgerufen werden. Sie hätten außerdem gezeigt, dass die Snusverabreichung die TTE nach Abstinenz erhöht, und dass es die erste Studie wäre, in der die Reaktionen auf submaximales Training (80% von  $\text{Vo}_{2\text{max}}$ ) bei regelmäßigen Konsumenten von rauchlosem Tabak untersucht wurden.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die neun ausgewählten Studien keine konsistenten Ergebnisse liefern, was später in der Diskussion aufgegriffen wird. Wie Tabelle 5 zeigt, lassen sich positive Auswirkungen (fett gedruckt) von Nikotin bei Cooke et al. (2015) in Bezug auf das Endothelin-1 Level feststellen und bei Mündel et al. (2017) in Bezug auf das Drehmoment des Beinstreckers. Johnston et al. (2018) stellen eine positive Auswirkung von Nikotin nur für die Spitzen- und Durchschnittsleistung beim Wingate Tests fest. Zandonai et al. (2018) stellen bei Snus Konsumenten nach Abstinenz eine ergogene Wirkung von Nikotin auf die Zeit bis zur Erschöpfung beim Fahren am Fahrradergometer fest, während in der Studie von Zandonai et al. (2016) keine Wirkung von Nikotin auf die Zeit zur Erschöpfung feststellbar war, jedoch auf die Sauerstoffversorgung des Muskelgewebes und des Gehirns. Bei den restlichen Studien waren entweder gar keine positiven Auswirkungen von Nikotin auf Parameter der sportlichen Leistungsfähigkeit erkennbar (Mündel et al., 2010; Morente-Sánchez et al., 2014; Pysny et al., 2015) oder es gab eben nachweisbare Unterschiede physiologischer Parameter, wie z.B. der erhöhte diastolische Ruheblutdruck bei Fogt et al. (2016), der sich jedoch auf die Leistung beim Stufentest am Fahrradergometer nicht auswirkte.

Tabelle 5: Auswirkungen und dazugehörige Parameter

| Autorinnen / Jahr            | Auswirkung | Parameter                                                                            | Test                                                                           |
|------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Mündel et al., 2010          | nein       | Performance, Körperkerntemperatur, Blutbiochemie                                     | Fahrradergometer                                                               |
| Morente-Sánchez et al., 2014 | nein       | Muskelkraft, max. Griffkraft, HF-Variabilität                                        | Handgrip Dynamometry Test, CMJ, Agility Test, Yo-Yo-intermittent-recovery Test |
| Cooke et al., 2015           | ja         | <b>Endothelin-1</b>                                                                  | Laufbandtest bis zur Erschöpfung                                               |
| Pysny et al., 2016           | nein       | Max. anaerobe Kraft, anaerobe Kapazität, Powerdrop                                   | Wingate-Test                                                                   |
| Fogt et al., 2016            | nein       | VO <sub>2max</sub>                                                                   | Stufentest Fahrradergometer                                                    |
| Zandonai et al., 2016        | ja<br>nein | <b>Sauerstoffanreicherung Muskelgewebe &amp; Gehirn</b><br>Zeit zur Erschöpfung, RPE | Stufentest Fahrradergometer                                                    |
| Mündel et al., 2017          | Ja<br>nein | <b>Drehmoment Beinstrecker (iso., exz., konz.)</b><br>CMJ-Höhe, VO <sub>2max</sub>   | 5 voluntary maximal contractions, CMJ, Wingate                                 |
| Johnston et al., 2018        | ja         | <b>Anaerobe Spitzen- und Durchschnittsleistung</b>                                   | Wingate-Test                                                                   |
| Zandonai et al., 2018        | ja         | <b>Zeit zur Erschöpfung</b>                                                          | Fahrradergometer (80% VO <sub>2max</sub> )                                     |

## 5 Diskussion

Diese Arbeit hatte zum Ziel, mithilfe eines Systemic Reviews die Auswirkungen von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit darzustellen und die Ergebnisse übersichtlich darzustellen, um sie leichter vergleichen zu können. Außerdem soll dadurch ein Beitrag zur Wissenschaft geschaffen werden, denn Ziel eines Systematic Reviews ist immer auch das Aufzeigen von Forschungslücken. Im Folgenden erfolgt eine Auseinandersetzung mit den Ergebnissen aus Kapitel 3, bei der verschiedene Punkte kritisch beleuchtet werden. Ein Punkt in etwa sind die Studiendesigns an sich. Ein weiterer Diskussionspunkt ergibt sich durch die Merkmale der Probanden und Probandinnen. Darüber hinaus werden die möglichen Einschränkungen der Arbeit diskutiert. Für die Diskussion stehen neun Studien zur Verfügung, die aus der Literaturrecherche stammen. Diese neun Studien erfüllten die Einschlusskriterien, gleichzeitig traf keines der Ausschlusskriterien auf sie zu. Zunächst werden die Studien einzeln diskutiert, erst im weiteren Verlauf der Diskussion wird auf Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede der verschiedenen Studien eingegangen.

Bei der Studie von Mündel et al. (2010) muss man zuallererst festhalten, dass es sich hierbei bloß um ein Abstract handelt, dessen Ergebnisse wohl bei einem Kongress vorgestellt wurde. Am Screenshot erkennt man, dass eine vorgegebene Zeit (8:00 AM – 9:30 AM) und eine Nummer (Board #51) ausgewiesen sind. Die Studie wurde deshalb aufgenommen, weil das Abstract seine Funktion voll erfüllt und einen guten Überblick über den Ablauf der Studie liefert, ohne dabei Details preiszugeben. Somit ist, wenn man das Studiendesign näher betrachten möchte, eine tiefere Analyse und Bewertung der Studie nicht möglich, da es an Informationen zu dem genauen Ablauf der Testungen, sowie zu Angaben über die Verabreichungen und zeitlichen Abläufen mangelt. Was jedoch recht leicht erkennbar ist, ist die Anzahl der Probanden, die an sich für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt haben. Bei ihnen handelt es sich um neun gut trainierte, männliche Radfahrer. Was nicht ersichtlich ist, sind deren Erfahrungen mit Nikotin. Es geht nicht hervor, ob unter den Teilnehmern Nikotinkonsumenten sind bzw. gibt es generell keine Informationen über deren Nikotinverhalten.

---

1922 Board #51 June 3 8:00 AM - 9:30 AM

**Addicted To Winning: Can Nicotine Administration Improve 1-h Cycling Time-trial Performance?**

Toby Mundel, Stuart Houltham, Matthew Barnes, Stephen Stannard. *Massey University, Palmerston North, New Zealand.* (Sponsor: Timothy D. Mickleborough, FACSM)  
Email: t.mundel@massey.ac.nz  
(No disclosure reported)

Nicotine is a potent psycho-stimulant widely reported to increase alertness, improve coordination and enhance cognitive performance. Furthermore, we previously reported a ~17% improvement in physical endurance with transdermal nicotine administration. These findings, coupled with the fact that it is neither a banned substance nor restricted (i.e. available over-the-counter), raises an ethical dilemma over athletes gaining an unfair advantage by using nicotine and with little knowledge of the safety of its use during competitive exercise/sport.

**PURPOSE:** To determine whether nicotine administration is ergogenic during a self-paced 1h cycling time-trial (TT).

**METHODS:** Ten well-trained male cyclists (34±9 yrs;  $\text{VO}_{2\text{max}}$ :  $71 \pm 6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) completed three work-dependent TT (996±132kJ) following administration of 2mg nicotine gum (GUM), 7mg nicotine patch (PAT) or colour- and flavour-matched placebos (PLA) in a randomized order. Measures of core temperature ( $T_{\text{c}}$ ), heart rate (HR), blood biochemistry (pH,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) and Borg's rating of perceived exertion (RPE) accompanied performance.

**RESULTS:** GUM (-0.6±4.4%) and PAT (-1.0±4.8%) resulted in no significant improvement in performance time compared to PLA (62.9±4.1, 62.6±4.5 and 63.3±4.1 min, respectively;  $p=0.733$ ), with mean power outputs of 264±31 (GUM), 265±32 (PAT) and 263±33 W (PLA), respectively ( $p=0.735$ ).  $T_{\text{c}}$  was similar between trials ( $p=0.329$ ) with  $\text{DT}_{\text{c}}$  of 2.2±1.0, 2.0±0.9 and 2.2±0.4 °C whilst HR averaged 170±10, 170±11 and 171±11 beats·min<sup>-1</sup> ( $p=0.599$ ) for GUM, PAT and PLA, respectively. There were no differences between trials for any blood biochemistry (all  $p>0.139$ ) or RPE with mean values of 16.7±0.9, 16.8±0.7 and 16.8±0.8 ( $p=0.893$ ) for GUM, PAT and PLA, respectively.

**CONCLUSIONS:** Nicotine administration, whether via gum or transdermal patch, does not exert an ergogenic or ergolytic effect on self-paced cycling performance of ~1hr.

Supported by a Summer Studentship from The Physiological Society (UK) and Massey University Research Fund RM13226.

---

Abbildung 14: Screenshot vom Abstract von Mündel et al., 2010

Die Untersuchung von Morente-Sánchez et al. (2014) testete Snus an Studenten der Fakultät der Sportwissenschaften der Universität Granada. Was hier auffällt, ist die Menge an Nikotin, die den Amateurfußballspielern verabreicht wurde. Berücksichtigt man, dass die Teilnehmer angaben weder zu rauchen, noch Snus zu konsumieren, so erscheint die Dosis recht hoch in Anbetracht der Menge, die für Nikotin unerfahrene Menschen schneller zu Nebenwirkungen aufgrund mangelnder Toleranz führen kann. Somit ergaben sich für ein paar Teilnehmer leichte Nebenwirkungen. Offen bleibt nach dieser Untersuchung auch, wie sich Nikotin auf die Leistungsfähigkeit von Person, die gerade Nikotin abstinent bzw. nach Sättigung, auswirkt. Interessant erscheint die Tatsache, dass Morente-Sánchez et al. (2014) die Teilnehmer auch nach der wahrgenommenen geistigen Müdigkeit und der allgemeinen geistigen Belastung fragte, mit dem Ergebnis, dass beide nach der Verabreichung von Snus zunahmen. Interessant deshalb, weil der Konsum von Nikotin für regelmäßige Konsumenten eher eine Aktivierung hervorruft und in diesem Zusammenhang erscheint es besonders wichtig, die Wirkung einer Nikotingabe nach Abstinenz bei gewohnheitsmäßigen Nikotinkonsumenten auf ihre Leistungsfähigkeit zu testen. Die Wahl der Forschungsfrage zu habituellen bzw. erstmaliger Anwendung war also eine sehr gute und in diesem Licht auch sehr wichtig erscheinende Frage. Die Beantwortung dieser und der anderen Forschungsfragen erfolgt jedoch in einem späteren Teil der Diskussion.

Als nächstes durchleuchten wir die Studie von Cooke et al. (2015). Für diese Studie wurden nicht nur Nicht-Raucher und Nicht-Raucherinnen gefunden, sondern auch Raucher und Raucherinnen nahmen an den Untersuchungen teil. Die Ergebnisse zeigen auf, dass es klare Evidenz für einen akuten Abfall des zirkulierenden ET-1 in Verbindung mit akuter, maximaler Belastung bei jungen, gesunden, aktiven Menschen gibt. Für

diskutabel kann gehalten werden, dass es bereits Studien mit gegensätzlichen Ergebnissen gibt (Maeda et al., 1997; Maeda et al., Maeda et al., 1997b, Maeda et al., 1994).

Die Studie von Pysny et al. (2015) wurde auch schon in den Systematic Review von Johnston et al. (2017) aufgenommen mit dem Ergebnis, dass es einen Rückgang der anaeroben Leistungsfähigkeit gibt und Nikotin somit keine positiven Auswirkungen auf die gemessenen Parameter hatte. Auch bei dieser Studie erscheint die Anzahl der Teilnehmenden als gering. Was an der Studie von Pysny et al. (2015) sehr übersichtlich gestaltet ist, ist das Forschungsziel, das anhand anderer Studienergebnisse gewählt wurde und auf deren Thesen sich Pysny et al. (2015) stützen. Somit kommt Transparenz und Klarheit in die Studie und die Leserschaft kann den Untersuchungsgegenstand und -umstand gut nachvollziehen. Außerdem zählen Pysny et al. (2015) in ihrem Paper, genauer gesagt im Kapitel Diskussion, Ergebnisse auf, die ihren eigenen widersprechen. Grund dafür konnte wohl sein, dass Pysny et al. (2015) gut trainierte Amateur-Athleten und -athletinnen testen konnte, während andere auf nicht Sport treibende Probanden und Probandinnen zurückgriff. Es darf in Frage gestellt werden, wie aussagekräftig die Resultate sind, weil die Autoren und Autorinnen hier lediglich auf einen einzigen Test zurückgriffen, die Absorption des Nikotins nicht feststellten, genauso wenig wie sie physiologische Parameter zur Untermauerung der eingeholten Ergebnisse gemessen haben. Aus persönlicher Sicht kann angemerkt werden, dass es nicht ersichtlich ist, ob vor dem ersten Durchlauf schon eine Verabreichung des Nikotins stattfand.

Das Studiendesign von Fogt et al. (2016) kann sich durchaus sehen lassen, denn es handelt sich um eine doppelverblindete, randomisierte, placebo-kontrollierten Studie, bei der im Vortest eine Messung durchgeführt wurde um die Nikotinabsorption sicherzustellen. Erfahrungsgemäß würde das ein hohes Rating in der PEDro-Skala (Eine Skala zur Messung der Qualität von Berichten über RCTs, die in der PEDro, der Physiotherapie Evidenz-Datenbank, indexiert sind) bedeuten. Das Ergebnis in einem kurzen Satz: Elektronische Zigaretten haben keine Auswirkungen auf die  $VO_{2max}$  bei gesunden Nicht-Rauchern und Nicht-Raucherinnen. Zur Diskussion steht, dass die Nikotinaufnahme durch elektronische Zigaretten zwischen den einzelnen Testpersonen sehr unterschiedlich ausfallen kann, da die die Zeit der Inhalation und die Tiefe von Person zu Person starken Schwankungen unterliegt. Man könnte hier wohl Rahmenbedingungen schaffen, bei denen das Volumen des inhalierten Dampfes kontrolliert wird. Ebenso könnten die 55 Minuten, die zwischen Inhalation und Stufentest am Fahrradergometer lagen, in Verbindung mit den intersubjektiven Unterschieden hinsichtlich der Inhalation, die Auswirkung von Nikotin beeinflusst haben.

Das Ziel des Teams Zandonai et al. (2016) war es, die Auswirkungen von Snus Konsum während der Belastung moderater Intensität und der Wahrnehmung der Erschöpfung herauszufinden, mit dem Ergebnis, dass die Sauerstoffversorgung des Gewebes (Muskeln und Gehirn) signifikant erhöht war, während die Zeit bis zur Erschöpfung sowie die Fähigkeit, aerobe Belastung aufrecht zu erhalten, unverändert blieben. Auch die Autoren und Autorinnen dieser Studie äußern sich zu den nicht ganz schlüssigen Ergebnissen und geben zu bedenken, dass die individuelle Toleranz oder die Veränderungen der Acetylcholinrezeptorenmenge und -sensibilität die Ergebnisse beeinflussen könnte. Doch so wie andere Studien zuvor, kommt auch diese nicht ohne Limitationen aus. So erkennt man zum Beispiel, dass die möglichen Auswirkungen von Nikotin nach Abstinenz bzw. in der Sättigungskondition hier nicht berücksichtigt werden. Außerdem kann keine Aussage über geschlechtsspezifische Unterschiede getroffen wurde, da es sich bei den Probanden um ausschließlich männliche handelt.

Mündel et al. (2017) wählten regelmäßig trainierende, männliche Niemals-Raucher und fanden heraus, dass die isometrische, konzentrische sowie exzentrische Drehmomenterzeugung nach Gabe von 2mg Nikotinkaugummi signifikant höher war. Überraschenderweise hatte dies aber keine Auswirkungen auf den Counter Movement Jump, was die Frage ermöglicht, ob dieser als Test wirklich aussagekräftig genug ist? Die maximale, durchschnittliche und minimale Leistung bei einem 30-s-Wingate-Test nahm jedoch bei Verwendung von 2mg Nikotinkaugummi signifikant ab. Im Systematic Review von Johnston et al. (2017) werden positive Worte verloren über diese Studie, da sie einige physiologische Parameter zu messen vermochte, wobei festgehalten werden muss, dass nur der pH-Wert signifikant anstieg nach Konsum von 2mg Nikotinkaugummi.

Johnston et al. (2018) erklären in ihrer Einleitung, warum sie sich für oral-dispergierbare Streifen entschieden hatten und stellen Verbindung zu einigen bekannten Studien her, wie zB der oben behandelten Studie von Mündel et al. (2017). Interessant in diesem Zusammenhang erscheint, dass der Hintergrund der Wahl der oral-dispergierbaren Nikotinstreifen der war, dass man damit gastrointestinale Nebeneffekte vermeiden bzw. verringern wollte, was laut den Autoren und Autorinnen gelungen ist. Sie vergleichen ihre Studie mit der von Morente-Sánchez et al. (2014), bei dessen Versuchen einige Teilnehmende über Nebenwirkungen klagten, und argumentieren so, dass in ihrer Studie die Leistungsfähigkeit stieg aufgrund der Minimierung von Nebenwirkungen. Johnston et al. (2018) stellen in der Diskussion ihrer eigenen Untersuchungen immer wieder die Verbindung zur Notwendigkeit der weiteren Untersuchung des Grundes für das Steigen der anaeroben Kapazität nach Nikotin Konsum her und mutmaßen dabei, dass es sich

um eine Mischung aus sympathischer Stimulation und zentralen Mechanismen handelt, genauer gesagt der erhöhten dopaminergen Aktivität im Belohnungszentrum.

Der Forschungsauftrag von Zandonai et al. (2018) war klar und wurde in der Einleitung ihres Papers schön skizziert. So kamen sie zu der Hypothese, dass Snus Verabreichung nach Abstinenz bei Nikotin abhängigen Athleten die Leistungsfähigkeit verbessert aufgrund der Linderung der über Nacht entstandenen Entzugerscheinungen. Diese Ergebnisse konnten durch einen Test am Fahrradergometer bestätigt werden, denn die Zeit zur Erschöpfung verlängerte sich um ganze 13,1 % im Vergleich zum Sättigungszustand. Bei der Durchführung der Tests wurden auf die Messung des absorbierten Nikotins geachtet, um sicherzustellen, dass alle Teilnehmer die Bedingung der Abstinenz bzw. Sättigung einhielten. Sie thematisieren in der Diskussion die Zunahme der Sauerstoffversorgung des Muskelgewebes durch Snus, die interpersonellen Unterschiede in der Toleranz und Sensibilität gegenüber dem Nikotin sowie eine ähnliche These, wie die oben beschriebene von Johnston et al. (2018), die vom Nikotin begünstigten, sympathischen Ausfluss berichtet. Doch, wie die Autoren und Autorinnen selbstkritisch schreiben, unterliegt auch ihre Studie methodologischen Beschränkungen. So fehlt bisher noch eine experimentelle Sitzung mit regelmäßigen Snus Konsumenten mit der gleichen zwölf Stunden Abstinenz und ohne Verabreichung von Snus. Wie in anderen Studien auch kritisch zu betrachten, ist die Dominanz der Männer, die hier bei 100 % liegt, Geschlechtervergleiche jedoch unmöglich macht. Die vorliegenden Ergebnisse sind jedenfalls für Relevanz für künftige Untersuchungen.

An dieser Stelle der Diskussion ist es an der Zeit, die eingangs gestellten Forschungsfragen zu beantworten. Sie werden zu diesem Zweck ein weiteres Mal angeführt und es wird versucht die Fragen mit Prägnanz zu beantworten, sofern dies möglich ist. Das Ziel dieses vorliegenden Systematic Reviews war es, die Fragen eindeutig beantworten zu können, um die Weichen für zukünftige Forschungen zu stellen. Es werden hier die Lücken und Limitationen der Ergebnisse aufgezeigt und im späteren Verlauf gibt das letzte Kapitel *Ausblick* eine Empfehlung für künftige Untersuchungen zu Auswirkungen von Nikotin auf sportliche Leistungsfähigkeit.

*Wie wirkt sich Nikotinanwendung auf unterschiedliche Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit aus?*

Wie man aus den Ergebnissen ablesen kann, kann sich Nikotin positiv, aber auch negativ auf Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit auswirken. Es kam auch vor,

dass Nikotin keinerlei Veränderung zeigte. Was zu sagen ist, dass einige Studien eine ergogene Wirkung nachweisen, so geschehen bei Cooke et al. (2015), die eine Veränderung des Endothelin-1 Levels anführen. Zandonai et al. (2016) orten eine erhöhte Sauerstoffanreicherung im Gewebe der Muskeln und des Hirns, während Mündel et al. (2017) eine signifikante Auswirkung auf das Drehmoment des Beinstreckers nachweisen (isometrisch, konzentrisch, exzentrisch). Bei der Studie von Johnston et al. (2018) ermittelte man nach der Gabe von Nikotin im Vergleich zur Placebo Gruppe eine höhere anaerobe Spitzen- und Durchschnittsleistung. Zandonai et al. (2018) kommen zu dem Ergebnis, dass durch die Gabe von Nikotin die Zeit bis zur Erschöpfung bei einem Fahrradergometer-Test signifikant verlängert wurde. Sieht man diese Ergebnisse, so könnte man davon ausgehen, dass Nikotin durchaus als ergogene Substanz bezeichnet werden könnte, die von der WADA im Sinne der Fairness besser auf die Verbotsliste gesetzt werden sollte, doch so einfach ist es nicht. Denn obwohl man diesen Forschungsergebnissen beachten werden sollte, so sind sie doch widersprüchlich, wie man an den zwei Studien des Leiters Thomas Zandonai sehen kann. Im Jahr 2016 konnten sie mit ihrer Studie keine Veränderung der Zeit bis zur Erschöpfung feststellen, während im Jahr 2018 dies sehr wohl der Fall war. Betrachtet man die Tatsache, dass Johnston et al. (2018) die oben erwähnten Ergebnisse durch den Wingate-Test liefert, so erscheint es berechtigt zu hinterfragen, warum bei der Studie von Pysny et al. (2015) keine Auswirkung auf die anaerobe Kapazität festzustellen war beim selben Test. Grund dafür sind wohl die verschiedenen Studiendesigns, die man wiederholen und vereinheitlichen sollte, um konsistente und aussagekräftige Ergebnisse zu bekommen.

*Besteht wissenschaftliche Evidenz dahingehend, dass sich Nikotin auch positiv auf Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit auswirken kann?*

Diese Frage kann mit einem Ja beantwortet werden, obwohl eine wirklich eindeutige Aussage zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich erscheint. Mündel et al. (2010) können dies mit ihren Ergebnissen nicht bestätigen, genauso wie Morente-Sánchez et al. (2014) keine ergogene Wirkung von Snus feststellen konnten. Hier reihen sich auch Cooke et al. (2015) ein, denn sie sehen hier keine positiven Auswirkungen auf den Vasokonstriktor Endothelin-1. Die Untersuchungen von Pysny et al. (2015) kommen ebenso zu dem Ergebnis, dass Nikotin keine positiven Auswirkungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit hat. Fogt et al. (2016) schlagen in dieselbe Kerbe, sie können keine positive Auswirkung von Nikotin nachweisen. Eine Leistungssteigerung durch Snus kann auch von Zandonai et al. (2016) nicht nachgewiesen werden, obwohl sie eine höhere

Sauerstoffanreicherung im Gewebe der Muskeln und des Gehirns messen konnten. Positive Auswirkungen konnten von Mündel et al. (2017), Johnston et al. (2018) und Zandonai et al. (2018) festgestellt werden in Bezug auf das Drehmoment des Beinstreckers bzw. der anaeroben Spitzen- und Durchschnittsleistung bzw. der Zeit zur Erschöpfung.

*Bestehen Unterschiede hinsichtlich der Auswirkung von Nikotinanwendung auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Anwendungsmethode (Oral, Nasal, Transdermal, etc.)?*

Bezieht man sich bei der Beantwortung dieser Frage auf die beiden vorangegangenen, so wird es nicht möglich sein, hier eine eindeutige Antwort zu geben. Es scheint von diversen Faktoren abhängig zu sein, wie z.B. von der Verabreichungsform, der Zeit von der Gabe bis zur Testung (Absorption), den Probanden und Probandinnen (Trainingszustand, Nikotinerfahrung, Stichprobengröße, etc.). Zandonai et al. (2018) und Morente-Sánchez et al. (2014) testen mit 8mg Snus, wobei unterschiedliche Testungen gewählt wurden und Zandonai et al. (2018) keine Placebo Gruppe verzeichnete. Zandonai et al. (2016) hingegen konnten mit derselben Verabreichungsform jedoch eine signifikante Veränderung des Parameters Sauerstoffanreicherung im Gewebe feststellen, ohne insgesamt eine ergogene Wirkung festzustellen. Schenkt man den Ergebnissen, so wie sie hier dargestellt sind, Glauben, so könnte man mutmaßen, dass es sogar einen Unterschied hinsichtlich der Auswirkung in Abhängigkeit der Anwendungsmethode zwischen zwei doch sehr ähnlichen Nikotinprodukten gibt, nämlich den von Pysny et al. (2015) verwendeten Sublingualtabletten und den von Johnston et al. (2018) verabreichten oral-dispergierbaren Nikotinstreifen. Die Autoren kommen bei Einsatz desselben Tests (Wingate) zu unterschiedlichen Ergebnissen. Selbst bei der Testung von Mündel et al. (2017) können Unterschiede zwischen der Gabe von 2mg Nikotinkaugummi und 4mg Nikotinkaugummi festgestellt werden. In diesem Lichte gesehen, kann man davon ausgehen, dass die Verabreichungsform an sich nicht unwichtig ist, es jedoch viel mehr auf das Studiendesign zurückzuführen ist, ob es Unterschiede hinsichtlich der Auswirkung von Nikotinanwendung auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Anwendungsmethode gibt. Selbstverständlich spielen auch die Probanden und Probandinnen eine wesentliche Rolle, denn es scheint von großer Bedeutung zu sein, ob es sich um regelmäßige Nikotinkonsumenten in Abstinenzbedingung handelt, oder aber um völlig Nikotin unerfahrene Menschen.

*Bestehen Unterschiede hinsichtlich der Auswirkung von Nikotinanwendung auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von habituellen bzw. erstmaliger Anwendung?*

Diese Frage erscheint in Anbetracht der durchwegs verschiedenen Studienergebnisse als höchst relevant, wenn man davon ausgeht, dass Athleten und Athletinnen Nikotin zur Leistungssteigerung verwenden könnten. Man kann erkennen, dass die Studien verschiedene Populationen untersuchten. So kann festgehalten werden, dass nur die Studie von Mündel et al. (2010) keine Aussage über die Nikotingewohnheiten der Teilnehmer beinhaltet. Alle anderen Studien führen an, ob es sich um Nicht-Raucher und Nichtraucherinnen handelt, ob sie Snus Konsumenten und Konsumentinnen oder aber auch Raucher und Raucherinnen testeten. Erwähnenswert sind außerdem die Aussagen von Johnston et al. (2018), die sich Gedanken darüber machten, welche Verabreichungsform von Sporttreibenden wohl eher genutzt werden würde. Konkret gehen sie davon aus, dass eine Leistungssteigerung vor allem durch Minimierung der Nebenwirkung erreicht werden kann, Nikotin sozusagen nur so sein Potenzial entfalten kann. Diese Nebenwirkung fallen bei habituellen Konsumenten und Konsumentinnen natürlich zum Teil weg und es wäre hier eher angebracht auf die Linderung der Entzugerscheinungen Rücksicht zu nehmen, weil das Belohnungszentrum eine wesentliche Rolle spielt. Wenn man sportliche Leistungsfähigkeit in seiner Gesamtheit betrachtet erscheint es äußerst notwendig, ebenso mentale bzw. psychische Faktoren miteinzuschließen. Bei habituellem Gebrauch von Nikotin kann also die Ausschüttung von Dopamin eine Rolle spielen bei der Leistungssteigerung, bei der erstmaligen Anwendung könnte Nikotin jedoch eine ganz andere Wirkung entfalten, was aber immer in Verbindung mit den Testpersonen (Toleranz, Sensibilität, nikotinerge Acetylcholinrezeptoren) gesehen werden muss.

## 6 Ausblick

Anhand der Ergebnisse kann man ableiten, dass Handlungsbedarf seitens der Forscher und Forscherinnen besteht. Es ergaben sich für die Auswertung in diesem Systematic Review lediglich neun Studien, die die Einschlusskriterien erfüllten, wobei bereits eine Studie (Mündel et al., 2010) enthalten ist, die nur als Abstract vorliegt. Was die Einschlusskriterien betrifft, könnte man hier argumentieren, dass diese bereits großzügig erstellt waren, sodass möglichst viele Studien aufgenommen werden können. Betrachtet man die Ergebnisse, kann, wie bereits mehrfach erwähnt, keine klare Tendenz erkannt werden hinsichtlich der ergogenen Wirkung von Nikotin auf die sportliche Leistungsfähigkeit. Das heißt, dass hier noch intensivere Untersuchungen von Nöten sind.

In Anbetracht der in der Einleitung erwähnten steigenden Zahlen von Nikotinkonsumenten und -konsumentinnen aus dem Spitzensport erscheint es notwendig, Untersuchungen in diese Richtung zu intensivieren. Hierbei sollte besonders darauf geachtet werden, dass die Limitationen, die bei den untersuchten Studien aufgetreten sind, ausgeräumt werden. Ein Punkt, über den man sich in Zukunft Gedanken machen sollte, ist die Population. Man erkennt, dass die Stichproben zum Teil sehr gering sind und sich unter den getesteten Personen für viele Studien lediglich Männer mobilisieren ließen. Ein weiterer Punkt, auf den man sein Augenmerk richten sollte, könnte die individuelle Toleranz und Sensibilität bezüglich des Nikotins der Teilnehmenden sein, denn hier orten die Forscher und Forscherinnen Schwierigkeiten. Dahingehend sollte auch die Zeit bis zur Absorption in Kombination mit auftretenden Nebenwirkungen – und im besten Fall deren Minimierung – betrachtet werden. Das heißt, man könnte individuelle Profile der Probanden und Probandinnen anlegen, um so den optimalen Zeitpunkt der Verabreichung herauszufinden. Das bringt uns zu der Verabreichungsform des Nikotins, bei der man Unterschiede aller Art erkennen kann, auf die reagiert werden sollte. Es hat sich für mich persönlich herausgestellt, dass der interessanteste Faktor aber die Wirkung im Belohnungszentrum ist, vor allem im Zusammenhang mit Nikotinverabreichung, der folgenden Abstinenz und der erneuten Gabe von Nikotin, da die leistungssteigernde Wirkung womöglich hinter der Linderung von Entzugserscheinungen stecken könnte. In diesem Zusammenhang sollten alle zeitlichen Möglichkeiten der Verabreichung und der Abstinenzzeit in Betracht gezogen werden.

Der hier erstellte Systematic Review lässt leider nur vermuten, dass Nikotin sich positiv auf Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit auswirken kann. Eine genauere Aussage ist leider nicht möglich, denn aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist keine eindeutige Tendenz zu erkennen. Somit könnten künftige Systematic Reviews, sollten bis dahin weitere Studien dieser Thematik publiziert werden, strengere Einschlusskriterien formulieren, um die Wahrscheinlichkeit konsistenter Ergebnisse zu erhöhen.

## 7 Literaturverzeichnis

Adam, K. (1978). *Leistungssport als Denkmodell*. München: Fink

Baldini, F.D., Skinner, J.S., Landers, D.M. und O'Connor, J.S. (1992). *Effects of varying doses of smokeless tobacco at rest and during brief, high-intensity exercise*. *Military Medicine*, 157(2), Seiten 51-55

Beck, J. und Bös, K. (1995). *Normwerte motorischer Leistungsfähigkeit*. Köln: Sport und Buch Strauß

Bekker, E.M., Böcker, K.B.E., Van Hunsel, F., van den Berg, M.C. und Kenemans, J.L. (2005). *Acute effects of nicotine on attention and response inhibition*. *Pharmacology Biochemistry and Behaviour*, 319(20), Seiten 1318-1330

Benowitz, N. L. (2010). *Nicotine Addiction*. In: *New England Journal of Medicine*, 362, S. 2295-2303

Bertram, B., Haid, C., Pötschke-Langer, M., Schaller, K. und Straif, K. (2006). *Rauchlose Tabakprodukte: Jede Form von Tabak ist gesundheitsschädlich*. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Drope, J., Cahn, Z., Drope, J., Hamill, S., Islami, F., Liber, A., Nargis, N., Schluger, N. und Stoklosa, M. (2018). *The Tobacco Atlas*. Atlanta: American Cancer Society and Vital Strategies.

Elbert, T. und Rockstroh, B. (1993). *Psychopharmakologie: Anwendung und Wirkungsweisen von Psychopharmaka und Drogen*. Göttingen: Hogrefe

Gabler, H. (1988). *Individuelle Voraussetzungen der sportlichen Leistung und Leistungsentwicklung*. Schorndorf: Hofmann

Gourlay, S.G. und Benowitz, N.L. (1997). Arteriovenous differences in plasma concentration of nicotine and catecholamines and related cardiovascular effects after smoking, nicotine

nasal spray, and intravenous nicotine. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 62(4), 453–463

Haustein, K.-O. (2001). *Tabakabhängigkeit: gesundheitliche Schäden durch das Rauchen*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag

Heck, H. (1990). *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Schorndorf: Hofmann

Heishman, S., Taylor, R. und Henningfield, J. (1994). Nicotine and Smoking: A Review of Effects on Human Performance. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 2(4), Seiten 345-395

Higgins, J. P. T., Green, S. (Hrsg). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0* [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from [www.handbook.cochrane.org](http://www.handbook.cochrane.org).

Hollmann, W. und Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (4. Völlig neu bearb. Auflage). Stuttgart: Schattauer

Hollmann, W. (1990). *Training, Grundlagen und Anpassungsprozesse*. Schorndorf: Hofmann

Johnston, R., Doma, K. und Crowe, M. (2017) Nicotine effects on exercise performance and physiological responses in nicotine-naïve individuals: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2017(38), S. 527-538. Doi: 10.1111/cpf.1244

Le Houezec, J. (2003). Role of nicotine pharmacokinetics in nicotine addiction and nicotine replacement therapy: a review. In: *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 7, S. 811-819

LTS – Transdermal. Marktleader. (2019). Transdermale therapeutische Systeme. Das Pflaster als therapeutisches System. Zugriff am 17. Jänner 2019 unter <https://ltslohmann.de/de/technologie/transdermale-therapeutische-systeme/>

- Maeda, S., Miyauchi, T., Sakane, M., Saito, M., Maki, S. und Goto, K. (1997). Does endothelin-1 participate in the exercise-induced changes of blood flow distribution of muscles in humans? *Journal of Applied Physiology*, 1997(82), 1107-1111. Doi:10.1152/jappl.1997.82.4.1107
- Maeda, S., Miyauchi, T., Goto, K. und Matsuda, M. (1997b). Differences in the change of time course of plasma endothelin-1 and endothelin-3 levels after exercise in humans. The response to exercise of endothelin-3 is more rapid than that of endothelin-1. *Life Science*, 1997(61), Seiten 419-425. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(97\)00399-8](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(97)00399-8)
- Maeda, S., Miyauchi, T., Goto, K. und Matsuda, M. (1994). Alteration of plasma endothelin-1 by exercise at intensities lower and higher than ventilatory threshold. *Journal of Applied Physiology*, 1994(77), Seiten 1399-1402. Doi:10.1152/jappl.1994.77.3.1399
- Marclay, F., Grata, E., Perrenoud, L. und Saugy, M. (2011). A one-year monitoring of nicotine use in sport: Frontier between potential performance enhancement and addiction issues. *Forensic Science International, Volume 213, Issue 1*, S. 73-84.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D.G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097
- Moosburger, K.A. (2009). *Die muskuläre Energiebereitstellung im Sport*. Letzter Zugriff am 24. Jänner 2019 unter <http://www.dr-moosburger.at/wp-content/uploads/pub023.pdf>
- Mündel, T. und Jones, D. (2006). *Effect of transdermal nicotine administration on exercise endurance in men*. *Experimental Physiology*, 91(4), Seiten 7528-7538
- Mündel, T. (2017b), Nicotine: Sporting Friend or Foe? A Review of Athlete Use, Performance Consequences and Other Considerations. *Sports Med*, 47(12), S. 2497-2506
- Mündl, K. (2001). *Tabak: ein Kraut verändert die Welt*. Graz, Wien, Köln: Styria
- Nationale Anti-Doping Agentur Austria GmbH (NADA Austria). (2018, Mai). Nikotin. Zugriff am 8. Jänner 2019 unter <https://www.nada.at/de/kontrolle/ungewollt-gedopt/marketshow-nikotin>

Nicht-rauchen-kann. (2018). Rauchstop - Nikotinersatz. Zugriff am 17. Jänner 2019 unter <https://www.nicht-rauchen-kann.at/rauchstopp-nikotinersatz.html>

NÖGKK (2018). Nikotinpräparate. Zugriff am 17. Jänner 2019 unter <https://rauchfrei.at/aufhoeren/medikamentoese-unterstuetzung/nikotinpraeparate/>

Pötschke-Langer, M., Mons, U., Schaller, K., Stein, S., Kahnert, S., Nair, U., Schunk, S. und Mersmann, H. (2009). *Tabakatlas. Deutschland 2009* (1.Auflage) Heidelberg: Steinkopf

Pötschke-Langer, M., Schenk, M. und Schaller, K. (2008). *Fakten zum Rauchen. Tabakrauch – ein Giftgemisch*. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Röthig, P. (Hrsg). (2003). *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7. völlig neu bearbeitete Auflage). Schorndorf: Karl Hofmann

Schaller, K., Nair, U. und Kahnert, S. (2010). *Snus, ein gesundheitsschädliches Tabakprodukt*. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Schaller, K., Ruppert, L., Kahnert, S., Bethkre, C., Nair, U., und Pötschke-Langer, M. (2013). *Elektrische Zigaretten – ein Überblick*. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg:

Schaller, K., Batra, A., Lindinger, P. und Nair, U. (2008). *Nikotin – Pharmakologische Wirkung und Entstehung der Abhängigkeit*. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Schnabel, G., Harre, D., Krug, J., Borde, A. (Hrsg). (2003). *Trainingswissenschaft: Leistung – Training – Wettkampf* (3. Stark überarbeitete und erweiterte Auflage). München: Sportverlag Berlin

Science.orf.at (2012, 17. Februar). Nikotin als Dopingmittel? Zugriff am 15. Jänner 2019 unter <https://sciencev2.orf.at/stories/1694744/index.html>

Shishani, K., Howell, D., McPherson, S. und Roll, J. (2014). Young adult waterpipe smokers: Smoking behaviours and associated subjective and physiological effects. *Addict Behav*, 39(6), S. 1113-1119

Schmidt, U. (2003): Arzneimittel zum Aufkleben. Wissenschaft im Alltag: Transdermale Pflaster.  
*In: Spektrum der Wissenschaft, 10, S. 42-* Zugriff am 16. Jänner 2019 unter  
<https://www.spektrum.de/magazin/wissenschaft-im-alltag-transdermale-pflaster/830178>

Tucha, O., Lange, K.W. (2004). *Effects of nicotine chewing gum on a real-life motor task: a kinematic analysis of handwriting movements in smokers and non-smokers. Psychopharmacology, 173, S. 83-91*

Weineck, J. (2010). *Sportbiologie* (10.überarbeitete und erweiterte Auflage). Balingen: Spitta-Verlag

Weineck, J. (2000). *Sportbiologie* (7.überarbeitete und erweiterte Auflage). Balingen: Spitta-Verlag

Wittberger, S. (2001). *Wirkungen von transdermal appliziertem Nikotin auf die Aufmerksamkeit und Stimmung*. Diplomarbeit: Universität Wien

Zeiler, M.: Vom Sport die Nase voll. Nasenwaschanlage und Fragen der Reinlichkeit: Auf einem Schweizer Schnupftabak-Wettbewerb geht es ziemlich exotisch zu, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018), Zugriff am 16. Jänner 2019 unter:  
<https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/jugend-schreibt/schnupf-wettkampf-15410076.html>

## 8 Eingeschlossene Studien

- Cooke, A. B., Toli, E., Haydee Gomez, Y., Mutter, A. F., Eisenberg, M. J., Mantzoros, C. S. und Daskalopoulou, S. S. (2015). From rest to stressed: endothelin-1 levels in young healthy smokers and non-smokers. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 2015(9), Seiten 1103-1111. doi:10.1016/j.metabol.2015.06.009
- Fogt, D. L., Levi, M. A., Rickards, C. A., Stelly, S. P. und Cooke, W. H. (2016). Effects of Acute Vaporized Nicotine in Non-Tobacco Users at Rest and during Exercise. *International Journal of Exercise Science*, 2016(5), Seiten 607-615.
- Johnston, R., Crowe, M. und Doma, K. (2018). Effect of nicotine on repeated bouts of anaerobic exercise in nicotine naïve individuals. *European Journal of Applied Physiology*, 2018(4), Seiten 681-689. doi:10.1007/s00421-018-3819-x
- Morente-Sánchez, J., Zandonai, T., Mateo-March, M., Sanabria, D., Sánchez-Munóz, C, Chiamulera, C., und Zabala Díaz, M. (2014). Acute effect of Snus on physical performance and perceived cognitive load on amateur footballers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2014(4), Seiten 423-431. doi:10.1111/sms.12321
- Mündel, T., Houltham, S., Barnes, M. und Stannard, S. (2010). Addicted to Winning: Can Nicotine Administration improve 1-h Cycling Time-trial Performance?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2010(5), 446-446. doi:10.1249/01.MSS.0000385005.66685.3b
- Mündel, T., Machal, M., Cochran, D. J. und Barnes, M. J. (2017). A Randomised, Placebo-Controlled, Crossover Study Investigating the Effects of Nicotine Gum on Strength, Power and Anaerobic Performance in Nicotine-naïve, Active Males. *Sports Medicine, Open*, 2017(1). doi:10.1186/s40798-016-0074-8
- Pysny, L., Petru, D., Pysna, J. und Cihlar, D. (2015). The acute effect of nicotine intake on anaerobic exercise performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 2015(15), Seiten 103-107. doi:10.7752/jpes.2015.01017
- Zandonai, T., Tam, E., Bruseghini, P., Pizzolato, F., Franceschi, L., Baraldo, M., Capello, C., Cesari, P. und Chiamulera, C. (2016). The effects of oral smokeless tobacco administration on endurance performance. *Journal of Health and Science*, 2016(4), Seiten 465-472. doi:10.1016/j.jshs.2016.12.006

Zandonai, T, Tam, E., Bruseghini, P., Capelli, C. Baraldo, M. und Chiamulera, C. (2018). Exercise performance increase in smokeless tobacco-user athletes after overnight nicotine abstinence. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2018. doi:10.1111/sms.13333

## 9 Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Pharmakologische Wirkung von Nikotin und Wirkung von Nikotin im Gehirn .....                                                      | 7  |
| Abbildung 2: Änderungen des Nikotin-Plasmaspiegels unter Zigaretten, Schnupftabak, Kautabak und Nikotinkaugummi bei einmaliger Anwendung ..... | 9  |
| Abbildung 3: Abbau von Nikotin, schematisch dargestellt .....                                                                                  | 10 |
| Abbildung 4: Nikotin-Plasmaspiegel nach Konsum verschiedener Nikotinprodukte .....                                                             | 13 |
| Abbildung 5: Mittlere arterielle und venöse Nikotinkonzentration im Plasma .....                                                               | 16 |
| Abbildung 6: Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit .....                                                                                 | 18 |
| Abbildung 7: Anaerobe und aerobe Energiebereitstellung .....                                                                                   | 20 |
| Abbildung 8: Schema der muskulären Energiebereitstellung .....                                                                                 | 21 |
| Abbildung 9: Manifestationsformen der Kraft.....                                                                                               | 22 |
| Abbildung 10: PRISMA-Flow-Diagramm.....                                                                                                        | 28 |
| Abbildung 11: Studien nach Publikationsdatum.....                                                                                              | 32 |
| Abbildung 12: Studien nach Datenbanken.....                                                                                                    | 32 |
| Abbildung 13: Anzahl der ProbandInnen einzelner Studien .....                                                                                  | 48 |
| Abbildung 14: Screenshot vom Abstract von Mündel et al., 2010 .....                                                                            | 57 |

## 10 Tabellenverzeichnis

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Arten der Ausdauer .....                      | 19 |
| Tabelle 2: Arten der Kraft .....                         | 22 |
| Tabelle 3: Ergebnisse der eingeschlossenen Studien ..... | 34 |
| Tabelle 4: Verabreichungsform und Placebokontrolle ..... | 51 |
| Tabelle 5: Auswirkungen und dazugehörige Parameter ..... | 55 |

## 11 Anhang

### 11.1 Ausgeschlossene Studien

Björkman, F., Edin, F., Mattsson, C. M., Larsen, F. und Ekblom, B. (2017). Regular moist snuff dipping does not affect endurance exercise performance. *PLoS ONE* 12(7). :e0181228. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181228>

Chagué, F., Guenancia, C., Gudjoncik, A., Moreau, D., Cottin, Y. und Zeller, M. (2015). Smokeless tobacco, sport and the heart. *Archives of Cardiovascular Diseases*, 2015(1), Seiten 75-83. doi:10.1016/j.acvd.2014.10.003

Colagiuri, B. und Boakes, R. A. (2009). Perceived treatment, feedback, and placebo effects in double-blind RCTs: an experimental analysis. *Psychopharmacology*, 2010(3), Seiten 433-441. doi:10.1007/s00213-009-1743-9

Druyan, A., Atlas, D., Ketko, I., Cohen-Sivan, Y. und Heled, Y. (2016). The effect of smoking and nicotine ingestion on exercise heat tolerance. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 2016(2), Seiten 167-170. doi:10.1515/jbcpp-2016-0065

Grundey J., Amu, R., Batsikadze, G., Paulus, W. und Nitsche, M. A. (2017). Diverging effects of nicotine on motor learning performance: Improvement in deprived smokers and attenuation in non-smokers. *Addictive Behaviors*, 2017(74), Seiten 90-97. doi:10.1016/j.addbeh.2017.05.017

Jansari, A. S., Froggatt, D., Edington, T. und Dawkins, L. (2013). Investigating the impact of nicotine on executive functions using a novel virtual reality assessment. *Addiction* 2013(5), Seiten 977-984. doi:10.1111/add.12082

Jubelt, L. E., Barr, R. S., Goff, D. C., Logvinenko, T., Weiss, A. P. und Evins, A. E. (2008). Effects of transdermal nicotine on episodic memory in non-smokers with and without schizophrenia. *Psychopharmacology*, 2008(1), Seiten 89-98. doi:10.1007/s00213-008-1133-8

Lenz, T. L. und Gillespie, N. (2011). Transdermal patch drug delivery interactions with exercise. *Sports Medicine*, 2011(3), Seiten 177-183. doi:10.2165/11586080-000000000-00000

Skaug, E.-A., Nes, B., Aspenes, S. T. und Ellingsen, O. (2016). Non-Smoking Tobacco Effects on Endothelial Function in Healthy Men in One of the Largest Health Studies Ever Performed; The Nord-Trøndelag Health Study in Norway; HUNT3. *PLoS ONE* 11(8): e0160205. doi:10.1371/journal.pone.0160205

## **11.2 Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Linz, am \_\_\_\_\_

---

Unterschrift