

## Rauschmittelgenuß und Leistungsfähigkeit\* (Untersuchungen zur Energiebildung unter Haschisch)

J. G. Gostomzyk, P. Parade und H. Gewecke

Institut für Rechtsmedizin und Zweite Medizinische Klinik der Universität Mainz (BRD)

Eingegangen am 27. Juni 1973

### Drug Use and Performance

*Summary.* In different psychophysical tests on reactions related to traffic hashish did not cause a significant delay of the responses but an increase of errors. The experience of intoxication and its intensity strikingly depends on the internal agreement and the surroundings. The effects of hashish can voluntarily be compensated to a great extent when functional performances are demanded.

In 13 hashish addicts factors of respiration and circulation were measured during rest and physical exercise without and after the administration of the drug. At rest the pulse rate increased by an average of 14%, whereas the blood pressure remained unchanged under the influence of hashish. Oxygen consumption during rest and physical exercise was not influenced by the drug.

Changes of respiration under the influence of hashish seem to play a major role in the developing experience of intoxication. At rest the respiration rate rose by 20% accompanied by a 25% decrease of the respiratory volume under the influence of the drug. This results in an increase of the dead space ventilation to 121% when the respiratory minute volume remained unchanged. This will be followed by a retention of CO<sub>2</sub> and an increased uptake of the alveolar oxygen. The regulation of the hashish intoxication could probably be explained by the correction of the respiratory acidosis under voluntary hyperventilation.

*Zusammenfassung.* Untersuchungen über den Einfluß von Haschisch auf einzelne verkehrsrelevante Leistungskomponenten ergaben in verschiedenen psychophysischen Tests keine sichere zeitliche Verschlechterung der Leistungen unter Haschisch, jedoch eine Zunahme der Fehlerzahl. Auffallend ist die starke Abhängigkeit des Rauscherlebnisses und seiner Intensität von der inneren Einstimmung (set) und der Umgebung (setting). Es besteht unter Haschiseinfluß eine große willentliche Kompensationsfähigkeit der Probanden bei Leistungsanforderungen.

Bei 13 erfahrenen Haschischkonsumenten wurden Atmung (Frequenz, Volumen, O<sub>2</sub>-Verbrauch) und Kreislauf (Puls, EKG, Blutdruck) unter Ruhebedingungen sowie unter Belastung (Spiroergometrie; 0,75 W/kg KG, 6 min) jeweils mit und ohne Haschisch gemessen. In Ruhe stieg der Puls unter Haschisch um durchschnittlich 14%, der Blutdruck blieb unverändert. Der O<sub>2</sub>-Verbrauch in Ruhe und unter Belastung war mit und ohne Haschisch gleich groß.

Für die Entwicklung des Haschisch-Rauscherlebnisses schienen Veränderungen der Atmung durch die Droge wesentlich. Die Ruhe-Atemfrequenz stieg unter Haschisch um 20% bei gleichzeitiger Abnahme des Atemvolumens (ml/Atemzug) um 25%. Daraus resultiert bei gleichbleibendem Atemminutenvolumen eine Steigerung der Totraumventilation auf 121%. Das bedeutet eine CO<sub>2</sub>-Retention unter stärkerer Ausnutzung des alveolären Sauerstoffangebotes. Die Steuerbarkeit des Haschischrausches wäre durch die Beseitigung der respiratorischen Acidose durch willkürliche Hyperventilation zu erklären.

\* Nach einem Vortrag für die Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD), Glasgow 1972.

*Key words:* Haschisch, Energiebildung — Leistungsfähigkeit, nach Rauschmittelgenuss — Fahrtüchtigkeit, Haschisch.

Auf dem 29. International Congress on Alcohol and Drug dependence (Sydney 1970) stellte Waller [13] folgende Fragen:

1. Welche Drogen außer Alkohol spielen im Verkehr noch eine Rolle ?
2. Bei welchem Typ von Personen werden Verkehrsunfälle unter Drogeneinfluß beobachtet ?
3. Gibt es eine Überlappung der Personengruppen, die unter Alkohol und unter Drogen im Verkehr auffällig werden ?

Waller kam zu folgenden Feststellungen: Amphetamine, Barbiturate und Cannabisprodukte (Marihuana, Haschisch) spielen verkehrsmedizinisch eine Rolle. Der Vergleich von 100 Personen ohne Drogenkonsum mit 100 Usern von Schlafmitteln (Narcotics), 123 Usern von „dangerous drugs“ und 79 Usern von Marihuana ergab eine 1,3—1,6mal höhere Unfallrate bei den Drogenkonsumenten [12]. Offenbar spielen dabei besonders Stimulantien (Amphetamine) durch Anhebung von Aktivität und Aggression eine besondere Rolle [3]. Waller stellt folgende Tätertypen heraus:

1. Soziopathische Persönlichkeiten mit antisozialem Verhalten.
2. Alkoholiker mit Drogenkonsum, die offenbar ein erhöhtes Verkehrsrisiko darstellen.
3. Sozial integrierte User (Teenager, College-students), die nur Marihuana rauchen; sie hatten keine höhere Unfallrate als die Vergleichsgruppe. Ebenso verhält es sich nach Ansicht von Waller mit Erwachsenen, die ärztlich verordnet oder nicht verordnet Drogen einnehmen, um damit den täglichen Stress zu bewältigen.

Mit dieser Aussage über sozial integrierte Marihuakanakonsumenten könnte das Interesse der Verkehrsmediziner an dieser Droge bereits erloschen. Das Ergebnis erscheint jedoch unbefriedigend, wenn man sich die Pharmakologie der Cannabisdroge vor Augen führt. Auf diskutierte Auswirkungen des chronischen Haschischkonsums, wie Verlust intellektueller Funktionen und sozialer Positionen, soll hier nicht eingegangen werden. Folgendes Wirkungsspektrum wird bei der akuten Cannabisintoxikation und auch nach Gabe von synthetischem Delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC) beobachtet [2]:

#### *1. Physiologische Effekte*

Tachykardie, Rötung der Konjunktiven, Mundtrockenheit, Abschwächung der Muskelkraft (Fingerergometer), Blutdruckänderungen (Befunde widersprüchlich) — bei hohen Dosen mit orthostatischer Hypotension. Die genannten Effekte variieren stark von Person zu Person.

#### *2. Psychische (zentralnervöse) Effekte*

Kennzeichnend ist die Desintegration physiologischer Erregungsabläufe im Gehirn. Kleinere Dosen (5—7 mg Delta-9-THC) haben mehr eine sedierende, höhere Dosen (15 mg Delta-9-ZHC) eine erregende Wirkung. Neben der häufig auftretenden Euphorie ist das Zeitempfinden verändert, das Hören ist unscharf, optische Eindrücke werden schärfer, jedoch mit Verzerrungen wahrgenommen.

Dazu kommen Konzentrationsschwäche, traumartige Zustände, Schläfrigkeit, Veränderungen der Assoziation bei der Speicherung neuer Gedächtnisinhalte [1].

Der Aussagewert von Ergebnissen der experimentell-pharmakologischen Haschischforschung am Menschen wird dadurch eingeschränkt, daß beim Rauchen der Droge eine exakte Dosierung unmöglich ist und das Rauscherlebnis bisher nur deskriptiv zu erfassen ist. Versuche mit synthetischem THC haben gezeigt, daß nur ca. 21—23% der eingesetzten Menge im Rauch zu finden sind [11].

Andere Applikationsformen führen zu einer Modifikation in Wirkung. Kielholz *u. Mitarb.* [9] berichteten über Versuche, in denen in Öl gelöstes THC oral verabreicht wurde. Die Haschischwirkung begann erst 30 min nach der THC-Gabe und war nach 5—6 Std noch deutlich meßbar. Subjektive Wirkungen waren sogar noch nach 8—10 Std deutlich und in diskreter Form bis zu 24 Std nach der Aufnahme vorhanden.

Von verschiedenen Untersuchern wurde versucht, verkehrsrelevante Ausfallserscheinungen der Leistungsfähigkeit unter Haschisch zu erfassen. Eine Leistungsminderung bei der Prüfung der Reaktionszeiten auf optische und akustische und auf Kombinationsreize (Wahlreaktion) sowie die Prüfung der Aufmerksamkeitsbelastung (d 2-Test) und der motorischen Koordination (Tapping) ergab keine zeitliche Verschlechterung der Leistungsfähigkeit. Jedoch sinkt die Qualität der Leistung durch Zunahme der Fehlerzahl, allerdings nicht bei allen Versuchspersonen gleichartig [6]. Diese Ergebnisse werden im Prinzip von anderen Untersuchern bestätigt [7, 5]. Untersuchungen an Fahrsimulatoren (Driving-Simulator) ergaben eine Zunahme der Geschwindigkeitsfehler (Speedometererrors) [4].

Luff *u. Mitarb.* [10] beobachteten bei Fahrversuchen auf einem Verkehrsübungsplatz einen Anstieg des Energieumsatzes (Produkt aus „O<sub>2</sub>-Verbrauch mal Atemminutenvolumen“) der Probanden ( $n = 13$ ) unter Haschisch um 65,5%. Die Erholungszeiten für Atmung und Pulsfrequenz waren bis zu 120% verlängert. Danach stellt zumindest das Fahren unter Testbedingungen nach Haschischkonsum infolge erhöhter psychischer Belastung einen erheblichen Eingriff in die Energiereserven dar.

### Experimentelle Befunde

An 13 drogenerfahrenen Probanden wurde der Energieverbrauch unter Fahrradergometerbelastung im Liegen mit und ohne Haschisch untersucht. Dabei wurden die in Abb. 1 und 2 angegebenen Parameter von Kreislauf und Atmung bestimmt. Nach Ermittlung der Ausgangswerte in Ruhe und unter Belastung mit 0,7 W/kg Körpergewicht rauchten die Probanden Haschisch (0,5—0,75 g/Person, „roter Libanese“). Das gleiche Testprogramm wurde „unter Haschisch“, ca. ½ bis 1 Std nach dem Rauchen der Droge wiederholt.

Unter dem Einfluß von Haschisch waren die Pulsfrequenz erhöht und der systolische Blutdruck während der Belastung leicht erniedrigt (Abb. 1). Das Atemminutenvolumen und die Sauerstoffaufnahme blieben unter Haschisch unverändert.

Die von Luff *u. Mitarb.* [10] in Fahrversuchen unter Haschisch beobachtete erhöhte Sauerstoffaufnahme und die eigenen Beobachtungen einer normalen Aufnahmerate bei Ergometerbelastungen lassen sich wie folgt interpretieren. Die Energieproduktion im Organismus wird durch Haschisch nicht verändert. Offenbar

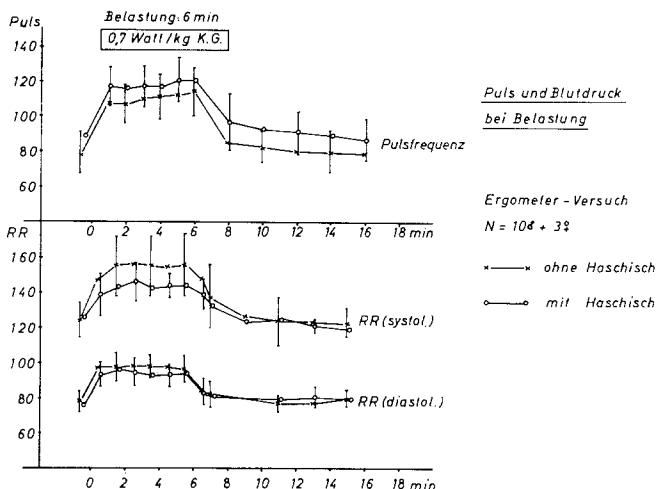


Abb. 1. Das Verhalten von Puls und Blutdruck während und nach einer Fahrradergometerbelastung (0,7 W/kg KG) mit und ohne Haschisch. Den dargestellten Mittelwertskurven liegen Werte von 13 Versuchspersonen (10 Männer, 3 Frauen) zugrunde

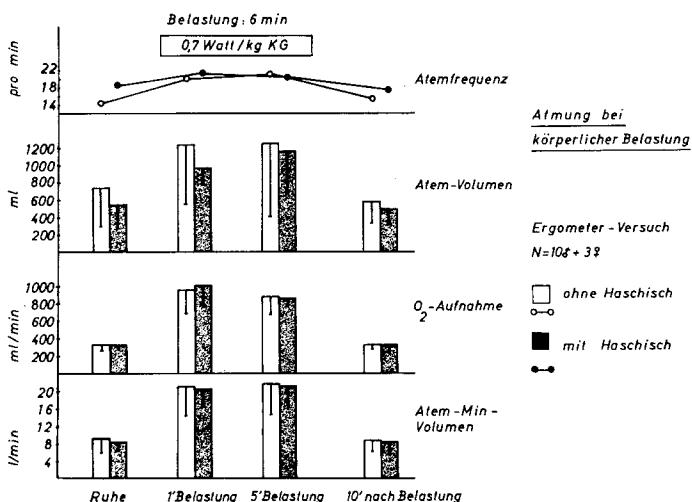


Abb. 2. Das Verhalten von Atemfrequenz, Inspirationsvolumen, Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen vor, während (gemessen während der 1. und 5. min in der 6minütigen Belastung) und 10 min nach der Belastung am Fahrradergometer (0,7 W/kg KG) ohne Drogen und  $\frac{1}{2}$ —1 Std nach dem Rauchen von Haschisch (13 Versuchspersonen, 10 Männer, 3 Frauen)

wird aber die Leistungsanforderung im Fahrversuch unter der Droge als Stress empfunden, der auf einem psychisch stimulierten hohen Energieniveau, d. h. mit vermehrtem Sauerstoffverbrauch, beantwortet wird. Der Nachteil einer solchen Aufgabenbewältigung dürfte dann offenbar werden, wenn zu der „normalen“ Leistungsanforderung tatsächlich Stresssituationen hinzutreten.

Ergänzend sei erwähnt, daß wir bei 2 von 13 Probanden jeweils unmittelbar vor Beginn der Ergometerversuche unter Haschisch einen Kollaps bei ortho-

Tabelle 1. Vergleich der Ruhewerte verschiedener Parameter von Kreislauf und Atmung bei 13 Versuchspersonen (10 Männer, 3 Frauen) jeweils vor der Belastung am Fahrradergometer mit und ohne Haschisch. Die Unterschiede wurden in *t*-Tests nach Student geprüft, die Irrtumswahrscheinlichkeit (*p*) und der Unterschied der Mittelwerte in Prozent werden angegeben

Befund (n = 13)	In Ruhe		Änderung (%)
	ohne Haschisch	mit Haschisch	
Puls (min)	79 ± 13	89 ± 15	114% <i>p</i> < 0,05
RR (syst.)	125 ± 10	126 ± 16	/
RR (diast.)	79 ± 6	76 ± 7	/
Atemminutenvolumen (1/min)	9,008 ± 2,958	8,952 ± 1,932	/
O <sub>2</sub> -Aufnahme (ml/min)	327 ± 60	335 ± 53	/
Atemfrequenz (min)	15 ± 6	18 ± 6	120% <i>p</i> < 0,001
Atemvolumen (ml)	723 ± 438	543 ± 270	75% <i>p</i> < 0,05
Totraumventilation (l/min)	2,181 ± 0,848	2,642 ± 0,751	121% <i>p</i> < 0,02

statischer Hypotension beobachteten. Bei einer Probandin kam es im Anschluß an die Belastung zu einem therapiebedürftigen tetanischen Anfall, nachdem der Leerversuch ohne Zwischenfall abgelaufen war.

Der akute Haschischrausch hält ca. 3 bis 5 Std an, wobei das Rauscherlebnis von „set“ und „setting“ stark abhängig ist. Jedoch ist der Eintritt des Rauscherlebnisses nicht unbedingt an die pharmakologische Drogenwirkung gebunden, wie Placeboversuche zeigen [8]. Zur Erklärung dieses Phänomens soll folgende Arbeitshypothese beitragen, die der Bestätigung durch weitere Experimente bedarf.

Die Untersuchung verschiedener Parameter der Atmung in Ruhe mit und ohne Haschisch ergab die in Tabelle 1 angegebenen Werte.

Bemerkenswert ist dabei eine erhebliche Verminderung des Atemvolumens bei erhöhter Atemfrequenz. Das bedeutet eine erhöhte Totraumventilation. Bei gleichbleibendem Atemminutenvolumen resultiert eine alveoläre Hypoventilation mit verstärkter Ausschöpfung des alveolären O<sub>2</sub>-Angebotes und verminderter CO<sub>2</sub>-Abgabe. Die CO<sub>2</sub>-Retention modifiziert die psychotrope Haschischwirkung oder wird selbst wirksam im Sinne einer beginnenden CO<sub>2</sub>-Narkose. Als Drogenwirkung wäre eine Dämpfung des Atemzentrums anzunehmen. Der Placeboeffekt könnte durch suggestive Veränderung der Atemtätigkeit eintreten. Willkürliche Hyperventilation bei Leistungsanforderungen lassen den Rausch abklingen, machen ihn also bis zu einem gewissen Grad steuerbar.

Bei der bekanntermaßen unter Haschischeinfluß vorhandenen Kompensationsfähigkeit erscheint es interessant, wie die Konsumenten selbst ihre Verkehrstauglichkeit unter der Droge einschätzen. Deshalb wurden von uns sozial integrierte Drogenkonsumenten (65 Männer und 35 Frauen, Durchschnittsalter 21 Jahre) im Rahmen einer Untersuchung zum subjektiven Rauscherlebnis gefragt, ob sie glauben, daß sie ohne erhöhte Gefährdung unter Haschisch Auto

fahren könnten. Für einen „leichten Rausch“ antworteten 22% mit „nein“, für einen „starken Rausch“ waren es 74%.

Offensichtlich beeinträchtigt Haschisch doch die Verkehrstauglichkeit. Die vom Drogenkonsum ausgehende Verkehrsgefährdung liegt nicht so sehr in der durch psychometrische Tests faßbaren Änderung der Leistungsfähigkeit um einige Prozent oder in der Arbeit auf einem erhöhten Energieniveau, sondern in erster Linie in einer veränderten Einstellung zur Umwelt mit Verlust an Realitätsbezug.

### Literatur

1. Abel, E. L.: Retrieval of information after use of marihuana. *Nature (Lond.)* **231**, 58 (1971)
2. Coper, H.: Zur Pharmakologie der Haschischinhaltsstoffe. In: *Drogen- und Rauschmittel-Mißbrauch*. Hamm: Hoheneck 1972
3. Crancer, A., Jr., Quidring, D. L.: Driving records of persons arrested for illegal drug use, report Oll. Division of Research, Washington, Department of Motor Vehicles, May 1968
4. Crancer, A., Jr., Dille, J. M., Delay, J. C., Wallace, J. E., Haykin, M. D.: Comparison of the effects of marihuana and alcohol on stimulated driving performance. *Science* **164**, 851 (1969)
5. Ditt, J., Döring, G., Bode, G.: Untersuchungen zur Psychopathologie der Haschischwirkung. Vortrag anlässlich der 49. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, Bern, 16. 9. 1970
6. Gostomzyk, J. G., Gewecke, H., Eisele, G.: Vergleichende Untersuchungen zur Verkehrstauglichkeit nach Haschisch-Konsum und nach einer Kurznarkose. *Med. Welt (N. F.)* **22**, 1785 (1971)
7. Helmer, R., Wunder, R., Zellmann, K., Haesen, D.: Experimentelle Untersuchungen zur Fahrtüchtigkeit nach Einnahme von Haschisch. Vortrag anlässlich der 50. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, Köln, 6. 10. 1971
8. Hollister, L. E.: Marihuana in man: Three years later. *Science* **172**, 21 (1971)
9. Kielholz, P., Goldberg, L., Hobi, V., Ladewig, D., Reggiani, G., Richter, R.: Haschisch und Fahrverhalten. Eine experimentelle Untersuchung. *Dtsch. med. Wschr.* **97**, 789 (1972)
10. Luff, K., Heiser, H., Moyat, T., Möller, B.: Über Fahrversuche unter dem Einfluß von Haschisch. Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin, Köln, 29. 4. 1972
11. Mikes, F., Waser, P. G.: Marihuana components: Effect of smoking on  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol and cannabidiol. *Science* **172**, 1158 (1971)
12. Smart, R. G., Schmidt, W., Bateman, K.: Psychoactive drugs and traffic accidents. *J. Safety Res.* **1**, 67 (1969)
13. Waller, J. A.: Drugs and highway crashes. *J. Amer. med. Ass.* **215**, 1477 (1971)

Prof. Dr. J. G. Gostomzyk  
 Institut für Rechtsmedizin  
 der Universität  
 D-6500 Mainz  
 Langenbeckstraße 1  
 Univ.-Klinik-Bau 18