

## Die Wirkung von Nikotin auf die Schwimmausdauer testgewöhnter Ratten

K. Bättig

### Zusammenfassung

Es wurde die Schwimmausdauer von Ratten in einer Wassertonne gemessen. Die Arbeitsintensität pro Zeiteinheit wurde durch unterschiedlichen Ballast variiert. Der Grad der Entkräftung wurde variiert, indem die Tiere erst nach unterschiedlich langem Untersinken unter den Wasserspiegel aus der Tonne befreit wurden. Nikotin hat in den Dosen von 0,1 und 0,2 mg/kg die Ausdauer verlängert. Dies geschah jedoch in unterschiedlichem Maße. Motivationstheoretische Überlegungen legen den Schluß nahe, daß Nikotin sich bei jener Bedingung am günstigsten auswirkte, bei welcher die Annahme eines Motivationschwundes am ehesten gerechtfertigt war.

### Summary

The swimming endurance of rats in a water tub was measured. The work intensity per time unit was varied by means of different ballast loads. The degree of exhaustion was varied by liberating the animals only after different time lapses had passed since they had sunk under the water level. Nicotine has increased the endurance with the doses of 0.1 and 0.2 mg/kg. However, this happened in different degrees. Theoretical considerations suggest that nicotine was most favorable in those conditions in which a decrease of motivation could be assumed.

Kürzlich wurde über die Wirkung von Nikotin und Amphetamin auf die Frequenz der subkortikalen Selbstreizung bei der Ratte berichtet (Wanner und Bättig, 1968). Beide Stoffe hatten eine sehr ähnliche Wirkung. Sie erhöhten diese Frequenz, wenn die als Belohnung dienende Intensität der Hirnreizung so niedrig gehalten wurde, daß unter Kontrollbedingungen eine niedrige Selbstreizungsfrequenz resultierte. Dagegen erhöhten sie die Selbstreizungsfrequenz nicht mehr, sobald die Belohnung so weit gesteigert wurde, bis eine weitere Steigerung im Kontrollversuch keine Leistungszunahme mehr erbrachte.

Amphetamin war bereits Gegenstand einer Reihe früherer Untersuchungen mit anderen Verhaltenstesten (Bättig 1963a, 1963b, Wanner und Bättig 1965). Sie führten zur Hypothese, daß sein stimulierender Effekt in der Reduktion leistungsmindernder Einflüsse wie Ermüdung, ungenügender Motivation und

situationsbedingter Hemmungen bestehe, jedoch nicht in einer Erhöhung der obersten Leistungslimite. Eine der Versuchsreihen, die zu diesem Schluß führten, bestand in der Messung der Schwimmausdauer in einer Wassertonne und der Schwimmgeschwindigkeit in einem Wasserkanal (Bättig, 1963). Amphetamin verbesserte zwar die Ausdauer in der Wassertonne, jedoch nicht die maximale Geschwindigkeit im Schwimmkanal.

Der geplante Versuch sollte abklären, ob Nikotin in bezug auf die Ausdauer in der Wassertonne einen ähnlichen leistungsverbessernden Effekt habe wie Amphetamin. Analog zum früheren Versuch mit Amphetamin sollte auch hier die Wirkung an testgewohnten Tieren untersucht werden.

Die zeitliche *Ausdauer* in einem solchen Schwimmtonnentest hängt einerseits davon ab, bis zu welchem Grad der «*Entkräftung*» eine Ratte in der Wassertonne belassen wird, bevor sie vom Experimentator aus dem Wasser befreit wird. Andererseits hängt sie davon ab, wie groß die geforderte Arbeit pro Zeiteinheit resp. die «*Arbeitsintensität*» ist. Beide Faktoren sollten systematisch variiert werden.

## Methode

30 männliche *Albino-Ratten* im Alter von drei bis sechs Monaten dienten als Versuchsobjekte. Sie wogen zu Beginn der dreimonatigen Versuchsperiode im Durchschnitt etwa 220 g, am Ende etwa 350 g.

Die *Versuchsanlage* bestand aus einer Wassertonne von 75 cm Durchmesser und 90 cm Tiefe. In diese wurde 32°C warmes Wasser bis zu einer Höhe von 75 cm eingefüllt. Die Versuche bestanden in der Zeitmessung der Schwimmausdauer der Ratten in der Tonne.

Das *Training* vor Versuchsbeginn umfaßte pro Ratte acht Sitzungen. Es diente einerseits der Angewöhnung der Tiere an die Versuchssituation und andererseits der Festlegung der Versuchsbedingungen. Dabei wurde ein zweifaches Ziel angestrebt: Von Bedingung zu Bedingung sollten deutliche Unterschiede der Schwimmzeiten auftreten, und bei allen Bedingungen sollten die Schwimmzeiten innerhalb einer möglichst schmalen Streubreite liegen.

Anhand dieser Vorversuche wurden für den pharmakologischen Versuch folgende Versuchsbedingungen zur Erzielung von je zwei Stufen der Entkräftung (= Untertauchzeiten) und der Arbeitsintensität (= Ballast) festgelegt: i) Bei der *Bedingung A* mußten die Tiere beim Schwimmen einen Ballast von 7% des Eigengewichtes (=  $G 7\%$ ) tragen, der am Schwanz befestigt war. Sie wurden mit einem Netz aus dem Wasser befreit, sobald sie während 2 sec die Wasseroberfläche nicht mehr zu erreichen vermochten (=  $T 2''$ ). ii) Bei der *Bedingung a* war die Last gleich (=  $G 7\%$ ) groß, aber die Tiere wurden erst nach 8 sec Untertauchen (=  $T 8''$ ) aus dem Wasser befreit. iii) Bei der *Bedingung B* betrug der Ballast 10% des Eigengewichtes (=  $G 10\%$ ) und die Zeit des Untertauchens 2 sec (=  $T 2''$ ). iv) Bei der *Bedingung b* war der Ballast ebenfalls 10% (=  $G 10\%$ ), die Zeit des Untertauchens dagegen 8 sec (=  $T 8''$ ).

Die Reihenfolge der Versuchsbedingungen war zufällig.

Die *pharmakologische Behandlung* bestand in der intraperitonealen Applikation von 0,9% NaCl; 0,05; 0,1; 0,2 und 0,4 mg pro kg Nikotin (Nicotinum basicum verdünnt mit Aqua dest.) jeweils 30 min vor Versuchsbeginn. Jedes Tier erhielt alle fünf Behandlungen je viermal in zufälliger Reihenfolge. Die vier Applikationen pro Dosierung dienten dazu, den Prüfstoffeffekt derselben Dosis unter vier verschiedenen Meßbedingungen zu erfassen.

Die *statistische Auswertung* der Schwimmzeiten erfolgte mit der Methode der Streuungszерlegung. Der Vergleich einzelner Durchschnittswerte (pro Dosis und Behandlung) geschah mit dem Test von Duncan (1955).

## Ergebnisse

*Allgemeine Beobachtungen:* Beim ersten Versuch zeigten die Ratten Zeichen von Erregung. Auffallend waren der für Streß-Situationen charakteristische Exophthalmus sowie gehäufte Defäkationen in der Wassertonne. Schon bei der zweiten und dritten Messung verschwanden diese Zeichen fast völlig und waren in der Folge kaum mehr zu beobachten. Ferner fehlten im Verlauf der ganzen Versuchsperiode jegliche Zeichen veränderter Emotionalität, wie zum Beispiel Zunahme der Aggressivität gegenüber dem Experimentator oder Abwehrreaktionen beim Fallenlassen der Tiere vom Rand der Schwimmtonne ins Wasser.

*Vortraining:* Die vier später in den pharmakologischen Versuchen eingehaltenen Versuchsbedingungen bewirkten deutliche Unterschiede der durchschnittlichen Schwimmzeiten. Ein stärkeres «Lockern» der Versuchsbedingungen mit kürzeren Untertauchzeiten als 2 sec bis zum Befreien der Ratte aus dem Wasser und mit leichterem Ballast ergab nicht bloß längere Schwimmzeiten, sondern auch eine drastische Zunahme der individuellen Variation der Schwimmzeiten. Ein «Verschärfen» der Versuchsbedingungen mit mehr als 10% Ballast und längeren Untertauchzeiten als 8 sec hatte ein ähnliches Resultat in der umgekehrten Richtung. Einzelne Tiere verschwanden dann nahezu sofort von der Wasseroberfläche und vermochten nicht mehr aufzutauchen, während andere sich trotzdem bis zu 3 min an der Wasseroberfläche zu halten vermochten.

Die «Schwimmtechnik» der Ratten änderte sich bereits im Verlauf der ersten Versuche. Am ersten Tag schwammen die Tiere offensichtlich unter großer Anstrengung. Sehr bald trat eine deutliche Änderung ein. Die Ratten führten ihre Schwimmbewegungen sukzessive «ökonomischer» aus, indem sie zum Beispiel wechselweise nur das eine oder andere Bein benützten oder sich mit einer Hinterpfote von der Wand der Tonne wegstießen. Zu Beginn tauchten sie ferner erst bei offensichtlichem Kräfteschwund, während sie sich später schon früher unter die Wasseroberfläche ziehen ließen, um dann zum Luftholen immer wieder aufzutauchen. Solche «individuelle Techniken» waren bei allen Tieren bereits am Ende des Vortrainings deutlich fixiert und änderten sich im Verlaufe des pharmakologischen Versuchs kaum mehr.

*Test-Gewöhnung:* Innerhalb jedes Blocks von vier aufeinanderfolgenden Messungen des pharmakologischen Versuchs kam bei jeder Ratte jede der vier Schwimmbedingungen in zufälliger Folge vor. Auf Grund dieses Vorgehens ließ sich aus einer entsprechenden Analyse der Daten ein Rückschluß auf den trainingsbedingten Verlauf der Schwimmzeiten, unabhängig von der Nikotininwirkung, gewinnen. Die Abbildung 1 stellt das Ergebnis dieser Analyse dar. Jeder Punkt der Kurven stellt den Durchschnittswert einer Einzelmessung für sämtliche 30 Ratten dar. Diese Werte wurden gemäß dem Felderplan der Untersuchung zwischen dem ersten und vierten resp. fünften und achten Test usw. gemessen.

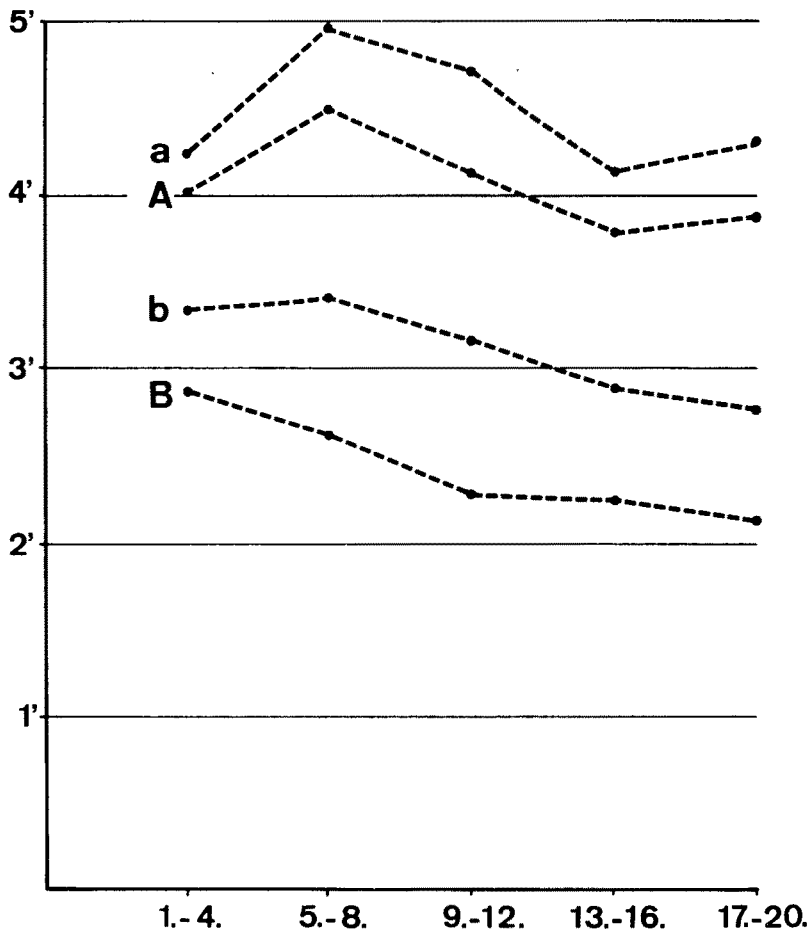


Abbildung 1 Der Gewöhnungseffekt auf die Schwimmausdauer (in min) im Verlaufe der 20 Versuchstage des pharmakologischen Versuches.

Untertauchzeit  $T$  bis zur Befreiung der Ratten aus der Wassertonne: 8 sec für Bedingung a, b; 2 sec für Bedingung A, B.

Ballast  $G$ : 10% des Eigengewichtes für Bedingung b, B; 7% des Eigengewichtes für Bedingung a, A.

Die *Abbildung 1* zeigt ein nicht ohne weiteres zu erwartendes Bild. Beim schwereren Ballast  $G$  10% gingen die Schwimmzeiten im Verlauf der Versuche regelmäßig und erheblich zurück. Beim leichteren Ballast  $G$  7% trat ein unregelmäßiger Verlauf der Schwimmzeiten, ohne sichtliche Tendenz zur Leistungsverbesserung, zutage.

Der Einfluß der Untertauchzeit bis zur Befreiung der Ratten aus dem Wasser auf die Schwimmzeiten ist ebenfalls bemerkenswert. In beiden Fällen, bei  $G$  7% und  $G$  10%, verliefen die Leistungskurven für  $T$  2" und  $T$  8" nahezu parallel. Jedoch war der Leistungsunterschied zwischen  $T$  2" und  $T$  8" bei  $G$  10%

erheblich ausgeprägter als bei G 7%. Er war in beiden Fällen wesentlich größer, als dem Unterschied zwischen 2 und 8 sec entsprechen würde.

Im gesamten hatte der Schritt von G 7% auf G 10% einen Rückgang der Schwimmzeit um rund 35% zur Folge. jener von T 8" auf T 2" dagegen nur einen solchen von rund 12%.

*Pharmakologische Ergebnisse:* Die *Tabelle 1* gibt das Resultat der durchgeführten Streuungszerlegung wieder.

Streuungsquelle	SQ	Fg	DQ	F
Total	3 155 439,57	599	—	—
Untertauchzeit (T)	176 439,91	1	176 404,91	84,31**
Ballast (G)	1 249 075,63	1	1 249 075,63	208,48**
Dosen (D)	370 973,08	4	92 743,27	44,63**
Tiere (S)	632 794,49	29	21 820,50	46,15**
Z × G	6 415,74	1	6 415,74	9,47**
Z × D	4 099,38	4	1 024,84	1,51
Z × S	60 677,59	29	2 092,33	4,43**
G × D	38 444,56	4	9 611,14	11,15**
G × S	173 747,27	29	5 991,29	12,67**
D × S	241 028,72	116	2 077,83	4,39**
Z × G × D	3 200,18	4	800,04	1,69
Z × G × S	19 654,36	29	677,74	1,43
Z × D × S	78 903,62	116	680,20	1,44*
G × D × S	100 020,04	116	862,24	1,82*
Rest (Z × G × D × S)	54 845,22	116	472,80	—

Tabelle 1 Streuungszerlegung des pharmakologischen Versuches nach Nikotindosen und Schwimmbedingungen (\*\* p < 0,01; \* p < 0,05).

Aus der Tabelle geht hervor, daß jede der drei Versuchsvariablen, nämlich die Nikotindosen (D), die Untertauchzeit bis zur Befreiung aus dem Wasser (T) und die Schwere des den Ratten an den Schwanz gehängten Ballastes (G), zu signifikanten Streuungen führte. Darüber hinaus ergaben sich eine Reihe bedeutsamer Signifikanzen bei den verschiedenen Wechselwirkungen.

Die *Abbildung 2* faßt die wichtigsten Durchschnittswerte zusammen. Ebenfalls sind für jede der vier Kurven die Signifikanzverhältnisse der einzelnen Nikotindosen zu den Kontrollmessungen eingetragen. Für die vier Meßbedingungen ergaben sich vier deutlich voneinander abgesetzte Kurven. Innerhalb jeder der Dosen war demzufolge die Differenz von einer Schwimmbedingung zur anderen signifikant.

Betrachtet man den Doseneffekt für jede Schwimmbedingung separat, so ergibt sich als Gemeinsamkeit eine signifikante Leistungszunahme für die beiden mittleren Dosen von 0,1 und 0,2 mg/kg. Die kleinste Dosis von 0,05 mg/kg ergab nirgends eine signifikante Leistungsungsveränderung. Die höchste Dosis von 0,4 mg/kg ergab gegenüber der zweithöchsten Dosis von 0,2 mg/kg durchwegs eine signifikante Verschlechterung. Diese Verschlechterung war bei den

Bedingungen a, A und b so beträchtlich, daß sogar der Kontrollwert der NaCl-Behandlung signifikant unterschritten wurde. Bei der Bedingung B (G 10%, T 2'') bestand dagegen gegenüber dem Kontrollwert nicht bloß keine Leistungsverschlechterung, sondern sogar eine geringfügige Verbesserung. Diese erreichte allerdings die Signifikanz nicht.

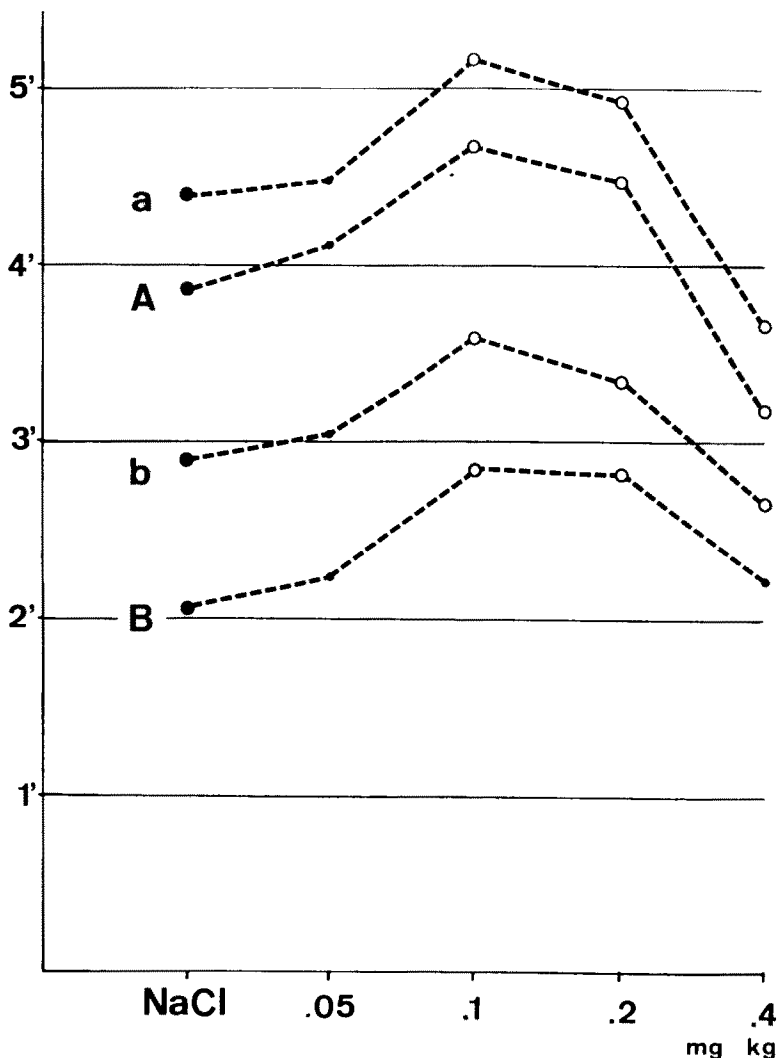


Abbildung 2 Die Wirkung von Nikotin auf die Schwimmausdauer (in min).

*Untertauchzeit* T bis zur Befreiung der Ratten aus der Wassertonne: 8 sec für Bedingung a und b; 2 sec für Bedingung A und B.

*Ballast* G: 10% des Eigengewichtes für Bedingung b und B; 7% des Eigengewichtes für Bedingung a und A.

*Signifikanz*: Innerhalb jeder Kurve stellen offene Kreise Werte dar, die sich vom NaCl-Wert mit  $p < 0,05$  unterscheiden.

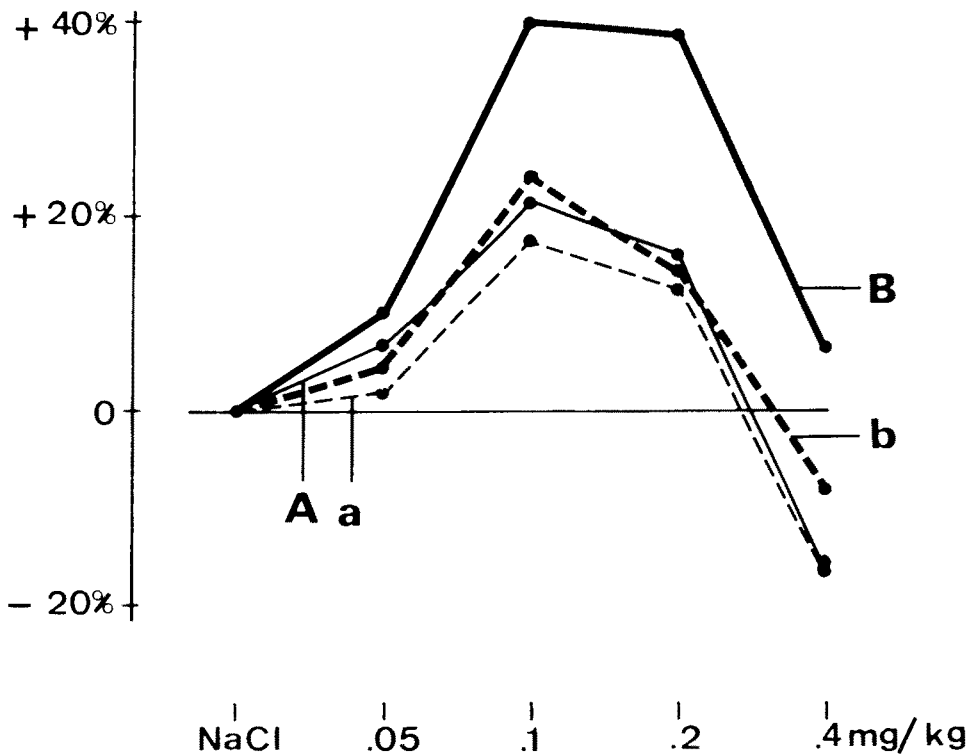


Abbildung 3 Nikotinbedingte Veränderungen der Schwimmdauer in % des Kontrollwertes. (Versuchsbedingungen a, A, b, B siehe Legende Abb. 1 und 2.)

Gesamthaft fällt somit an diesen Resultaten das unterschiedliche Ausmaß der Nikotinwirkung je nach Versuchsbedingung auf. Um diese Interaktion, Versuchsbedingung  $\times$  Nikotindosis, deutlicher sichtbar zu machen, wurden die durchschnittlichen Nikotinwerte in % der jeweiligen Kontrollwerte umgerechnet und in der *Abbildung 3* graphisch dargestellt.

Die größten Abweichungen vom Kontrollversuch ergab die Bedingung B (G 10%, T 2"). Hier ergaben sich weitaus die größten Leistungsverbesserungen. Sogar 0,4 mg/kg Nikotin ergab noch eine schwache, allerdings nicht signifikante Leistungsverbesserung. Diese Versuchsbedingung B stellt jene Bedingung dar, bei welcher die Ratten in den Kontrollversuchen am wenigsten lang im Wasser blieben, bis sie daraus befreit wurden.

Die übrigen Versuchsbedingungen a, A, b ergaben bedeutend geringere Veränderungen, wobei die Unterschiede zwischen diesen drei Bedingungen sehr klein waren. Charakteristisch waren die kleineren Leistungsverbesserungen bei den Optimaldosen 0,1 und 0,2 mg/kg sowie die signifikante Verschlechterung bei 0,4 mg/kg. Da die Dauer des Aufenthaltes im Wasser in der Reihenfolge der

Bedingungen B, b, A, a deutlich zunahm, besteht aber keine Beziehung des Nikotineffektes zur Dauer der Schwimmleistung.

## Diskussion

Die Untersuchung hatte die Prüfung des Einflusses von Nikotin auf die Schwimmausdauer bei verschiedenartiger Belastung zum Ziel. Eine verschiedene *Arbeitsintensität* sollte durch Variation des den Tieren an den Schwanz gehängten Ballastes erzeugt werden (G 10%, G 7% des Eigengewichtes). Der Grad der *Entkräftung* sollte durch unterschiedlich lange Untertauchzeit der Ratten bis zur Befreiung aus dem Wasser (T 8", T 2") variiert werden. Je nach Bedingung wirkte sich Nikotin verschieden aus. Bei G 10%, T 2" erzielten 0,1 und 0,2 mg/kg weitaus die stärksten Leistungsverbesserungen und 0,4 mg/kg eine schwache, aber nicht signifikante Leistungsverbesserung. Bei den übrigen drei Bedingungen stellten sich mit 0,1 und 0,2 mg/kg schwächere Leistungsverbesserungen, mit 0,4 mg/kg dagegen eine signifikante Verschlechterung ein.

Dies legt eine Erörterung der funktionellen Bedeutung dieser Variablen nahe, die sich komplexer auswirken, als auf Grund der einfachen Testsituation scheinen möchte. Nähere Hinweise darauf lassen sich aus der Auswertung der Schwimmzeiten nach der Folge der 20 Versuchstage und unter Ausklammerung des Nikotineffektes gewinnen. Erwartungsgemäß waren die Schwimmzeiten im Gesamtdurchschnitt bei G 10% kürzer als bei G 7% (durchschnittlich um 35%) und bei T 2" kürzer als bei T 8" (durchschnittlich um 12%).

Nach der Folge der Versuchstage betrachtet, könnte man vom 1. bis zum 20. Tag eine trainingsbedingte Leistungsverbesserung erwarten (siehe Abb. 1). Dies trat bei G 7% nur anfänglich ein. Dann folgte eine Verschlechterung, so daß die Endresultate sich von den Anfangsresultaten nicht mehr unterschieden. Bei G 10% ergab sich darüber hinaus sogar eine bereits ab Beginn einsetzende und von Tag zu Tag regelmäßig verlaufende Leistungsabnahme.

Auffallend ist ferner die Parallelität der Leistungskurven für T 8" und T 2", sowohl innerhalb der G 10%- wie innerhalb der G 7%-Bedingung. Dies läßt darauf schließen, daß mit Erreichen des T 2"-Kriteriums der zeitliche Eintritt des späteren T 8"-Kriteriums nahezu feststeht. Dies ist angesichts der Versuchssituation verständlich. Sobald eine Ratte erstmals unter die Wasseroberfläche sinkt, wiederholt sich dieses Ereignis immer öfter und dauert immer länger. Das jeweilige Wiederauftauchen bedeutet eine weit größere Arbeit als das Schwimmen auf der Wasseroberfläche. Die Periode des sukzessive häufigeren und längeren Untertauchens stellt daher die eigentliche «Entkräftungsphase» dar. In den Kurven der Abbildung 1 stellen die Differenzen zwischen dem Erreichen des T 2"-Kriteriums und des T 8"-Kriteriums ein Maß des zeitlichen Verlaufes der «Entkräftungsphase» dar. Die Progréssivität dieser Entkräftung dürfte primär von der physischen Energieverausgabung abhängen. Damit ließe sich

die Parallelität der beiden Kurvenpaare T 8" und T 2" erklären. Jedoch überrascht es, daß diese T 2"-T 8"-Entkräftungsphase bei G 10% langsamer verlief als bei G 7%. Angesichts der größeren Wiederauftaucharbeit bei G 10% als bei G 7% würde man eher das Umgekehrte erwarten.

Somit sind zwei Befunde auf Grund der Gesetzmäßigkeit der physischen Leistungsfähigkeit nicht erklärbar. Es sind dies einerseits der fehlende Trainingsgewinn (G 7%) resp. sukzessive Leistungsverlust (G 10%) und andererseits der bei G 10% langsamere Verlauf der Entkräftungsphase als bei G 7%. Diese Widersprüche finden eine allerdings nur hypothetisch zu bewertende Erklärung auf der Grundlage der klassischen Gesetze der Motivation.

Eine maximale Motivation aus nacktem Überlebenstrieb kann nur für den ersten Versuch angenommen werden. Nachher erfahren die Tiere regelmäßig, daß sie der Gefahr des Ertrinkens nicht ausgesetzt sind, weil sie jeweils rechtzeitig aus dem Wasser gehoben werden. Sie kommen sogar um so früher aus dem Wasser, je früher sie sich untersinken lassen. Schlechte Arbeit wird also belohnt, gute Arbeit bestraft. Dies läßt einen sukzessiven, auf einem Lernprozeß beruhenden Motivationsschwund erwarten. In dieser Hinsicht war schon die Gewöhnung der Tiere an den Streßgehalt des Experimentes auffällig.

Diese postulierte Tendenz, sich vorzeitig untersinken zu lassen, müßte nach motivationstheoretischer Erwartung um so größer sein, je schwerer und unangenehmer die Arbeit ist, der es zu entrinnen gilt. Diese ist eindeutig für G 10% größer als für G 7%. Aus dieser Sicht ergeben sich folgende Deutungen für das eingetretene Resultat: Bei G 7% trat entweder nur ein kleiner Motivationschwund ein, der gerade genügte, um einen eventuellen Trainingsgewinn zu neutralisieren, oder es fehlte beides. Bei G 10% müßte dagegen für den beträchtlichen sukzessiven Leistungsrückgang auf jeden Fall ein Motivationschwund angenommen werden.

Das Erlernen eines für G 10% und G 7% differenzierten Verhaltens ist möglich, weil die Tatsache des unterschiedlichen Ballastes für die Tiere bei jedem Versuchsbeginn ein direkt und sofort wahrnehmbares Signal darstellte.

Die Untertauchzeiten T 8" und T 2" konnten dagegen die Motivation nicht differenziert beeinflussen, da die Tiere zu Versuchsbeginn kein Signal erhielten, welche der beiden Tauchzeiten erforderlich sein werde, um aus dem Wasser zu entkommen. Wären sie signalisiert worden, hätte das Signal für T 2" die Motivation stark schwächen müssen, das Signal für T 8" jedoch weniger, denn ein «freiwilliges Sichuntersinkenlassen» ist sicher viel weniger zu erwarten, wenn es lange dauern muß, um aus dem Wasser befreit zu werden, als wenn es nur kurz dauern muß. Somit ist der von Tag zu Tag parallele Verlauf der beiden Kurvenpaare T 8" und T 2" für G 10% einerseits und G 7% andererseits auch aus dieser Sicht verständlich.

Die längere «Erschöpfungsphase» T 2"/T 8" bei G 10% als bei G 7% erklärt sich ebenfalls aus dieser Sicht. Wenn G 10% die Motivation mehr schwächt als

G 7%, muß das T 2"-Kriterium bei G 10% eher verfrüht, also vor dem eigentlichen Beginn der Erschöpfung eintreten als bei G 7%. Da ferner ein freiwillig verfrühtes Eingehen der langen T 8"-Untertauchzeit wenig wahrscheinlich ist, muß schließlich bei G 10% eine größere T 2"-T 8"-Zeitdifferenz erwartet werden als bei G 7%.

Diese experimentalpsychologische Argumentation ist verlockend, da sie einen Tatbestand zu erklären vermag, der sonst schwer in seinen Einzelheiten zu deuten wäre. Trotzdem drängen sich zur Verifikation dieser Ideenführung weitere systematische Experimente mit diesem «einfachen» Test auf.

Ebenso verlockend ist diese Argumentation im Hinblick auf die Deutung der Nikotineinwirkungen. In bezug auf den Grad des *Motivationsschwundes* und des bei Versuchsende erreichten Entkräftungsgrades kommt für die vier Schwimmbedingungen folgende Klassierung in Betracht:

Bedingung	G	T	Entkräftung bei Versuchsende	Motivationsschwund
a	7%	8"	stark	? gering
A	7%	2"	schwach	? gering
b	10%	8"	stark	vorhanden
B	10%	2"	schwach	vorhanden

Nikotin hat sich bei der letzten Bedingung B, wo gleichzeitig deutlicher Movitationsschwund *und* geringe Entkräftung angenommen werden dürfen, eindeutig am günstigsten ausgewirkt (Abb. 3). Dies würde den Gedanken nahelegen, daß Nikotin die geschwundene Motivation verbessert hätte. Zwischen den übrigen drei Bedingungen bestanden bloß geringe Unterschiede des Nikotineffektes. Somit stand die Stoffwirkung zum Grad der physischen Entkräftung kaum in Beziehung.

Eine ähnliche Deutung drängte sich bereits für die Schwimmversuche mit *Amphetamin* (Bättig, 1963a) auf. Dieser Stoff verlängerte zwar ebenfalls die Schwimmausdauer in der Wassertonne, beschleunigte jedoch die Geschwindigkeit in einem optimaler motivierten Streckenschwimmtest nicht. Ein motivationsstärkender Effekt von Amphetamin wurde damit wahrscheinlich. Daneben stellte sich auch die Frage, ob Amphetamin spezifisch langdauernde physische Leistungen verbessern könnte, indem es damit verbundene Ermüdungserscheinungen reduziere. Diese zweite Frage stellt sich beim hier mit Nikotin durchgeführten Experiment wenigstens aus dieser Sicht kaum mehr, da zwischen relativem Nikotineffekt und Dauer der Prüfleistung (Abb. 2, 3) keine systematische Beziehung erkennbar ist. Dagegen muß ein anderer Umstand in Betracht gezogen werden; Nikotin wirkte auch leistungsverbessernd bei den Bedingungen G 7% (T 8" und T 2"), wo kein oder bloß ein geringer Motivationsschwund postuliert werden kann, sowie bei G 10% T 8", wo zwar der Mo-

tivationsschwund zu Beginn des Schwimmens angenommen werden darf, die Tiere dann aber doch bis zur starken Entkräftung belastet werden. Bedeuten diese Verbesserungen ebenfalls bloß eine Behebung eines zwar schwächeren Motivationschwundes oder eine echte Erhöhung der objektiven Leistungs-limite? Um die Antwort mit einiger Sicherheit geben zu können, werden sich auch hier weitere Experimente aufdrängen.

In praktischer Hinsicht liegt die Bedeutung dieser Befunde in der Frage nach der psychopharmakologischen Wirkung des beim Rauchen aufgenommenen Nikotins. Wenn der Stoff in Leistungstesten eine motivationsverstärkende und damit psychopharmakologische Wirkung hat, werden die nächsten Fragen lauten, wie generell oder wie spezifisch solche Wirkungen sind und ob weitere psychische Wirkungen des Stoffes verifizierbar sind.

#### *Literatur*

- Bättig K.:* Die Wirkung von Training und Amphetamin auf Ausdauer und Geschwindigkeit der Schwimmleistung der Ratte. *Psychopharmacologia* 4, 15–27 (1963, a).
- Bättig K.:* Action de l'amphétamine sur l'endurance, la motivation, la fatigue, l'inhibition, la curiosité et l'appétit chez le rat. *Méd. et Hyg. (Genève)* 21, 673–675 (1963, b).
- Duncan D. B.:* Multiple Range and Multiple F-tests. *Biometrics* 11, 1–42 (1955).
- Wanner H. U. und Bättig K.:* Pharmakologische Wirkungen auf die Laufleistung der Ratte bei verschiedener Leistungsbelohnung und verschiedener Leistungsanforderung. *Psychopharmacologia* 7, 182–202 (1965).
- Wanner H. U. und Bättig K.:* Die Wirkung von Nikotin und Amphetamin auf die subkortikale Selbstreizung der Ratte. *Z. Präventivmed.* 13, 101–110 (1968).

#### *Verdankung*

Diese Arbeit wurde mit teilweiser finanzieller Unterstützung der Association Suisse des Fabricants de Cigarettes, Fribourg, durchgeführt.

Adresse des Autors: Prof. Dr. med. *K. Bättig*, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Clausstr. 25, 8006 Zürich