(Aus der ernährungs-physiologischen Abteilung des Instituts für Gärungsgewerbe
der Kgl. landwirtsch. Hochschule zu Berlin.)

Über die vom tierischen Organismus unter verschiedenen Bedingungen ausgeschiedenen Alkoholmengen.

Von

Wilhelm Völtz und August Baudrexel.

(Mit 3 Textfiguren.)

Vor kurzem haben wir an dieser Stelle¹⁾ über Versuche an Hunden berichtet, welche angestellt wurden, um die in Harn und Atmung zur Ausscheidung gelangten Alkoholmengen quantitativ zu bestimmen. Bezüglich der Apparatur und der Methodik haben wir bereits ausführliche Angaben gemacht und auch einige Versuchsergebnisse mitgeteilt. Hier sei nur kurz rekapituliert, dass wir einen grossen Vakuumtrockenapparat nach entsprechenden Abänderungen als Respirationsapparat benutzten, um den ausgeatmeten Alkohol zu bestimmen. Das Wesentliche ist aus der Fig. 1 auf S. 86 und der Beschreibung der einzelnen Teile ersichtlich.

Für die Bestimmung des Alkohols im Harn benutzten wir die Nicloux'sche²⁾ Methode; ebenso kam diese Methode entsprechend modifiziert bei der Analyse des durch die Atmung ausgeschiedenen Alkohols zur Anwendung. Zu dem Zweck wird in die Vorlage, welche die durch den Respirationsapparat gesaugte Luft passiert, eine Lösung von Kaliumbichromat und Schwefelsäure von bekanntem Alkoholoxydationsvermögen gebracht. Nach Beendigung des Ver-

1) W. Völtz (Referent), R. Förster und A. Baudrexel, Über die Verwertung des Bierextraktes und des Bieres im menschlichen und tierischen Organismus. Pflüger's Arch. Bd. 134 S. 133. 1910.

2) M. Nicloux, Dosage de l'alcool dans le chloroform. Bull. de la Soc. Chimique de Paris (3^e sér.) T. 35 p. 330. 1906.

suches wird durch Titration eines aliquoten Teiles der vorgelegten Lösung gegen eine wässrige 0,1 %ige alkoholische Lösung bestimmt, wieviel Alkohol die gesamte vorgelegte Bichromat-Schwefelsäurelösung noch zu oxydieren vermag. Aus der Differenz des so gefundenen Wertes und des Wertes für das ursprüngliche Alkoholoxydationsvermögen der vorgelegten Lösung ergibt sich die Zahl für den in

Fig. 1. [Modifizierter Vakuumtrockenapparat für Respirationsversuche. 2 und 2a Heizplatten. 3 Türe. 4 Glasrohr, durch das die atmosphärische Luft in den Apparat gelangt. 5 Glasrohr, durch das die Luft aus dem Apparat durch die Vorlagen 6 bzw. 7, 8 oder 9 gesaugt wird. 10 Aufsätze, die ein Mitreißen von Tropfen der Lösung mit der abströmenden Luft verhindern. 11 Verbindungsrohr zwischen Vorlage und Pumpe. 12 Harntrichter für männliche Hunde. 13 Gummischläuche, die durch das T-Rohr 14 zum Abflussrohr 15 für den Harn führen. 16 mit angesäuertem Wasser beschickte Flasche zur Aufnahme des Harnes. 17 und 18 seitliche Einsätze, die die Bewegungen des Hundes beschränken. Die Befestigung des Tieres, die aus der Abbildung nicht zu ersehen ist, erfolgt mittelst Halsbandes und zwei seitlicher Ketten an entsprechenden Ansätzen vorn an der oberen Heizplatte 2.

der Atmung abgegebenen Alkohol (Genauerer siehe in der unter 1 zitierten Arbeit S. 181—184).

In drei Fällen bestimmten wir die in den Harn übergehenden Alkoholmengen an Menschen. Die Herren Dr. med. H. Gerhartz, Dr. med. R. Förster und der eine von uns (Baudrexel) stellten

sich für diese Versuche, auf die später eingegangen werden wird, zur Verfügung.

Die gesamte vom Organismus ausgeschiedene Alkoholmenge (also in Harn und Atmung) wurde nur an Hunden festgestellt. Die Tiere erhielten den Alkohol zumeist nach der Fütterung, die morgens erfolgte, mittels Schlundsonde. Bei einer Versuchsreihe, bei der der Alkohol in konzentrierterer Form (ca. 50 %ig) zur Verwendung gelangte, wurde derselbe der ersten Futterportion zugemischt und von dem Tier stets sofort mit dem Futter aufgenommen; unmittelbar darauf erhielt der Hund den Rest des Futters in einer zweiten Portion vorgesetzt und wurde gleich nach dem Verzehr (nach längstens fünf Minuten) in den Respirationsapparat gebracht. Das Futter bestand aus gemischter Kost (Fleisch, Kartoffeln, Brot resp. Reiss und aus Fett). Die einzelnen Versuche dauerten 18—24 Stunden, da wir uns davon überzeugt hatten, dass nach dieser Zeit kein Alkohol mehr vom Organismus ausgeschieden wird. Die Tiere waren stets in dem Respirationsapparat so fixiert, dass ihre Bewegungsfähigkeit sehr beschränkt war, und dass wir somit diese Versuche als Ruheversuche zu betrachten haben. Allenfalls war es den Tieren möglich aufzustehen, jedoch kam das sehr selten oder nie vor. Wir haben die Hunde häufig durch ein Fenster des Apparates beobachtet und dieselben jedenfalls nur liegend gesehen. Nach der Beendigung der Versuche wurde der in der Blase noch vorhandene Harn zur Alkoholbestimmung gewonnen, und zwar bei einem grossen älteren Hunde durch Katheterisieren, bei den jungen Hunden durch Anwendung der Zuntz'schen Methode¹⁾ der Harnabgrenzung. Das erste Harndestillat wurde stets neutralisiert; hierauf erfolgte die zweite Destillation und die Alkoholbestimmung.

Wir studierten den Einfluss folgender drei Faktoren auf die Ausscheidung des Alkohols durch den tierischen Organismus: A der Quantität, B der Gewöhnung und C des Flüssigkeitsvolums.

A. Einfluss der aufgenommenen Alkoholmengen auf die Ausscheidung des Alkohols in Harn und Atmung.

Wir wählten vier männliche Hunde für unsere Versuche, und zwar erstens ein älteres Tier (Kreuzung von Teckel mit einer

1) Pollitzer, Über den Nährwert einiger Verdauungsprodukte des Eiweisses. Pflüger's Arch. Bd. 37 S. 303.

anderen Hunderasse) und zweitens drei junge Hunde desselben Wurfes (Kreuzungsprodukte von männlichem Teckel und Terrierhündin), die hier geboren und bei Beginn der Versuche 6—7 Monate alt waren.

I. Versuche an dem älteren Tier.

Der ältere, ca. 8 kg schwere Hund erhielt etwa 3 ccm Alkohol pro Körperkilogramm pro die, und zwar zunächst nicht täglich, sondern nur an bestimmten Versuchstagen, die je durch 1—4 Tage voneinander getrennt waren, an denen das Tier alkoholfreie Kost erhielt. Nach einiger Zeit, als wir den Einfluss der Gewöhnung auf die Alkoholausscheidung an demselben Hund studierten, erhielt er regelmässig täglich, also wenn er sich auch nicht im Versuch befand, $\frac{2}{3}$ der an den Versuchstagen verabreichten Alkoholmenge.

Bei den ersten vier Versuchen an diesem Tier gelang es nicht, den Harn quantitativ nach aussen abzuleiten, weil der Trichter zunächst nicht gut passte. Es sammelten sich nicht unerhebliche Mengen Harn in dem Apparat an, die natürlich ihren Alkohol, teils während der Luftdurchströmung durch den Apparat, teils nach der Erwärmung und der Evakuierung desselben nach Abschluss jedes Versuches an die Bichromatschwefelsäurevorlage abgaben. Es sind infolgedessen die Zahlen für die in Harn und Atmung zusammen ausgeschiedenen Alkoholmengen einwandfrei. Um aber auch für diese vier Versuche annähernd zu erfahren, wieviel Alkohol im Harn, wieviel durch die Atmung ausgeschieden wurde, haben wir das Tier in drei besonderen Versuchen ausserhalb des Respirationsapparates mit Harntrichter ausgerüstet und fixiert, hierauf die gleiche Alkoholmenge mittels Schlundsonde in den Magen gebracht und den während 24 Stunden gelassenen Urin quantitativ gesammelt und auf Alkohol untersucht. Bei den späteren Versuchen gelang die Abführung des Harns aus dem Apparat leicht vollständig durch die Benutzung eines besser passenden Harntrichters. Bevor die Tierversuche angestellt wurden, hatten wir uns durch besondere Versuche ¹⁾ davon überzeugt, dass es gelingt, in den Apparat gegossene, bekannte Alkoholmengen in den Vorlagen quantitativ zu bestimmen. Ferner stellten wir fest,

1) Eine Anzahl der gefundenen Werte sind in der früheren Publikation, l. c., mitgeteilt. Wir bemerken, dass die Abweichungen von den theoretischen Werten bei den ersten diesbezüglichen Versuchen gefunden wurden; bei den späteren war die Übereinstimmung eine nahezu vollständige.

dass der Titer der Bichromat-Schwefelsäurevorlage unverändert blieb, wenn wir 24 Stunden Luft durch den leeren Apparat saugten; die Zimmerluft enthielt also keine reduzierenden Stoffe. Hierauf war die Frage zu entscheiden, wieviel reduzierende Substanzen von Hunden bei alkoholfreiem Regime durch die Atmung abgegeben werden. (Harndestillate enthalten bei alkoholfreier Nahrung, wie wir uns überzeugten, keine solchen Substanzen.)

Bei Menschen hatten Atwater und Benedict¹⁾ bekanntlich bei alkoholfreiem Regime im Mittel eine 0,3 g Alkohol entsprechende Menge dieser Stoffe innerhalb 24 Stunden nachgewiesen.

Wir hatten an vier Hunden, und zwar:

	ccm Alkohol entsprechende Menge redu- zierender Stoffe	Bei einer Versuchsdauer von Stunden	Berechnet auf 24 Stunden
1. von 3,8 kg Gewicht eine	0,050	23	0,052
2. " 7,9 " " "	0,061	24	0,061
3. " 9,6 " " "	0,054	22	0,059
4. " 10,0 " " "	0,063	18	0,084

also im Mittel von $21\frac{3}{4}$ Stunden 0,057 ccm, bzw. auf 24 Stunden berechnet im Mittel 0,064 ccm gefunden, also annähernd übereinstimmende Werte für die Gewichts differenzen von 3,8—10,0 kg.

Den Wert 0,064 ccm für 24 Stunden bringen wir bei sämtlichen Alkoholversuchen für die entsprechende Anzahl Stunden umgerechnet in Abzug. Bei einem Gespräch, welches der eine von uns (Völtz) gelegentlich mit Geheimrat N. Zuntz über die Resultate der vorliegenden Untersuchung hatte, regte derselbe an, doch auch beim hungernden Tier die reduzierenden Stoffe zu bestimmen. Wir haben an zwei Hunden von 9,3 und 7,4 kg Gewicht bei dem grösseren nach 9 tägigem, bei dem kleineren nach 6 tägigem Hunger diese Bestimmungen ausgeführt. Es ergaben sich folgende Resultate für die beiden Versuche von je 22 stündiger Dauer. Von dem grösseren Hunde wurden an reduzierenden Stoffen abgegeben:

1) W. O. Atwater and F. G. Benedict, An exp. inquiry regarding the nutritive value of Alcohol. Mem. of the nat. acad. of sciences vol. 8 p. 6 memoir. Washington 1902.

durch die Atmung durch den Harn
 eine 0,017 ccm 0
 von dem kleineren Hunde eine 0,019 „ 0
 Alkohol entsprechende Menge, also im Mittel 0,018 ccm, das sind nur
 rund 32 % des bei normal ernährten Tieren gefundenen Mittelwertes.

In einer Anzahl Versuche haben wir den in Harn und Atmung nach bestimmten Zeitabschnitten je eines Versuchstages ausgeschiedenen Alkohol gesondert bestimmt, um den Verlauf der Alkoholausscheidung festzustellen. Die Details sollen bei der nun folgenden Besprechung der einzelnen Versuche mitgeteilt werden.

Zur Erleichterung der Übersicht über die erste Versuchsreihe lassen wir zunächst die Tabelle I folgen.

Tabelle 1.
 Übersicht über die Versuchsreihe an dem älteren Tier.

Datum 1910	Ver- such Nr.	Zufuhr von Alkohol in 9,84 %iger Lösung ccm	Alkohol- bestimmungen	Ver- suchs- dauer Stunden
11./12. April	1	29,49	im Harn und in der Atmung	23
12./13. „	—	—	—	—
13./14. „	2	29,25	im Harn	23
14./15. „	3	—	in der Atmung	24
15./16. „	—	—	—	—
16./17. „	—	—	—	—
17./18. „	—	—	—	—
18./19. „	4	29,49	im Harn und in der Atmung	21
19./20. „	5	29,29	im Harn	22
20./21. „	—	—	—	—
21./22. „	6	29,49	im Harn und in der Atmung	21
22./23. „	—	20	—	—
23./24. „	7	29,49	im Harn und in der Atmung	22
24./25. „	—	20	—	—
25./26. „	8	29,49	im Harn und in der Atmung	21
26./27. „	—	20	—	—
27./28. „	—	20	—	—
28./29. „	9	29,49	im Harn	23
29./30. „	—	20	—	—
30. April bis 1. Mai	—	20	—	—
1./2. Mai	—	20	—	—

Vom 2./3. Mai bis 26./27. Mai erhielt das Tier an sieben Versuchtagen, auf die später eingegangen werden wird, (siehe S. 102 und Tab. 5 S. 104) je 29,74 ccm Alkohol täglich in konzentrierterer Form (50 %ig) und an den Zwischentagen je 20 ccm. Nach Abschluss dieser Versuche wurden am 27./28. Mai in einem letzten Versuch (Nr. 10) wieder 29,49 ccm Alkohol in 9,84 %iger Lösung

gegeben und der in Harn und Atmung ausgeschiedene Alkohol bestimmt (21½ Stunden Versuchsdauer).

Nunmehr gehen wir auf die Beschreibung der einzelnen Versuche ein.

1., 2. und 3. Versuch.

Der 8,2 kg schwere ältere Hund erhält am 11. April 1910 nach der Fütterung um 10 Uhr morgens 29,49 ccm Alkohol in 9,84 volumprozentiger Lösung, entsprechend pro Körperkilogramm 3,60 ccm, und wird hierauf mit Harntrichter armiert in den Apparat gebracht. Nach ca. 1½ Stunden bellte und heulte der infolge der sehr grossen Alkoholgabe stark bezechte Hund ca. 3 Stunden lang mit nur kurzen Unterbrechungen. Das Tier zeigte forcierte Atmung. Nach der angegebenen Zeit verhielt es sich ruhig bis zum Abschluss des Versuches, der nach insgesamt 23 stündiger Dauer erfolgte. Es waren, wie bereits einleitend erwähnt, nicht unbeträchtliche Mengen Harn in dem Apparat verblieben, die nach Entfernung des Hundes durch Schliessen des Apparates, Erwärmung der Heizplatten und Evakuierung des Apparates vom Alkohol befreit wurden, welcher in die Bichromatvorlage überdestilliert und oxydiert wurde. Das Tier wurde sofort nach Beendigung des Versuches katheterisiert und der so gewonnene Harn mit dem im Harngefäss während des Versuches gesammelten vereinigt und nach der Nicloux'schen Methode auf Alkohol untersucht. Die Alkoholbestimmung des gasförmig aus dem Apparat in die Vorlagen gelangten Alkohols erfolgte in der in der früheren Publikation (l. c.) genau beschriebenen Weise. Es wurden im Harn ermittelt 0,494 ccm. Alkohol = 1,67 % der Zufuhr, im Destillat 2,988 ccm Alkohol; hiervon sind zu subtrahieren = 0,061 ccm für die reduzierenden Substanzen (berechnet für 23 Stunden), so dass also 2,927 ccm Alkohol in das Destillat übergegangen waren, entsprechend 9,9 % der Zufuhr. Bei diesem Wert ist zu berücksichtigen, dass ein Teil dieses Alkohols dem Harn entstammt. Insgesamt wurden in Harn und Atmung 3,421 ccm Alkohol, entsprechend 11,6 % der Zufuhr, gefunden. Dieser Wert für die Gesamtausscheidung ist natürlich einwandfrei.

Um nun die im Harn allein ausgeschiedene Alkoholmenge annähernd genau zu erfahren, wurde am übernächsten Tage, also am 13. April, in einem zweiten Versuch dieselbe Menge Alkohol unter gleichen Bedingungen verabreicht, nur wurde der Hund nicht in den Apparat gebracht, weil wir den Harn allein zur Alkohol-

bestimmung quantitativ gewinnen wollten. Zu dem Zweck wird der mit Harntrichter armierte Hund in einer zweckentsprechend konstruierten Kiste befestigt. Der Kopf wird durch eine Öffnung herausgesteckt. Der Boden wurde durchbohrt, um den Trichteransatz hindurchzuführen, von dem ein Schlauch den Harn in ein entsprechendes Glasgefäß leitete. Der 8,1 kg schwere Hund erhielt 29,25 ccm Alkohol, also pro Körperkilogramm 3,62 ccm, und schied innerhalb 23 Stunden 1,650 ccm Alkohol = 5,64 % im Harn aus. Der Hund war ebenso stark berauscht und heulte in gleicher Weise wie beim ersten Versuch. Bei den späteren Versuchen war der Rausch infolge der Gewöhnung weniger stark, das Tier heulte jedoch noch immer einige Zeit.

Vier weitere Versuche, in denen bei stets gleicher Alkoholzufuhr (ca. 3,3 ccm pro Körperkilogramm) die durch die Nieren sezernierte Alkoholmenge quantitativ bestimmt wurde, ergaben folgende Werte:

Datum	Ver- such 5	Datum	Ver- such 8	Datum	Ver- such 9	Datum	Ver- such 10
19./20. April	4,06 %	25./26. April	5,83 %	28./29. April	5,33 %	27./28. Mai	5,86 %

Im Mittel dieser Zahlen und der eben mitgeteilten für den zweiten Versuch (5,64 %) berechnet sich als Durchschnittswert die Zahl 5,43 %. Die Versuche wurden innerhalb eines Zeitraumes von 6½ Wochen ausgeführt. Für die ersten vier Versuche an diesem Hund, in denen die quantitative Trennung des Harnalkohols von dem Alkohol der Atmung nicht gelang, haben wir den Mittelwert 5,34 für den Alkohol des Harnes eingesetzt und durch Subtraktion von dem gefundenen Gesamtwert die in der Atmung ausgeschiedene Alkoholmenge bestimmt.

Aus den eben mitgeteilten Zahlen für den Alkohol des Harnes geht hervor, dass die gefundenen und mit einer Ausnahme (5. Versuch) geringen Abweichungen unabhängig von der Gewöhnung an Alkohol sind, während im Gegensatz hierzu, wie wir noch sehen werden, die durch die Atmung abgegebenen Alkoholmengen allmählich geringer werden. Bei dem vorliegenden ersten Versuch wurden, wie bereits erwähnt, insgesamt 3,421 ccm = 11,6 % des aufgenommenen Alkohols in Harn und Atmung ausgeschieden, und zwar 1,574 ccm = 5,3 % im Harn und 1,847 ccm = 6,3 % in der Atmung; resp. in Prozenten der Gesamtausscheidung im Harn 46 %, in der Atmung 54 %.

Um uns davon zu überzeugen, ob noch 24 Stunden nach einer Alkoholzufuhr, wie wir sie gewählt hatten, nämlich 3,6 ccm pro Körperkilogramm, Alkohol unverbrannt zur Ausscheidung gelangt, erhielt der Hund am 13./14. die angegebene Menge Alkohol und wurde am folgenden Tage, also am 14., und zwar 23³/₄ Stunden nach dieser Alkoholzufuhr, in einem dritten Versuch in den Respirationskasten gebracht, in dem er 24 Stunden blieb. Die für die reduzierenden Stoffe ermittelte Zahl entsprach 0,061 ccm Alkohol, stimmt also befriedigend mit den bei alkoholfreiem Regime ermittelten Daten überein. Somit wird nach 24 Stunden nach der Aufnahme kein Alkohol mehr unverbrannt durch die Atmung ausgeschieden. Auch der Harn wurde bei diesem Versuch quantitativ gewonnen und das Destillat auf reduzierende Stoffe untersucht. Die Bestimmung ergab, dass solche Substanzen im Urin nicht enthalten waren. Also auch durch die Nieren wird 24 Stunden nach der Aufnahme kein Alkohol mehr sezerniert. Wir haben noch mehrfach die Destillate des innerhalb 24—28 Stunden nach der Alkoholzufuhr ausgeschiedenen Urins auf reduzierende Stoffe untersucht, und zwar stets mit dem gleichen negativen Befund.

4. Versuch am 18./19. April 1910.

Das Tier wog 8,15 kg und erhielt 29,49 ccm, also pro Körperkilogramm 3,62 ccm Alkohol. Der Hund blieb 21 Stunden im Apparat. Die ausgeschiedene Alkoholmenge betrug: im Harn 1,150 ccm, in der Atmung 1,862 ccm = Sa. 3,012 ccm = 10,2 %.

Wie oben bemerkt, war etwas Harn in den Apparat gelangt, und wir haben infolgedessen den in besonderen Versuchen quantitativ bestimmten Harnalkohol von der gesamten ausgeschiedenen Alkoholmenge (Harn und Atmung) subtrahiert (s. Seite 92). Nach der Durchführung dieser Berechnung ergaben sich für den vorliegenden Versuch folgende Werte: im Harn 1,575 ccm = 5,3 %, in der Atmung 1,437 ccm = 4,9 % = Sa. 3,012 ccm Alkohol = 10,2 %.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn = 52,4, in der Atmung = 47,6.

5. Versuch am 19./20. April 1910.

In diesem Versuch wurde ausserhalb des Respirationsapparates der Alkoholgehalt des Harnes quantitativ bestimmt. Der Hund wog vor Beginn des Versuches 8,20 kg und erhielt insgesamt 29,29 ccm

resp. 3,68 ccm Alkohol pro Körperkilogramm. Versuchsdauer 22 Stunden. Der Harn enthielt 1,190 ccm Alkohol = 4,06 % der Zufuhr.

6. Versuch am 21./22. April 1910.

Der Hund wog 8,650 kg und erhielt 29,49 ccm, resp. pro Körperkilogramm 3,41 ccm Alkohol. Versuchsdauer 21 Stunden. Auch bei diesem Versuch war die Trennung von Harnalkohol und Alkohol der Atmung nicht möglich, weil eine erhebliche Menge Harn in den Apparat entleert worden war. Der in die Harnflasche gelaufene und ferner der durch Katheterisieren gewonnene Harn enthielt zusammen 0,700 ccm Alkohol, während wir in den Bichromatvorlagen für den Alkohol in der Atmung und den im Apparat verbliebenen Harn 1,814 ccm fanden. Die gesamte in Harn und Atmung ausgeschiedene Alkoholmenge betrug somit $0,700 + 1,814 = 2,514$ ccm, entsprechend 8,5 % der Einnahme.

Nach Ausführung der Korrektur (s. S. 92) ergibt sich für den Harn $1,575$ ccm = 5,3 %, für die Atmung $0,939$ ccm = 3,1 % = Sa. 2,514 ccm Alkohol = 8,5 %.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 62,7, in der Atmung 37,4.

Vom 22./23. April ab erhielt der Hund an allen Tagen zwischen den einzelnen Versuchstagen zwecks Gewöhnung an Alkohol pro die ca. 20 ccm 90 %igen Alkohol in das Futter gemischt, das stets sofort restlos verzehrt wurde.

7. Versuch am 23./24. April 1910.

Der Hund wog 8,85 kg und erhielt 29,49 ccm, resp. 3,33 ccm Alkohol pro Körperkilogramm. Versuchsdauer 22 Stunden. Der Harn gelangte auch hier teilweise in den Apparat. In dem nach aussen gelangten Harn wurden gefunden 1,110 ccm, in den Bichromatvorlagen 1,325 ccm = Sa. 2,435 ccm Alkohol = 8,3 %.

Nach Ausführung der Korrektur (s. S. 92) ergibt sich: für den Harn $1,575$ ccm = 5,34 %, für die Atmung $0,860$ ccm = 2,92 % = Sa. 2,435 ccm = 8,3 %, resp. in Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 64,7 %, in der Atmung 35,3 %.

8. Versuch am 25./26. April 1910.

Der Hund wog 8,97 kg und erhielt 29,49 ccm, resp. pro Körperkilogramm 3,29 ccm Alkohol. Versuchsdauer 21 Stunden. Bei diesem Versuch wurde sämtlicher Harn ausserhalb des Apparates gewonnen.

Wir fanden: im Harn 1,720 ccm = 5,8 %, in der Atmung 0,912 ccm = 3,1 % = Sa. 2,632 ccm Alkohol = 8,9 %.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 65,3 %, in der Atmung 34,7 %.

9. Versuch am 28./29. April 1910.

Der Hund wog 8,900 kg und erhielt 29,49 ccm, resp. pro Körperkilogramm 3,31 ccm Alkohol. Bei diesem Versuch wurde, wie oben besprochen, nur der Harnalkohol, und zwar ausserhalb des Respirationsapparates, bestimmt.

Wir fanden: 1,571 ccm Alkohol = 5,3 % der Zufuhr im Harn.

10. Versuch am 27. 28. Mai 1910.

Bevor dieser Versuch zur Ausführung gelangte, haben wir an diesem Hunde eine Versuchsreihe (III) mit denselben Alkoholmengen in konzentrierterer Form (50 %ig) durchgeführt, um den Einfluss des Flüssigkeitsvolums auf die Alkoholausscheidung zu studieren. Nach Abschluss der Reihe III wurde der zu dieser Versuchsreihe gehörende 10. Versuch mit 29,49 ccm Alkohol in 9,84 %iger Lösung ausgeführt. Das Tier wog 9,80 kg und erhielt somit pro Körperkilogramm 3,01 ccm Alkohol.

Wir fanden: im Harn 1,730 ccm = 5,9 %, in der Atmung 1,032 ccm = 3,5 % = Sa. 2,762 ccm Alkohol = 9,4 % der Zufuhr.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 62,6, in der Atmung 37,4.

Die folgende Tabelle 2 (S. 96) ermöglicht eine Übersicht über die in dieser Reihe I gewonnenen Resultate.

Wir ersehen aus der nachstehenden Tabelle, dass nach der sehr starken Alkoholzufuhr von ca. 3,2 ccm pro Körperkilogramm in einer Dosis und in 9,84 %iger Lösung, also in einer Konzentration, die etwa dem Alkoholgehalt vieler Weine entspricht, eine sehr erhebliche Alkoholmenge in Harn und Atmung ausgeschieden wird. Der höchste Wert, nämlich 11,6 %, wurde beim ersten Versuch gefunden, als der Hund wahrscheinlich zum erstenmal in seinem Leben Alkohol erhielt; den geringsten Wert, nämlich 8,3 % der Zufuhr, ermittelten wir beim siebenten Versuch; bei den folgenden Versuchen 8 und 9 steigen die betreffenden Werte wieder etwas an, und zwar auf 8,9 und 9,4 %. Die höchsten Werte, welche bei den beiden ersten Versuchen gefunden wurden, sind auf die vermehrte Alkoholausscheidung durch die Atmung zurückzuführen, während die Alkoholsekretion durch

Tabelle 2.
A. Versuchsreihe I. Hund Nr. 1. Alter Teckel.

Nr. der Ver- suche	Datum der Versuche	Gewicht des Tieres kg	Alkoholzufuhr in 9,84 % iger Lösung		Es wurden ausgeschieden Alkohol						In Prozent der insgesamt aus- geschiedenen Alkoholmenge enthält		Ver- suchs- dauer Stunden
			ccm	pro Kör- perkilo- gramm ccm	im Harn		in der Atmung abzüglich der redu- zierenden Stoffe		Summa		der Harn	die Atmung	
					ccm	%	ccm	%	ccm	%			
1	11./12 April	8,2	29,49	3,6	1,575 ¹⁾	5,3 ¹⁾	1,846	6,3	11,6	46	54	23	
4	18./19. "	8,15	29,49	3,62	1,575 ¹⁾	5,3 ¹⁾	1,437	4,9	10,2	52,4	47,6	21	
6	21./22. "	8,65	29,49	3,41	1,575 ¹⁾	5,3 ¹⁾	0,989	3,2	8,5	62,7	37,4	21	
7	23./24. "	8,85	29,49	3,33	1,575 ¹⁾	5,3 ¹⁾	0,860	2,9	8,3	64,7	35,3	22	
8	25./26. "	8,97	29,49	3,29	1,720	5,8	0,912	3,1	8,9	65,3	34,7	21	
10	27./28. Mai	9,8	29,49	3,01	1,730	5,9	1,032	3,5	9,4	62,6	37,4	21 1/2	

1) Mittelwert aus fünf Versuchen, in denen der Harn zur gesonderten Alkoholbestimmung quantitativ gewonnen wurde (siehe S. 93); es handelt sich um die Versuche 2, 5, 8, 9 und 10, bei denen folgende Werte ermittelt wurden: 2. Versuch 1,650 ccm = 5,64 %, 5. Ver- such: 1,190 ccm = 4,06 %, 8. Versuch: 1,720 ccm = 5,83 %, 9. Versuch: 1,571 ccm = 5,33 % und 10. Versuch: 1,730 ccm = 5,86 %.

die Nieren annähernd konstant bleibt. Zu Beginn der Versuche war die Reaktion auf die toxischen Alkoholgaben natürlich am stärksten, das Tier heulte länger als bei den späteren Versuchen, die Lungenatmung erfolgte also forciert, und daher wurde auch zunächst mehr Wasser- und Alkoholdampf ausgeschieden als später.

II. Versuche an drei jungen Hunden desselben Wurfes

Nr. 2, 3 und 4.

α . 3 Versuche an dem jungen Hund Nr. 2.

1. Versuch.

Der ältere Hund hatte sehr grosse Alkoholgaben erhalten, nämlich ca. 3,2 ccm pro Körperkilogramm in 9,84 % iger Lösung.

Der junge Hund erhielt Alkohol der gleichen Konzentration, jedoch etwa nur $\frac{1}{3}$ der Menge, nämlich ca. 1 ccm pro Körperkilogramm. Der erste Versuch von 21stündiger Dauer wurde am 8./9. April 1910 angestellt. ca. $\frac{1}{2}$ Stunde nach der Alkoholzufuhr mittels Schlundsonde schloß das Tier im Respirationsapparat ein. Die quantitative Alkoholbestimmung in der Atmung gelang nicht. Der Hund wog 4,260 kg und erhielt 4,92 ccm = 1,15 ccm Alkohol pro Körperkilogramm. Im Harn wurden gefunden 0,075 ccm resp. 1,5 % der Zufuhr. Bei den ersten drei Versuchen dieser Reihe wurden allerdings sehr geringe Harnmengen in den Apparat entleert; bei den späteren wurde der Harn dagegen stets restlos nach aussen geleitet.

2. Versuch am 12./13. April 1910.

Der Hund wog 4,32 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 1,14 ccm Alkohol. Das Tier heulte einige Zeit nach der Alkoholzufuhr¹⁾. Versuchsdauer 20 Stunden.

Es wurden gefunden: im Harn 0,065 ccm = 1,3 %; in der Atmung 0,147 ccm = 3,0 % = Sa. 0,212 ccm = 4,3 % Alkohol.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 30,6 %; in der Atmung 69,4 %.

3. Versuch am 15./16. April 1910.

Gewicht des Tieres 4,57 kg, Alkoholzufuhr 4,92 ccm resp. 1,08 ccm pro Körperkilogramm. Das Tier schläft bald nach der Alkoholaufnahme ein. Versuchsdauer 20 Stunden.

1) Siehe die Anmerkung auf S. 107.

Es wurden gefunden: im Harn 0,085 ccm = 1,7 %; in der Atmung 0,078 ccm = 1,6 % = Sa. 0,163 ccm = 3,3 % Alkohol.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 52,2 %; in der Atmung 47,8 %.

β. 3 Versuche an einem jungen Hund Nr. 3 desselben Wurfes,

der ebenfalls bei dem ersten Versuch (Nr. 4) zum erstenmal in seinem Leben Alkohol erhielt.

4. Versuch am 25./26. Mai 1910.

Versuchsdauer 22 Stunden. Der Hund wog 6,52 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 0,75 ccm Alkohol. Die Gewinnung des Harnes gelang vollständig. Der Hund heulte einige Minuten nach der Alkoholzufuhr kurze Zeit und dann noch wiederholt in kurzen Zwischenräumen bis 3 Stunden nach der Aufnahme von Alkohol.

Es wurden gefunden: im Harn 0,041 ccm = 0,8 %; in der Atmung 0,147 ccm = 3,0 % = Sa. 0,188 ccm = 3,8 % Alkohol.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 21,8 %; in der Atmung 78,2 %.

5. Versuch am 28./29. Mai 1910.

Versuchsdauer 23 Stunden. Der Hund wog 6,55 kg und erhielt 7,48 ccm resp. pro Körperkilogramm 1,15 ccm Alkohol. Das Tier verhielt sich während des Versuches ganz ruhig.

Es wurden gefunden: im Harn 0,206 ccm = 2,8 %; in der Atmung 0,078 ccm = 1,0 % = Sa. 0,284 ccm = 3,8 % Alkohol.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 72,5 %; in der Atmung 27,5 %.

6. Versuch am 31. Mai/1. Juni 1910.

Versuchsdauer 22 Stunden. Der Hund wog 6,50 kg und erhielt 7,48 ccm resp. pro Körperkilogramm 1,15 ccm Alkohol.

Es wurden gefunden: im Harn 0,121 ccm = 1,6 %; in der Atmung 0,112 ccm = 1,5 % = Sa. 0,233 ccm = 3,1 % Alkohol.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 51,9 %; in der Atmung 48,1 %.

γ. Ein Versuch an einem dritten Hund Nr. 4 desselben Wurfes,

der ebenfalls zum erstenmal Alkohol erhielt.

Versuch 7, am 26./27. Mai 1910.

Versuchsdauer 23 Stunden. Der Hund wog 8,62 kg und erhielt 9,94 ccm resp. pro Körperkilogramm 1,15 ccm Alkohol. Das Tier verhielt sich vollständig ruhig.

Es wurden gefunden: im Harn 0,142 ccm = 1,4 %; in der Atmung 0,117 ccm = 1,2 % = Sa. 0,259 ccm = 2,6 % Alkohol.

In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 54,8 %; in der Atmung 45,2 %.

Die folgende Tabelle 3 (S. 100) bringt eine Übersicht über die in dieser Versuchsreihe gewonnenen Resultate.

Aus diesen Resultaten ergeben sich folgende Schlüsse:

Alkoholdosen von 0,75—1,15 ccm pro Körperkilogramm bewirkten bei den drei jungen Hunden also eine Gesamtausscheidung von 2,6—4,3 % der aufgenommenen Alkoholmenge, also etwa nur $\frac{1}{3}$ derjenigen Quantität, welche der ältere Teckel nach der dreifachen Dosis von 3,01—3,6 ccm pro Kilogramm ausgeschieden hatte. Wir sehen also, dass die Quantität des aufgenommenen Alkohols von grossem Einfluss ist auf die Alkoholausscheidung in Harn und Atmung. Was nun das Verhältnis des Harnalkohols zu dem Alkohol der Atmung anbelangt, so finden wir sowohl bei dem älteren Hunde als auch bei den jungen Tieren bei den ersten Versuchen die relativ höchsten Werte für den Alkoholgehalt in der Atmung. Diese Befunde finden ihre Erklärung in der Tatsache, dass bei den nicht an Alkohol gewöhnten Tieren der Alkohol stärkere zentrale Wirkungen und somit stärkere Reaktionen des Organismus zur Folge hat, als bei solchen Tieren, die an Alkoholaufnahme mehr gewöhnt sind. Diese Reaktionen äusserten sich insbesondere in einem längere oder kürzere Zeit anhaltenden Heulen, das naturgemäss eine verstärkte Atmung und somit vermehrte Wasserdampf- und Alkoholabgabe an die ausgeatmete Luft zur Folge hatte.

Der Befund, dass der Hund Nr. 4 nach der ersten Alkoholdosis, die er erhielt, etwas weniger Alkohol in der Atmung als im Harn ausschied, steht nicht in Widerspruch zu den übrigen Befunden, denn es handelt sich bei diesem Hunde um das grösste und kräftigste

Tabelle 8.

A. Versuchsreihe II mit drei jungen Hunden desselben Wurfes, geboren am 25. Oktober 1903
(also 6—7 Monate alt).

Nr. des Tieres	Nr. des Ver- suchs	Datum des Versuchs 1910	Ge- wicht des Tieres kg	Alkoholzufuhr in 9,84 %iger Lösung		Es wurden ausgeschieden Alkohol						In Prozenten des insgesamt aus- geschiedenen Alkohols		Ver- suchs- dauer	Stunden
				ccm	pro Kör- perkilo- gramm ccm	im Harn		in der Atmung nach Abzug der reduzierenden Stoffe		Summa		im Harn	in der Atmung		
						ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o				
2	1 ¹⁾	8 / 9. April	4,26	4,92	1,15	0,075	1,5	—	—	—	—	—	21		
2	2 ¹⁾	12 / 13. "	4,32	4,92	1,14	0,065	1,3	0,147	3,0	0,212	4,3	69,4	20		
2	3 ¹⁾	15 / 16. "	4,57	4,92	1,08	0,085	1,7	0,078	1,6	0,163	3,3	52,2	20		
3	4	25 / 26. Mai	6,52	4,92	0,75	0,041	0,8	0,147	3,0	0,188	3,8	21,8	22		
3	5	28 / 29. "	6,55	7,48	1,15	0,206	2,8	0,078	1,0	0,284	3,8	72,5	23		
3	6	31. Mai bis 1. Juni	6,50	7,48	1,15	0,121	1,6	0,112	1,5	0,293	3,1	51,9	22		
4	7	26 / 27. Mai	8,62	9,94	1,15	0,142	1,4	0,117	1,2	0,259	2,6	54,8	23		

1) Die Daten dieser drei Versuche am Hund Nr. 2 enthält auch Tabelle 7 auf S. 109. Während dieser Versuche Nr. 1, 2 und 3 gelangten geringe Harnmengen in den Respirationssapparat.

Tier des ganzen Wurfes, das also weniger durch die Alkoholgabe alteriert wurde als die übrigen, und das sich auch nach der ersten Alkoholzufuhr vollständig ruhig verhielt.

B. Einfluss der Gewöhnung auf die vom Organismus ausgeschiedenen Alkoholmengen.

Zu dieser Frage liefert bereits die Versuchsperiode unter A (siehe die Tabelle 2 auf Seite 96) an dem alten Teckel einiges Material. Der Hund hatte ca. 3,2 g Alkohol pro Körperkilogramm in einer Portion, also toxische Dosen, erhalten. Die zunächst in Harn und Atmung ausgeschiedene Alkoholmenge von 11,6 % der Zufuhr sank unter dem Einfluss der Gewöhnung bis auf 8,3 %. Dieser Wert konnte auch, nachdem der Hund längere Zeit an gleiche Alkoholdosen, die in konzentrierterer Form (50 %ig) gegeben wurden, gewöhnt war und hierauf dieselbe Alkoholmenge wieder in 9,84 %iger Lösung erhielt, nicht mehr unterschritten werden; wir fanden im Gegenteil wieder einen höheren Wert (9,4 % der Zufuhr) in den Ausscheidungsprodukten. Die Gewöhnung hatte also unter den gewählten Versuchsbedingungen, d. h. bei einer Zufuhr von 3,2 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in einer Dosis und in 9,84 %iger Lösung, zwar eine erhebliche, aber keine sehr grosse Verminderung der Ausscheidung von Alkohol durch den Tierkörper bewirken können.

Wir haben nun an demselben Tier bei Zufuhr der gleichen Alkoholmenge, die dagegen in konzentrierterer Form (ca. 50 %ig) gegeben wurde, den Einfluss der Gewöhnung in sieben Versuchen, die sich über einen Zeitraum von etwa 1 Monat erstreckten, studiert. An den versuchsfreien Zwischentagen erhielt der Hund ebenfalls regelmässig Alkohol, und zwar etwa zwei Drittel der an den Versuchstagen gereichten Menge.

Zur Erleichterung der Übersicht über die Versuchszeit geben wir auf S. 102 Tabelle 4.

Die Trennung des Alkohols im Harn von demjenigen in der Atmung gelang stets vollständig.

Wir lassen nunmehr die detaillierten Angaben über die einzelnen Versuche folgen und bemerken, dass wir die reduzierenden Substanzen von dem in der Atmung ermittelten Alkohol bereits subtrahiert haben.

Tabelle 4.

Übersicht über die Versuchsreihe an dem alten Hund Nr. 1.

Datum 1910	Versuch Nr.	Alkohol- zufuhr in ca. 50% iger Lösung ccm		Versuchs- dauer Stunden
2./3. Mai	1	29,74	An den sieben Versuchstagen wurde der Alkohol regelmässig in Harn und Atmung be- stimmt	22 ¹ / ₂
3./4. "	—	20		—
4./5. "	2	29,74		23 ³ / ₄
5./6. "	—	20		—
6./7. "	—	20		—
7./8. "	—	20		—
8./9. "	—	20		—
9./10. "	—	20		—
10./11. "	3	29,74		23 ³ / ₄
11./12. "	—	20		—
12./13. "	—	20		—
13./14. "	—	20		—
14./15. "	—	20		—
15./16. "	—	20		—
16./17. "	—	20		—
17./18. "	—	20		—
18./19. "	4	29,74		23
19./20. "	—	20		—
20./21. "	5	29,74		23 ¹ / ₄
21./22. "	—	20		—
22./23. "	6	29,74		23
23./24. "	—	20		—
24./25. "	7	29,74		24

1. Versuch am 2./3. Mai 1910.

Der Hund wog 8,75 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 3,38 ccm Alkohol. Versuchsdauer 22¹/₂ Stunden. Einige Stunden nach der Alkoholzufuhr winselte der Hund kurze Zeit.

Der Harn enthielt: 0,161 ccm = 0,5 %; in der Atmung: 1,031 ccm = 3,5 % = Sa. 1,192 ccm Alkohol = 4,0 %, resp. in Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 13,5 %; in der Atmung 86,5 %.

2. Versuch am 4./5. Mai 1910.

Der Hund wog 9,00 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 3,3 ccm Alkohol. Versuchsdauer 23³/₄ Stunden. Das Tier verhielt sich ruhig.

Der Harn enthielt: 0,324 ccm = 1,1 %; in der Atmung: 0,839 ccm = 2,8 % = Sa. 1,163 ccm Alkohol = 3,9 % resp. in Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 27,8 %; in der Atmung 72,2 %.

3. Versuch am 10./11. Mai 1910.

Das Tier wog 9,8 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 3,0 ccm Alkohol. Versuchsdauer $23\frac{3}{4}$ Stunden. Zwei Stunden nach der Alkoholaufnahme heulte der Hund etwas.

Der Harn enthielt: 0,455 ccm = 1,5 %; in der Atmung: 0,656 ccm = 2,2 % = Sa. 1,111 ccm Alkohol = 3,7 %, resp. in Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 40,9 %; in der Atmung 59,1 %.

4. Versuch am 18./19. Mai 1910.

Das Tier wog 10,1 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 2,9 ccm Alkohol. Versuchsdauer 23 Stunden. Der Hund verhielt sich ruhig.

Der Harn enthielt: 0,456 ccm = 1,5 %; in der Atmung: 0,416 ccm = 1,4 % = Sa. 0,872 ccm Alkohol = 2,9 % resp. in Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 52,3 %, in der Atmung 47,7 %.

5. Versuch am 20./21. Mai 1910.

Der Hund wog 10,20 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 2,9 ccm Alkohol. Versuchsdauer $23\frac{1}{4}$ Stunden. Einige Zeit nach der Alkoholzufuhr heulte der Hund etwas.

Der Harn enthielt: 0,405 ccm = 1,4 %; in der Atmung: 0,486 ccm = 1,6 % = Sa. 0,891 ccm Alkohol = 3,0 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 45,5 %; in der Atmung 54,5 %.

6. Versuch am 22./23. Mai 1910.

Der Hund wog 9,9 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 3,0 ccm Alkohol. Versuchsdauer 23 Stunden. Der Hund verhielt sich ruhig.

Der Harn enthielt: 0,188 ccm = 0,6 %; in der Atmung: 0,634 ccm = 2,1 % = Sa. 0,822 ccm = 2,7 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 22,9 %; in der Atmung 77,1 %.

7. Versuch am 24./25. Mai 1910.

Der Hund wog 9,55 kg und erhielt 29,74 ccm resp. pro Körperkilogramm 3,1 ccm Alkohol. Versuchsdauer 24 Stunden. Der Hund verhielt sich ruhig.

Der Harn enthielt: 0,204 ccm = 0,7 %; in der Atmung: 0,633 ccm = 2,1 % = Sa. 0,837 ccm Alkohol = 2,8 %. In

Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 24,4 %; in der Atmung 75,6 %.

In der folgenden Tabelle 5 haben wir die Resultate dieser sieben Versuche zusammengestellt.

Tabelle 5.

Versuchsreihe an dem alten Hund Nr. 1.

Nr. des Versuches	Datum des Versuches 1910	Gewicht des Tieres kg	Alkohol- zufuhr in ca. 50/oiger Lösung			Es wurden ausgeschieden Alkohol						In Prozent des insgesamt aus- geschiedenen Alkohols		Verkaufsdauer Stunden
			ccm	pro Körper- kilogramm ccm	im Harn		in der Atmung nach Ab- zug d. redu- zierenden Stoffe		Summa		im Harn	in der At- mung		
					ccm	%	ccm	%	ccm	%				
1	2./3. Mai	8,75	29,74	3,38	0,161	0,5	1,031	3,5	1,192	4,0	13,5	86,5	22 ¹ / ₂	
2	4./5. "	9,00	29,74	3,3	0,324	1,1	0,839	2,8	1,163	3,9	27,8	72,1	23 ³ / ₄	
3	10./11. "	9,8	29,74	3,0	0,455	1,5	0,656	2,2	1,111	3,7	40,9	59,1	23 ³ / ₄	
4	18./19. "	10,1	29,74	2,9	0,456	1,5	0,416	1,4	0,872	2,9	52,3	47,7	23	
5	20./21. "	10,20	29,74	2,9	0,405	1,4	0,486	1,6	0,891	3,0	45,5	54,5	23 ¹ / ₄	
6	22./23. "	9,9	29,74	3,0	0,188	0,6	0,634	2,1	0,822	2,7	22,9	77,1	23	
7	24./25. "	9,55	29,74	3,1	0,204	0,7	0,633	2,1	0,837	2,8	24,4	75,6	24	

Aus dieser Versuchsreihe ergeben sich bezüglich des Einflusses der Gewöhnung auf die Ausscheidung des Alkohols in Harn und Atmung folgende Schlüsse:

Nach der Zufuhr von 2,9—3,4 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in 50 %iger Lösung gelangen zunächst insgesamt 4 % zur Ausscheidung; dieser Wert sinkt im Verlauf von drei Wochen kontinuierlich um rund ein Drittel ab und kann auch bei weiterer Gewöhnung nicht mehr unterschritten werden. Es ist bemerkenswert, dass bei dem, kurze Zeit an stark verdünnten Alkohol gewöhnten, Hund durch weitere Gewöhnung keine höhere Verwertung des Alkohols mehr erzielt werden kann (A. Versuchsreihe I, Tab. 2 S. 96). Nach der Verabreichung derselben Alkoholmenge in stärkerer Konzentration an dasselbe an stark verdünnten Alkohol gewöhnte Tier sinkt dagegen die zunächst ausgeschiedene und von vornherein geringere Alkoholmenge unter dem Einfluss weiterer Gewöhnung noch um ein weiteres Drittel ab. Die gleiche Alkoholmenge in konzentrierterer Lösung bleibt hier infolge geringerer Diurese und infolge geringerer Wasser- und Alkoholdampfabgabe durch die Lungen länger in den

Gewebe und kann daher zu einem höheren Prozentsatz verwertet werden.

Was das Verhältnis des in der Atmung ausgeschiedenen Alkohols zu dem durch die Nieren sezernierten Alkohol betrifft, so gelangten mit einer einzigen Ausnahme (4. Versuch) grössere Mengen durch die Atmung zur Ausscheidung, und zwar am ersten Tage das Maximum (86,5 %).

Nach Verabreichung derselben Alkoholmenge in stärkerer Verdünnung (9,84 %) A. Versuchsreihe 1 (Tabelle 2 S. 96) wurde von demselben Tier nur am ersten Tage eine etwas grössere Alkoholmenge durch die Atmung ausgeschieden; später war die Atmung weniger forciert und die ausgeatmete Alkoholmenge daher geringer, während die durch die Nieren sezernierten Alkoholmengen annähernd konstant blieben.

In Versuchen an Menschen fanden Atwater und Benedict (l. c.) etwa die neunfache Menge des im Harn ermittelten Alkohols in der Atmung. Wir können hieraus sehr gut erkennen, welche bedeutsame Rolle die Hautatmung beim Menschen spielt, während die Wärmeregulation beim Hunde so gut wie ausschliesslich durch die Maulhöhle und die Nase erfolgt, also eine Wasserdampfabgabe und somit auch eine Ausscheidung von Alkohol durch die Haut fast gar nicht in Frage kommt.

Versuchsreihe an dem jungen Hund Nr. 2.

Das Tier wog bei Beginn der Versuche 4,26 kg. Innerhalb eines Zeitraums von ca. 5 Wochen, und zwar vom 8. April bis zum 14. Mai, wurden 11 Versuche durchgeführt. An den Zwischentagen, welche die ersten drei Versuche trennen, erhielt der Hund keinen Alkohol. Vom 18. April ab wurden an sämtlichen Tagen, an denen das Tier sich nicht im Versuch befand, 50 ccm einer 9,84 %igen Alkohollösung = 4,9 ccm Alkohol resp. pro Körperkilogramm ca. 1 ccm mit dem Futter aufgenommen. An den 11 Versuchstagen erhielt der Hund ebenfalls die gleiche Menge Alkohol mittels Schlundsonde, und zwar nach der Fütterung.

Die Abgrenzung des Harnes erfolgte nach Abschluss jedes Versuches regelmässig, und zwar nach der von Zuntz vorgeschlagenen Methode (l. c.). Der so gewonnene Harn wurde mit dem während des Versuches gesammelten Harn vereinigt und zur Alkoholbestimmung destilliert. Während der ersten drei Versuchstage wurden allerdings

sehr geringe Harnmengen in den Respirationsapparat entleert; bei den späteren Versuchen gelangte der Harn restlos aus dem Apparat in die zur Aufnahme bestimmte Flasche.

Die Übersicht über die an den Versuchstagen und den Zwischentagen verabreichten Alkoholmengen enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 6.

Die Alkoholbestimmungen wurden mit Ausnahme des 7. Versuches (29./30. April) stets in Harn und Atmung ausgeführt. Der 9. Versuch misslang, weil der Hund nach etwa 4stündigem Aufenthalt im Respirationsapparat das Futter zum Teil erbrach.

Übersicht über die Versuchsreihe an dem jungen Hund Nr. 2.

Datum 1910	Versuch Nr.	Alkoholzufuhr in 9,84 % iger Lösung ccm	Versuchs- dauer Stunden	Bemerkungen
8./9. April	1 ¹⁾	4,92	21	
Vom 9. April bis 12. April erhält der Hund keinen Alkohol.				
12./13. April	2 ¹⁾	4,92	20	
Vom 13. April bis 15. April erhält der Hund keinen Alkohol.				
15./16. April	3 ¹⁾	4,92	20	
Vom 16. April bis 18. April erhält der Hund keinen Alkohol.				
18./19. April	—	4,92	—	
19./20. "	—	4,92	—	
20./21. "	4	4,92	21	
21./22. "	—	4,92	—	
22./23. "	5	4,92	21	
23./24. "	—	4,92	—	
24./25. "	—	4,92	—	
25./26. "	—	4,92	—	
26./27. "	6	4,92	20	
27./28. "	—	4,92	—	
28./29. "	—	4,92	—	} Am 29./30. April wurde nur der Harn auf Alkohol untersucht.
29./30. "	7	4,92	24	
30. April bis 1. Mai	8	4,92	22	
1./2. Mai	—	4,92	—	
2./3. "	—	4,92	—	
3./4. "	—	4,92	—	
4./5. "	—	4,92	—	
5./6. "	—	4,92	—	
6./7. "	9	4,92	23	
7./8. "	—	4,92	—	
8./9. "	—	4,92	—	
9./10. "	—	4,92	—	
10./11. "	—	4,92	—	
11./12. "	—	4,92	—	
12./13. "	10	4,92	22	
13./14. "	11	4,92	20	

1) Es gelangten geringe Mengen Harn in den Respirationsapparat.

Die ersten drei Versuche an diesem jungen Hunde Nr. 2 sind bereits auf Seite 97 besprochen und die Resultate in Tabelle 3, Seite 100 eingetragen worden. Wir beginnen hier mit Versuch 4, werden jedoch in der Tabelle 7, welche die Übersicht über sämtliche 11 Versuche bringt, nochmals die Ergebnisse der drei ersten Versuche eintragen.

Vom 4. Versuch ab gelang es stets, den Alkohol des Harnes von dem der Atmung vollständig getrennt zu erhalten.

4. Versuch am 20./21. April 1910.

Der Hund wog 5,07 kg und erhielt in 9,84%iger Lösung 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 1,0 ccm Alkohol. Das Tier verhielt sich ruhig. Versuchsdauer 21 Stunden.

Der Harn enthielt: 0,044 ccm = 0,9 %; in der Atmung: 0,062 ccm = 1,3 % = Sa. 0,106 ccm = 2,2 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 41,5 %, in der Atmung 58,5 %.

5. Versuch am 22./23. April 1910.

Das Tier wog 5,0 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm ca. 1 ccm Alkohol. Bald nach der Alkoholzufuhr winselte der Hund kurze Zeit¹⁾. Versuchsdauer 21 Stunden.

Der Harn enthielt: 0,028 ccm = 0,6 %; in der Atmung: 0,057 ccm = 1,1 % = Sa. 0,085 ccm Alkohol = 1,7 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 32,9 %, in der Atmung 67,1 %.

6. Versuch am 26./27. April 1910.

Das Tier wog 5,32 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 0,9 ccm Alkohol. Das Tier heulte kurze Zeit nach der Alkoholzufuhr (s. die untenstehende Anmerkung). Versuchsdauer 20 Stunden.

Der Harn enthielt: 0,046 ccm = 0,9 %; in der Atmung: 0,026 ccm = 0,5 % = Sa. 0,072 ccm Alkohol = 1,4 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 63,9 %, in der Atmung 36,1 %.

1) Es ist möglich, dass das Winseln und Heulen, das bei den Versuchen Nr. 2, 5, 6 und 10 beobachtet wurde, nicht auf die Alkoholwirkung zurückzuführen ist, sondern auf das Bestreben des Tieres, aus dem Respirationsapparat herauszukommen; denn bei früheren und späteren Versuchen verhielt sich der Hund ganz ruhig.

7. Versuch am 29./30. April 1910.

Das Tier wog 5,40 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 0,9 ccm Alkohol. Der Hund verhielt sich ruhig. Versuchsdauer 24 Stunden. Es wurden ausserhalb des Respirationsapparates nur Alkoholbestimmungen im Harn ausgeführt.

Der Harn enthielt: 0,032 ccm = 0,65 % Alkohol.

8. Versuch am 30. April bis 1. Mai 1910.

Der Hund wog 5,4 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 0,9 ccm Alkohol. Das Tier verhielt sich ruhig. Versuchsdauer 22 Stunden.

Der Harn enthielt: 0,019 ccm = 0,4 %; in der Atmung: 0,015 ccm = 0,3 % = Sa. 0,034 ccm Alkohol = 0,7 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 55,8 %, in der Atmung 44,2 %.

Ein

9. Versuch, der am 6./7. Mai 1910

angestellt wurde, konnte deshalb nicht durchgeführt werden, weil der Hund einige Stunden, nachdem er in den Respirationsapparat gebracht worden war, einen Teil des Futters erbrach. Das Tier wog 6,0 kg und hatte ebenfalls 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 0,8 ccm Alkohol erhalten.

10. Versuch am 12./13. Mai 1910.

Der Hund wog 6,60 kg und erhielt 4,92 ccm, resp. pro Körperkilogramm 0,7 ccm Alkohol; er winselte kurze Zeit nach der Alkoholzufuhr ein wenig. Versuchsdauer 22 Stunden.

Der Harn enthielt: 0,022 ccm = 0,45 %; in der Atmung: 0,020 ccm = 0,41 % = Sa. 0,042 ccm Alkohol = 0,86 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 52,4 %, in der Atmung 47,6 %.

11. Versuch am 13./14. Mai 1910.

Der Hund wog 6,50 kg und erhielt 4,92 ccm resp. pro Körperkilogramm 0,8 ccm Alkohol. Das Tier verhielt sich ruhig. Versuchsdauer 20 Stunden.

Der Harn enthielt: 0,021 ccm = 0,4 %; in der Atmung: 0,015 ccm = 0,3 % = Sa. 0,036 ccm = 0,7 %. In Prozenten der Gesamtausscheidung: im Harn 58,3 %, in der Atmung 41,7 %.

Die folgende Tabelle 7 (S. 109) bringt eine Übersicht über die Resultate dieser Reihe.

Tabelle 7.
Versuchsreihe an dem jungen Hund Nr. 2.

Nr. des Ver- suchs	Datum des Versuchs 1910	Ge- wicht des Tieres kg	Alkoholzufuhr in 9,84%iger Lösung		Es wurden ausgeschieden Alkohol						In Prozenten des insgesamt aus- geschiedenen Alkohols		Ver- suchs- dauer Stunden
			ccm	pro Kör- perkilo- gramm ccm	im Harn	in der Atmung nach Abzug der reduzierenden Stoffe		Summa		im Harn	in der Atmung		
						ccm	%o	ccm	%o				
												%o	
1	8./ 9. April	4,26	4,92	1,15	0,075	1,5	—	—	—	—	—	—	21
2	12./13. "	4,32	4,92	1,14	0,065	1,3	0,147	3,0	0,212	4,3	30,6	69,4	20
3	15./16. "	4,57	4,92	1,08	0,085	1,7	0,078	1,6	0,163	3,3	52,2	47,8	20
4	20./21. "	5,07	4,92	1,0	0,044	0,9	0,062	1,3	0,106	2,2	41,5	58,5	21
5	22./23. "	5,00	4,92	1,0	0,028	0,6	0,057	1,1	0,085	1,7	32,9	67,1	21
6	26./27. "	5,32	4,92	0,9	0,046	0,9	0,026	0,5	0,072	1,4	63,9	36,1	20
7	29./30. "	5,40	4,92	0,9	0,032	0,65	—	—	—	—	—	—	24
8	30. April bis 1. Mai	5,40	4,92	0,9	0,019	0,4	0,015	0,3	0,034	0,7	55,8	44,2	22
9	6./ 7. Mai	6,00	4,92	0,8	Der Versuch konnte nicht durchgeführt werden, weil der Hund einen Teil des Futters erbrach								
10	12./13. "	6,60	4,92	0,7	0,022	0,45	0,020	0,41	0,042	0,86	52,4	47,6	22
11	13./14. "	6,50	4,92	0,8	0,021	0,4	0,015	0,3	0,036	0,7	58,3	41,7	20

Aus dieser Versuchsreihe ergeben sich hinsichtlich des Einflusses der Gewöhnung auf die Alkoholausscheidung folgende Schlüsse:

Nach der Zufuhr von 0,7—1,15 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in 9,84%iger Lösung werden vom Hunde zunächst insgesamt rund 4% des aufgenommenen Alkohols ausgeschieden. Dieser Wert wird unter dem Einfluss der Gewöhnung kontinuierlich geringer bis nach ca. drei Wochen die unterste Grenze mit ca. $\frac{1}{6}$ der ursprünglich ausgeschiedenen Menge erreicht ist und durch weitere Gewöhnung nicht mehr unterschritten werden kann. Der von Hunden nach ca. dreiwöchentlicher Gewöhnung an die Aufnahme mässiger Alkoholmengen ausgeschiedene Alkohol beträgt unter 1% der Zufuhr. Die Verwertung des Alkohols durch den Organismus beträgt unter diesen Bedingungen also über 99%, ist also eine sehr hohe; dabei wurde der Alkohol in einer Dosis gegeben, während z. B. Atwater und Benedict (l. c.) in Versuchen an Menschen ungefähr gleiche Alkoholmengen in sechs Dosen über den Tag verteilt gereicht hatten.

Von der während der vorliegenden Versuchsreihe durch den Organismus des Hundes ausgeschiedenen Alkoholmenge verliessen am ersten Tage rund $\frac{2}{3}$ den Körper durch die Atmung, ca. $\frac{1}{3}$ durch den Harn, ebenso während des 5. Versuches. Während des 2. Versuches wurden nahezu gleiche Mengen in Harn und Atmung ausgeschieden, während des 4. Versuches eine etwas grössere Quantität durch die Atmung. Bei den späteren Versuchen wurden etwas grössere Alkoholmengen durch die Nieren sezerniert. Wir möchten noch besonders darauf hinweisen, dass sowohl in den Versuchen an dem alten Teckel Nr. 1 als auch an dem während dieser Reihe benutzten jungen Hund Nr. 2 die Gewichtszunahme im Verlauf der Versuche sehr beträchtlich war. Es scheint sich in der Hauptsache um einen starken Fettansatz zu handeln, der ja durch die Versuche Strassmann's¹⁾ und anderer bereits nachgewiesen ist.

C. Einfluss der aufgenommenen Flüssigkeitsmenge auf die Ausscheidung des Alkohols in Harn und Atmung.

Um die Bedeutung dieses Faktors zu erkennen, war es erforderlich, in zwei Versuchsreihen an demselben Tier gleiche

1) Fr. Strassmann, Untersuchungen über den Nährwert und die Ausscheidung des Alkohols. Pflüger's Arch. Bd. 49 S. 315. 1891.

Alkoholmengen zu geben, und zwar einmal in konzentrierterer und zweitens in stärker verdünnter wässriger Lösung.

Die Resultate der betreffenden beiden Versuchsreihen, welche an dem alten Teckel Nr. 1 durchgeführt wurden, sind unter

A. Versuchsreihe I, Tabelle 2, Seite 96 und

B. Versuchsreihe II, Tabelle 5, Seite 104

mitgeteilt worden.

Während der Versuchsreihe I erhielt der Teckel pro die 29,49 ccm Alkohol in 9,84%iger Lösung (pro Körperkilogramm 3,0—3,6 ccm Alkohol) kurz nach der Futteraufnahme. Das Volumen der mittels Schlundsonde in den Magen geführten alkoholischen Lösung betrug mit dem zum Ausspülen der Sonde benutzten Wasser ca. 320 ccm.

Während der zweiten Versuchsreihe wurde pro die die gleiche Alkoholmenge (pro Körperkilogramm 3,1—3,38 ccm Alkohol) in 50%iger Lösung, und zwar 29,74 ccm Alkohol in ca. 60 ccm Flüssigkeit unter das Futter gemischt, welches von dem Hund stets sofort restlos verzehrt wurde. Der Alkohol wurde also während dieser Versuchsreihe II etwa nur in $\frac{1}{5}$ des während der ersten Versuchsreihe verabreichten Flüssigkeitsvolums von dem Tier aufgenommen.

Der Vergleich der Tabellen 2 und 5 lässt ganz eklatant erkennen, wie sehr die vom Organismus ausgeschiedene Alkoholmenge in Abhängigkeit steht von dem aufgenommenen Flüssigkeitsvolumen. Nach Zufuhr des Alkohols in starker Verdünnung (29,49 ccm Alkohol in ca. 320 ccm Flüssigkeit) wurde in Versuchsreihe I die enorme Menge von 11,6 % der Zufuhr in den Ausscheidungen wiedergefunden, ein Wert, der unter dem Einfluss der Gewöhnung, wie oben bereits konstatiert, bis auf 8,3 %, also um rund 30 %, zurückgeht. Die infolge der grossen Flüssigkeitszufuhr einsetzende Diurese hat zur Folge, dass die Hauptmenge des Alkohols durch die Nieren zur Ausscheidung gelangt; nur am ersten Tage wurde wahrscheinlich infolge der sehr starken Alteration des Organismus nach erstmaliger sehr grosser Alkoholzufuhr und hierdurch bedingter forcierter Atmung etwas mehr Alkohol durch die Atmung ausgeschieden als mit dem Harn. Übrigens gelang es, wie oben mitgeteilt, bei diesem Versuch und bei den drei folgenden nicht, den Alkohol der Atmung von dem des Harnes vollständig zu

trennen; es besteht also die Möglichkeit, dass auch bereits am ersten Tage etwas mehr Alkohol durch die Nieren sezerniert wurde.

Die Versuchsreihe II, nur unterschieden durch die um ca. $\frac{4}{5}$ geringere Flüssigkeitsmenge (29,74 ccm Alkohol in ca. 60 ccm Flüssigkeit), ergab ganz andere Resultate.

Die starke Diurese, welche wie wir später sehen werden, schon während der ersten Stunden zur Abgabe der Hauptmenge des überhaupt durch die Nieren sezernierten Alkohols führt, fällt hier fort. Der Alkohol bleibt hier also längere Zeit in den Geweben und wird zu einem viel höheren Prozentsatz verwertet. Bereits am ersten Tage gelangen insgesamt nur 4 % zur Ausscheidung, also rund nur etwa die Hälfte der Quantität, welche nach Zufuhr der gleichen Alkoholmenge in ca. 320 ccm Flüssigkeit von dem an Alkohol in dieser Verdünnung gewöhnten Hund ausgeschieden wurde. Unter dem Einfluss der Gewöhnung sinkt dieser Wert auf 2,7 %, also um ein weiteres Drittel herab. Infolge der während der vorliegenden Versuchsreihe II viel geringeren Diurese (der Harn wurde stets erst nach Abschluss der Versuche entleert) gelangen mit einer einzigen Ausnahme (4. Versuch) grössere Quantitäten Alkohol durch die Atmung zur Ausscheidung als durch den Urin (im Mittel 2,1 mal so viel, also die doppelte Menge). —

Es war weiterhin von Interesse, zu untersuchen, welche Alkoholmengen von der in der Atmung überhaupt ausgeschiedenen Quantität innerhalb einzelner Zeitabschnitte an die ausgeatmete Luft abgegeben werden. Wir haben eine grössere Anzahl Versuche durchgeführt, auf die wir nunmehr eingehen. Die Trennung der einzelnen Fraktionen erfolgte dadurch, dass während der Versuche nach bestimmten Zeitabschnitten, die bei den einzelnen Versuchen mitgeteilt werden, die bis dahin zwischen Pumpe und Respirationsapparat angebrachte Glasröhre mit der Bichromatvorlage ausgeschaltet und durch eine mit einer frischen Lösung beschickte Röhre ersetzt wurde. Es gelang so, die gesamte innerhalb der Versuchszeit ausgeatmete Alkoholmenge in 3—4 Fraktionen zu bestimmen. Übrigens liegen diesbezügliche Untersuchungen vor, die von Bodländer¹⁾ und Strassmann (l. c.) an Menschen und an Hunden angestellt wurden. Beide Autoren gelangten auf Grund ihrer Versuchsergebnisse zu dem

1) G. Bodländer, Die Ausscheidung aufgenommenen Weingeistes aus dem Körper. Pflüger's Arch. Bd. 32 S. 398. 1883.

Schluss, dass die Alkoholausscheidung in der Atmung während der ersten Stunde nach der Alkoholzufuhr am stärksten ist, und dass dieselbe allmählich absinkt.

Unsere Versuche wurden an vier Hunden durchgeführt, und zwar an dem alten Teckel Nr. 1, an dem jungen Hund Nr. 2, an einem zweiten alten Teckel und an einer jungen Hündin desselben Wurfes wie Nr. 2.

An dem alten Teckel Nr. 1 wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt. Bei beiden Versuchen erhielt das Tier dieselbe Alkoholmenge, und zwar ca. 3 ccm pro Körperkilogramm. Dagegen wurde während der Versuchsreihe I der Alkohol in stark verdünnter Form, nämlich 9,84 %ig, bei der II. Versuchsreihe in konzentrierterer, nämlich in 50 %iger Lösung, verabreicht.

Der junge Hund Nr. 2 erhielt in einer Versuchsreihe III ca. 1 ccm Alkohol pro Körperkilogramm, und zwar in 9,84 %iger Lösung.

Über die Resultate bezüglich der Gesamtausscheidung an Alkohol in Harn und Atmung ist bereits ausführlich berichtet worden; hier sollen zunächst die analytischen Daten für die in einzelnen Fraktionen gewonnenen Alkoholmengen mitgeteilt und im Anschluss daran die Schlussfolgerungen gezogen werden.

I. Versuchsreihe an dem alten Teckel Nr. 1.

Die Zufuhr betrug ca. 3 ccm pro Körperkilogramm in 9,84 %iger Lösung.

Bei den drei ersten Versuchen gelangte Harn in den Apparat, und infolgedessen können die während der einzelnen Zeitabschnitte für den Alkohol der Atmung ermittelten Werte nicht einwandfrei sein. Bei den späteren Versuchen gelang die Trennung des Alkohols der Atmung von demjenigen des Urins vollständig.

1. Versuch am 18./19. April 1910.

Die Bichromatvorlagen wurden, und zwar 1. nach 8 $\frac{1}{4}$ Stunden, 2. nach weiteren 3 $\frac{1}{4}$ Stunden und 3. nach weiteren 9 $\frac{1}{2}$ Stunden ausgewechselt und auf Alkohol untersucht. Die Daten für die einzelnen Zeitabschnitte, in denen die verschiedenen Fraktionen während des 1. Versuches gewonnen wurden, enthält die folgende Tabelle, wie auch diejenigen für die Versuche 2 und 3. Die

bei alkoholfreiem Regime in der Atmung gefundenen reduzierenden Stoffe, und zwar eine 0,00266 ccm Alkohol pro Stunde entsprechende Menge haben wir bereits in Abzug gebracht. Das Resultat war folgendes:

Tabelle 8.

Für die Fraktion	Stunden	Direkt ermittelte Werte für den Alkoholgehalt der Atmung ccm	Pro Stunde nach Abzug der reduzierenden Stoffe Alkohol ccm
1. Versuch am 18./19. April 1910.			
1	0— $8\frac{1}{4}$	0,900	0,106
2	$8\frac{1}{4}$ — $11\frac{1}{2}$	0,331	0,099
3	$11\frac{1}{2}$ —21	0,687	0,069
2. Versuch am 21./22. April 1910.			
1	0— $6\frac{1}{2}$	0,716	0,105
2	$6\frac{1}{2}$ —14	0,756	0,098
3	14—71	0,398	0,054
3. Versuch am 23./24. April 1910.			
1	0—4	0,366	0,089
2	4—8	0,328	0,079
3	8—12	0,305	0,073
4	12—19	0,310	0,041
5	19—22	0,073	0,021

Im Hinblick auf die Tatsache, dass uns die Trennung des Alkohols der Atmung vom Alkohol des Urins nicht vollständig gelang, ziehen wir aus den eben mitgeteilten analytischen Daten keine Schlüsse.

Tabelle 9.

Fraktion	Stunden	Direkt ermittelte Werte Summa ccm Alkohol	Nach Subtraktion der reduzierenden Stoffe pro Stunde ccm Alkohol	In Prozenten der in d. Atmung insgesamt ausgeschiedenen Alkoholmenge pro Stunde
----------	---------	---	--	---

4. Versuch am 25./26. April 1910.

1	0—4	0,245	0,058	6,4
2	4—8	0,305	0,073	8,0
3	8—21	0,367	0,025	2,7

Durch Evacuieren des Apparates

gesondert erhalten 0,051 = 5,6 %.

Sa.: 0,968

Nach Abzug der reduz. Stoffe Sa.: 0,912

Fraktion	Stunden	Direkt ermittelte Werte Summa ccm Alkohol	Nach Sub- traktion der reduzierenden Stoffe ccm Alkohol	In Prozenten der in der Atmung ins- gesamt aus- geschiedenen Alko- holmenge pro Stunde
----------	---------	---	---	--

5. Versuch am 27./28. April 1910.

1	0—3	0,142	0,044	4,3
2	3—7 ³ / ₄	0,392	0,080	7,8
3	7 ³ / ₄ —21 ¹ / ₂	0,555	0,037	3,6 ¹⁾

Sa. 1,089

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 1,032

II. Versuchsreihe an demselben alten Teckel Nr. 1.

Das Tier erhält die gleiche Alkoholmenge (ca. 3 ccm pro Körperkilogramm), jedoch in konzentrierter Form (ca. 50 % ig).

Fraktion	Stunden	Direkt ermittelte Werte Summa ccm Alkohol	Nach Sub- traktion der reduzierenden Stoffe ccm Alkohol	In Prozenten der in der Atmung ins- gesamt aus- geschiedenen Alko- holmenge pro Stunde
----------	---------	---	---	--

1. Versuch am 2./3. Mai 1910.

1	0—3	0,142	0,044	4,3
2	3—10 ¹ / ₄	0,562	0,075	7,3
3	10 ¹ / ₄ —20 ¹ / ₂	0,348	0,031	3,0
4	20 ¹ / ₂ —22 ¹ / ₂	0,014	0,004	0,4

Im Apparat zurückgeblieben . . 0,024 = 2,3 %

Sa. 1,090

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 1,031

2. Versuch am 4./5. Mai 1910.

1	0—3	0,131	6,041	4,9
2	3—10 ¹ / ₄	0,472	0,062	7,4
5	10 ¹ / ₄ —23 ³ / ₄	0,285	0,018	2,2

Im Apparat zurückgeblieben . . 0,014 = 1,7 %

Sa. 0,902

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 0,839

3. Versuch am 10./11. Mai 1910.

1	0—4	0,094	0,021	3,2
2	4—9 ¹ / ₂	0,293	0,050	7,6
3	9 ¹ / ₂ —22 ¹ / ₄	6,315	0,022	3,4
4	22 ¹ / ₄ —23 ³ / ₄	0,005	0,0	0,0

Im Apparat zurückgeblieben . . 0,012 = 1,8 %

Sa. 0,719

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 0,656

1) In der dritten Fraktion wurden die geringen im Apparat verbliebenen Alkoholmengen mitbestimmt.

Fraktion	Stunden	Direkt ermittelte Summa ccm Alkohol	Nach Subtrak- tion der redu- zierenden Stoffe pro Stunde ccm Alkohol	In Prozenten der in der Atmung ins- gesamt ausgeschie- denen Alkoholmenge pro Stunde
----------	---------	--	--	--

4. Versuch am 18./19. Mai 1910.

1	0—4	0,095	0,021	5,0
2	4—10	0,198	0,030	7,2
3	10—23	0,184	0,011	2,6 ¹⁾
		Sa. 0,477		

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 0,416

5. Versuch am 20./21. Mai 1910.

1	0—4	0,118	0,027	5,6
2	4—10	0,278	0,043	8,8
3	10—23 ^{1/4}	0,152	0,008	1,6 ¹⁾
		Sa. 0,548		

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 0,486

6. Versuch am 22./23. Mai 1910.

1	0—4	0,116	0,026	4,1
2	4—7	0,167	0,053	8,4
3	7—23	0,412	0,023	3,6 ¹⁾
		Sa. 0,695		

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 0,634

7. Versuch am 24./25. Mai 1910.

1	0—4	0,127	0,029	4,6
2	4—10	0,306	0,048	7,6
3	10—24	0,264	0,016	2,5 ¹⁾
		Sa. 0,697		

Nach Abzug der reduzierenden

Stoffe Sa. 0,633

Überblicken wir die Resultate der einzelnen Versuche beider Reihen, so gelangen wir zu dem Schluss, dass trotz der Zufuhr sehr verschieden grosser Wassermengen mit der gleichen Alkoholquantität (in Reihe I ca. 320 ccm, in Reihe II ca. 60 ccm) bezüglich der pro Stunde während der verschiedenen Zeitabschnitte durch die Atmung ausgeschiedenen Alkoholmengen wesentliche Unterschiede nicht bestehen. Es können daher bei der Zusammenstellung der Daten zwecks Bestimmung der Mittelwerte in der nächsten Tabelle 10 sämtliche in Betracht kommenden Versuchsergebnisse beider Reihen benutzt werden.

1) In der dritten Fraktion wurden die geringen im Apparat zurückgebliebenen Alkoholmengen mitbestimmt.

Tabelle 10.

Übersicht über die nach der Zufuhr von ca. 3 ccm Alkohol pro Körperkilogramm während einzelner Zeitabschnitte durch die Atmung pro Stunde ausgeschiedenen Alkoholmengen in Prozenten des durch die Atmung insgesamt ausgeschiedenen Alkohols.

Reihe	Versuch	1. Abschnitt		2. Abschnitt		3. Abschnitt		4. Abschnitt	
		Dauer	Alkohol pro Stunde	Dauer	Alkohol pro Stunde	Dauer	Alkohol pro Stunde	Dauer	Alkohol pro Stunde
		Stund.	%	Stund.	%	Stund.	%	Stund.	%
I (9,84%ige alkoholische Lösung)	4	4	6,4	4	8,0	13	2,7	—	—
	5	3	4,3	4 ³ / ₄	7,8	13 ³ / ₄	3,6	—	—
II (50%ige al- koholische Lösung)	1	3	4,3	7 ¹ / ₄	7,3	10 ¹ / ₄	3,0	2	0,4
	2	3	4,9	7 ¹ / ₄	7,4	13 ¹ / ₂	2,2	—	—
	3	4	3,2	5 ¹ / ₂	7,6	12 ³ / ₄	3,4	1 ¹ / ₂	0,0
	4	4	5,0	6	7,2	13	2,6	—	—
	5	4	5,6	6	8,8	13 ¹ / ₄	1,6	—	—
	6	4	4,1	3	8,4	16	3,6	—	—
Mittelwerte		3 ³ / ₄	4,7	5 ¹ / ₂	7,8	13	2,8	—	—

Es ist auffallend, dass während des zweiten im Mittel 5¹/₂-stündigen Zeitabschnittes, also 3³/₄—9¹/₄ Stunden nach der Zufuhr, viel grössere Alkoholmengen (im Mittel 7,8 % pro Stunde) durch die Atmung ausgeschieden werden, als während der ersten 3 bis 4 Stunden (4,7 %). Geringe Alkoholmengen bleiben allerdings nach Abschluss der Versuche im Respirationsapparat zurück; wir haben diese Quantitäten in einigen Versuchen (Reihe I Versuch 4, Reihe II Versuch 1, 2 und 3) gesondert bestimmt; wenn wir diese kleinen Alkoholmengen aber auch der ersten Fraktion zurechnen, wozu wir nicht berechtigt wären, würden sich doch bei weitem nicht so hohe Werte für den pro Stunde während des ersten Zeitabschnittes durch die Atmung ausgeschiedenen Alkohol ergeben, wie wir sie für den zweiten Zeitabschnitt von durchschnittlich sechsständiger Dauer pro Stunde gefunden haben. Allerdings konnte doch noch folgendes in Frage kommen: Nach 22—24 Stunden waren, wie durch besondere Versuche nachgewiesen wurde, die in dem Respirationsapparat zurückgebliebenen Alkoholmengen minimal, weil eben mehrere Stunden, nachdem kein Alkohol mehr, oder doch nur minimale Mengen ausgeatmet waren, der Apparat fortwährend mit Luft durchspült worden war, welche die zu Beginn noch vorhandenen Alkoholmengen längst in die Bichromatvorlagen hinübergerissen hatte; dagegen war es in

Anbetracht der Grösse des Apparates wohl möglich, dass die nach dem ersten Zeitabschnitt, also nach $3\frac{3}{4}$ Stunden vom Tier bereits ausgeschiedenen Alkoholmengen noch nicht vollständig in die Vorlagen übergegangen, sondern zum Teil in dem anfangs auch noch kälteren Apparat zurückgeblieben sein konnten. Verhielte sich die Sache so, dann wäre die während des zweiten $5\frac{1}{2}$ stündigen Zeitabschnittes gefundene vermehrte Alkoholabgabe durch die Atmung eine nur scheinbare gewesen, bedingt durch die zu Beginn der zweiten Fraktion im Respirationsapparat noch vorhandenen Alkoholmengen, die zu der ersten Fraktion gehörten. Die für die einzelnen Versuchstage in der Atmung insgesamt gefundenen Alkoholmengen könnten natürlich infolge der vorstehenden Erwägungen in keiner Weise verändert werden; die betreffenden analytischen Daten sind einwandfrei. Um aber zu prüfen, ob in der Tat der höhere Wert für den Alkoholgehalt der zweiten Fraktion auf eine in dem Apparat verbliebene Alkoholmenge der ersten Fraktion zurückzuführen ist, stellten wir besondere Versuche an, in denen die bei der ersten Versuchsanstellung mögliche Fehlerquelle vermieden wurde. Zu dem Zweck wurde den Hunden nach der Verabreichung von Alkohol ein Glaszylinder mit Gummihäube über den Kopf gestreift; die Gummihäube umschloss einerseits fest den Zylinder und legte sich auf der anderen Seite genügend dicht an den Hals des Tieres an. Einige kleine Öffnungen der Gummihäube, durch die Glasröhren gesteckt wurden, ermöglichten allein den Eintritt der Luft in den Zylinder. An der vorderen Seite des Zylinders, unmittelbar vor der Nase des Hundes, war ein Glasrohr luftdicht eingesetzt worden, durch das die ausgeatmete Luft mittels Saugpumpen durch die Bichromatschwefelsäurevorlagen gesaugt wurde. Eine an Stelle des Glaszylinders eigens konstruierte Blechhaube bewährte sich ebenfalls für den Zweck. Auf diese Weise war es uns möglich, die von den in Ruhelage fixierten Hunden ausgeatmeten Alkoholmengen nach beliebigen Zeitabschnitten leicht getrennt zu bestimmen, und zwar einfach durch Auswechselung der Vorlagen. Eine Hautatmung kommt beim Hunde so gut wie gar nicht in Frage und konnte dieselbe daher unberücksichtigt bleiben. Da den Tieren die Atmung durch den ziemlich engen Zylinder bzw. durch die Blechhaube auf die Dauer erschwert wurde, haben wir die einzelnen Versuche im allgemeinen nur 5—10 Stunden ausgedehnt; in zwei Fällen wurden die Versuche $23\frac{1}{2}$ Stunden durchgeführt. Die Fraktionen wurden bis zu Beginn der sechsten Stunde

nach je 1 bzw. 2 Stunden, später nach längerer Zeit, entnommen und gesondert auf Alkohol untersucht. Es wurden insgesamt sechs Versuche, und zwar vier an einem alten männlichen Teckel und zwei an einer jungen Hündin, durchgeführt. Die Tiere erhielten pro Körperkilogramm ca. 3,3—4,5 ccm Alkohol in ca. 50 %iger Lösung; es handelte sich also um toxische Dosen. Die Atemfrequenz war zum Teil ausserordentlich erhöht und unregelmässig. Übrigens sind die für die einzelnen Stunden eingetragenen Werte für die Atemfrequenz keine genauen Mittelwerte für die betreffenden Zeitabschnitte, sondern in der Weise gefunden, dass während der betreffenden Stunde ein- bis viermal die Zahl der Atemzüge pro Minute gezählt wurde.

Die Versuchsergebnisse an den beiden Hunden waren folgende:

Alkoholzufuhr: I. Der männliche Hund erhält insgesamt 35,79 ccm (ca. 50%), resp. pro Körperkilogramm 3,25 ccm; II. die Hündin erhält insgesamt 23,20 ccm (ca. 50%), resp. pro Körperkilogramm 4,46 ccm.

I. Männlicher Hund								II. Hündin				
Versuch Nr. 1 ¹⁾	2 ¹⁾		3 ¹⁾		4 ¹⁾		5 ¹⁾		6 ¹⁾			
7. Okt. 1910	11. Okt. 1910		21. Okt. 1910		24./25. Okt. 1910		14./15. Okt. 1910		17. Okt. 1910			
Alkohol in der Atmung												
Stunde	ccm	% der Zu- fuhr	ccm	% der Zu- fuhr	ccm	% der Zu- fuhr	ccm	% der Zu- fuhr	ccm	% der Zu- fuhr	ccm	% der Zu- fuhr
1.	0,142	0,40	0,100	0,28	0,162	0,45	0,159	0,44	0,168	0,72	0,166	0,72
2.	0,177	0,50	0,197	0,55	0,230	0,64	0,203	0,57	0,197	0,85	0,191	0,82
3.	0,177	0,50	0,217	0,61	0,254	0,71	0,392	1,10	0,214	0,92	0,202	0,87
4.	0,138	0,39	0,140	0,39	0,235	0,66	0,369	1,00	0,214	0,92	0,170	0,73
5.	0,138	0,39	0,140	0,39	0,213	0,60	0,339	0,95	0,110	0,47	0,142	0,61
6.	0,128	0,36	—	—	—	—	0,162	0,45	0,110	0,47	0,094	0,40
7.	0,128	0,36	—	—	—	—	0,162	0,45	0,110	0,47	0,094	0,41
8.	0,128	0,36	—	—	—	—	0,162	0,45	0,047	0,20	0,094	0,40
9.	0,128	0,36	—	—	—	—	0,162	0,45	0,047	0,20	0,039	0,17
10.	0,128	0,36	—	—	—	—	0,162	0,45	0,047	0,20	0,039	0,17
11.-23.	—	—	—	—	—	—	0,050	0,14	0,008	0,034	—	—
23.-24.	—	—	—	—	—	—	—	—	0,001	0,034	—	—
Sa.	1,412	4,0	0,794	2,2	1,094	3,1	2,922	8,2	1,368	5,9	1,231	5,3

1) Die Atemfrequenz betrug bei den einzelnen Versuchen:

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
in der 1. Stunde	150	28	42	45	104	100
" " 2. "	120	120	29	144	120	100
" " 3. "	120	160	27	170	116	120
" " 4. "	100	120	38	186	70	100
" " 5. "	—	—	120	190	60	—

Bei dem vierten Versuch wurden aussergewöhnlich hohe Werte für den Alkoholgehalt der Atmung gefunden. Das Tier war während dieses Versuches besonders stark alteriert, sehr unruhig und atmete sehr forciert.

Setzen wir nun die während der ersten Stunde bei den einzelnen Versuchen ausgeschiedenen Alkoholmengen gleich 100, so ergeben sich für die späteren Stunden folgende Werte:

Stunde	Versuch						Also im Mittel der sechs Versuche
	1	2	3	4	5	6	
1.	100	100	100	100	100	100	100
2.	125	197	142	128	117	115	137
3.	125	217	157	247	127	122	166
4.	97	140	145	233	127	103	141
5.	97	140	131	213	65	86	122
6.	90	—	—	102	65	57	78

Aus den obigen Daten ergibt sich folgendes:

Die maximalen Alkoholmengen werden also unter den gewählten Bedingungen während der dritten Stunde ausgeatmet; im Vergleich zur ersten Stunde war der betr. Wert um rund zwei Drittel höher. Die in der zweiten und vierten Stunde ausgeatmete Alkoholquantität ist annähernd gleich und um ein Drittel höher als in der ersten Stunde. In der fünften Stunde ergibt der Mittelwert noch eine um ein Fünftel höhere Alkoholmenge gegenüber der ersten Stunde. Von der sechsten Stunde ab wird der Alkoholgehalt der ausgeatmeten Luft im Vergleich zur ersten Stunde erheblich geringer und sinkt dann weiter ab.

Die Tatsache, dass verhältnismässig spät, nämlich erst während der dritten Stunde, die maximalen Alkoholmengen ausgeatmet werden, kann wohl darauf zurückgeführt werden, dass kurz nach der Einführung des Alkohols in den Magen die Resorption noch nicht vollständig erfolgt ist; ausserdem dürfte der Alkohol zunächst zu einem höheren Prozentsatz durch die Lipoiden des Organismus festgelegt werden, als später.

Wir beabsichtigen, weitere Versuche anzustellen, um u. a. auch die Frage zu entscheiden, ob die durch die Atmung innerhalb bestimmter Zeitabschnitte ausgeschiedenen Alkoholmengen beim hungernden Tier dasselbe Verhältnis zu einander aufweisen, wie wir es bei normal ernährten Tieren gefunden haben, und ob insbesondere auch die ausgeschiedenen Alkoholmengen die gleichen sind.

Versuchsreihe an dem jungen Hund Nr. 2.

Wir versuchten an zwei Tagen den Alkohol der Atmung in je zwei Fraktionen zu bestimmen. In Anbetracht der geringen Alkoholzufuhr bei dem jungen Hund und der Tatsache, dass nur ca. 1 % der aufgenommenen Alkoholmenge in der Atmung zu erwarten war, stossen solche Versuche natürlich auf grosse Schwierigkeiten. Immerhin haben wir bei beiden Versuchen befriedigende Übereinstimmung erzielt.

Das Tier erhielt an den beiden Versuchstagen die gleichen Alkoholmengen nach der Fütterung, und zwar ca. 1 ccm pro Körperkilogramm in 9,84 %iger Lösung.

Tabelle 13.

Fraktion	Stunden	In der Atmung direkt ermittelter Wert ccm	Pro Stunde durch die Atmung ausge- schiedene Alkohol- mengen nach Sub- traktion der redu- zierenden Stoffe ccm	In Prozenten der in der Atmung insgesamt ausgeschiedenen Alkoholmengen pro Stunde
----------	---------	--	--	--

1. Versuch am 20./21. April 1910.

1	0—8	0,075	0,007	11,3
2	8—21	0,043	0,0006	0,9
		Sa. 0,118		
Nach Abzug der reduzie- renden Stoffe		Sa. 0,062		

2. Versuch am 22./23. April 1910.

1	0—8	0,068	0,0058	10,2
2	8—21	0,045	0,00077	1,35
		Sa. 0,113		
Nach Abzug der reduzie- renden Stoffe		Sa. 0,057		

Wir ersehen aus diesen Versuchen, dass innerhalb der ersten acht Stunden nach der Alkoholzufuhr von ca. 1 ccm pro Körperkilogramm in 9,84 %iger Lösung bereits rund 80—90 % der überhaupt durch die Atmung ausgeschiedenen Menge ausgeatmet werden. —

Gewinnung des durch die Nieren sezernierten Alkohols in zwei Fraktionen.

Um zu erfahren, welche Alkoholmengen ca. 1½—2 Stunden nach der Zufuhr durch die Nieren sezerniert werden, haben wir in drei Versuchen an dem alten Teckel Nr. 1 nach Alkoholgaben von ca. 3 ccm pro Körperkilogramm in 9,84 %iger Lösung den Tagesharn in je zwei Fraktionen gewonnen, und es sind diese Fraktionen gesondert auf Alkohol untersucht worden.

1. Versuch am 25./26. April 1910.

Das 8,97 kg schwere Tier erhielt 29,49 ccm Alkohol in 9,84%iger Lösung. Die erste bereits 1½ Stunden nach der Alkoholzufuhr entleerte Harnmenge enthielt 1,00 ccm Alkohol = 3,4% der Zufuhr. Die zweite Harnfraktion wurde innerhalb der übrigen 19½ Stunden dieses Versuchstages gesammelt und enthielt 0,720 ccm Alkohol = 2,43% der Zufuhr.

Es wurden also bereits 1½ Stunden nach der Alkoholzufuhr 58,2% der gesamten im Harn ausgeschiedenen Alkoholmenge durch die Nieren sezerniert; also insgesamt gelangten ausser diesem 1,00 ccm Alkohol nur noch 0,720 ccm = 41,8% zur Ausscheidung.

2. Versuch am 28./29. April 1910.

Der Harn wurde in zwei Fraktionen und zwar 2 Stunden und 23 Stunden nach der Alkoholzufuhr gewonnen und analysiert.

Fraktion	Stunden	Alkohol im Harn ccm	Prozent der Zufuhr
1	0—2	1,38	4,68
2	2—23	0,191	0,65

In Prozenten der Gesamtausscheidung: in der 1. Fraktion 87,9%, in der 2. Fraktion 12,1%.

3. Versuch am 27./28. Mai 1910.

Der Urin wurde in zwei Fraktionen, und zwar nach 2 Stunden und nach 21½ Stunden gewonnen und analysiert.

Fraktion	Stunden	Alkohol im Harn ccm	Prozent der Zufuhr
1	0—2	1,34	4,54
2	2—21½	0,39	1,32

In Prozenten der Gesamtausscheidung: in der 1. Fraktion 77,4%, in der 2. Fraktion 22,6%.

Aus diesen drei Versuchen ergibt sich das Resultat, das bereits innerhalb der ersten 1½—2 Stunden nach der Aufnahme von ca. 3 ccm Alkohol pro Körperkilogramm die Hauptmenge des überhaupt durch die Nieren sezernierten Alkohols im Urin zur Ausscheidung gelangt. —

Alkoholausscheidung im Harn des Menschen.

Wir haben schliesslich an den Herren Dr. med. H. Gerhartz, Dr. med. R. Förster und dem einen von uns (Baudrexel) in je einem Versuch nach der Aufnahme von 0,8—1 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in einer Dosis die im Harn insgesamt zur Ausscheidung gelangende Alkoholmenge bestimmt.

Es ergaben sich folgende Resultate:

1. Versuch an Dr. med. H. Gerhartz am 20./21. April 1910.

Dr. Gerhartz ist 30 Jahre alt, gesund, mit gut ausgebildeter Muskulatur, 80 kg schwer, an mässigen Alkoholgenuss gewöhnt.

Am Montag, den 18. April, hatte Gerhartz ein Glas Bier getrunken, am Dienstag, den 19. April, keinen Alkohol genossen, auch nicht am 20. April bis zum Beginn der Versuchs um 8³/₄ Uhr abends; um diese Zeit trank Gerhartz innerhalb 10 Minuten 75,67 ccm Alkohol in ca. 50 % iger Lösung. Ca. ¹/₂ Stunde vorher hatte Dr. Gerhartz seine Abendmahlzeit zu sich genommen und war auf dem Sofa sitzen geblieben; er stand auch während der nächsten 1³/₄ Stunden nicht auf, um eine Erhöhung der Pulszahl durch willkürliche Muskelbewegungen auszuschliessen. Der eine von uns bestimmte jede Viertelstunde die Pulszahl und notierte sonstige Beobachtungen. Es wurde folgendes im Protokoll vermerkt:

Zeit:	Pulszahl:
9 h 3'	63
9 h 18'	61 (sehr kräftiger Puls),
9 h 33'	65 (leichter Rausch, starke Transpiration),
9 h 48'	61 (schwache Transpiration),
10 h 3'	63 (Transpiration normal, subjektiv der leichte Rausch im Abklingen),
10 h 18'	62 (ein leichter Rauschzustand macht sich wieder bemerkbar),
10 h 33'	62
10 h 48'	62 (das subjektive Befinden ist wieder normal).

Die Abweichungen bezüglich der Pulszahl sind so gering, dass man nur folgern kann: Dr. Gerhartz ist durch die immerhin ziemlich starke Alkoholdosis nur wenig alteriert worden. Die erste Harnentleerung erfolgte um 11 h 16' abends, also 2¹/₂ Stunden nach der Alkoholaufnahme. Die zweite Harnentleerung fand um 2 h nachts, die dritte um 8 h morgens statt, die vierte um 10 h 10', die fünfte

um 2^h 15', die sechste um 5^h 10', die siebente um 6^h 15' und die achte um 7^h 30'. Der Harn wurde stets in eine Glasflasche direkt entleert, die etwas Salzsäure enthielt und regelmässig wieder gut verkorkt wurde, ebenso wie in den analogen Versuchen an den beiden anderen Herren. Der gesamte Harn wurde bereits am nächsten Tage zweimal destilliert und der Alkohol im zweiten Destillat nach Nieloux bestimmt. Wir fanden 0,199 ccm Alkohol entsprechend 0,26 % der Zufuhr. Dieser Wert stimmt befriedigend mit dem von Atwater und Benedict (l.c.) gefundenen Mittelwert überein. Die amerikanischen Forscher hatten ungefähr die gleiche Alkoholmenge, allerdings in sechs Dosen über den Tag verteilt, an ihre Versuchspersonen verabreicht.

2. Versuch an Dr. med. Förster am 23./24. April 1910.

Dr. Förster ist 32 Jahre alt, ca. 60 kg schwer, gesund, von grazilem Körperbau und an regelmässigen Alkoholgenuss nicht gewöhnt.

Längere Zeit vor dem Versuch hatte Dr. Förster keinen Alkohol aufgenommen. Am 23. April 12^{3/4}^h mittags trank Dr. Förster 63,05 ccm ca. 50 %igen Alkohol in einer Dosis und bestimmte nach verschiedenen Zeitabschnitten seine Pulsfrequenz, die sehr abweichende Zahlen ergab, und aus denen keine Schlüsse zu ziehen sind; weil dieselben zum Teil durch willkürliche Muskelbewegungen bei der Laboratoriumstätigkeit mit bedingt waren. In dem innerhalb 24 Stunden nach dem Alkoholgenuss gesammelten Harn wurden 0,720 ccm Alkohol resp. 1,14 % wiedergefunden; diese Menge ist etwa viermal so gross, als die bei Dr. Gerhartz ermittelte. Zum Teil mögen die Differenzen durch die Individualität bedingt sein; in der Hauptsache dürfte jedoch die stärkere diuretische Wirkung des Alkohols bei Dr. Förster, der längere Zeit vor dem Versuch keinen Alkohol genossen hatte, zu der vermehrten Alkoholausscheidung im Harn geführt haben. Ausserdem dürfte auch die Tageszeit und der Füllungszustand des Magendarmkanals von Einfluss auf die im Harn zur Ausscheidung gelangende Alkoholmenge sein. Im äusseren Verhalten Dr. Försters wurden Störungen nicht bemerkt.

3. Versuch an Dr. phil. Baudrexel am 19./20. April 1910.

Baudrexel ist 27 Jahre alt, 67 kg schwer, er ist gesund und besitzt gut entwickelte Muskulatur; er ist an mässigen Alkoholgenuss gewöhnt. Einen Tag vor dem Versuch wurde kein Alkohol genossen. Am 19. April 12^{3/4}^h trank Baudrexel während des Mittagessens

allmählich 55,20 ccm Alkohol in 20%iger Lösung; er fand folgende Zahlen für seine Pulsfrequenz:

				Zeit:	Pulszahl:
Pulsfrequenz vor der Alkoholaufnahme:				12 $\frac{1}{2}$ h	76
"	nach	"	"	1 h	96
"	"	"	"	2 h	96
"	"	"	"	2 $\frac{1}{2}$ h	96
"	"	"	"	3 h	94
"	"	"	"	10 h	86

Bei Dr. Baudrexel wirkte die Alkoholdosis stark berauschend, er empfand beispielsweise um 1^h Schwindel, immerhin konnte er seine Tätigkeit im Laboratorium fortsetzen, wenngleich seine Geschicklichkeit etwas beeinträchtigt erschien (er zerbrach einige Gläser). Offenbar wurde er stärker durch die Alkoholdosis alteriert als die beiden anderen Herren, das geht z. B. auch aus der Steigerung der Pulsfrequenz hervor, die allerdings zum Teil durch die Nahrungszufuhr und willkürliche Muskelbewegungen bedingt war.

In dem innerhalb 24 Stunden nach der Alkoholzufuhr durch sechsmaliges Urinieren gewonnenen Harn wurden 0,128 ccm Alkohol resp. 0,23 % der Zufuhr wiedergefunden, ein Wert, der mit dem von den amerikanischen Forschern (l. c.) angegebenen Mittelwert und dem an Dr. Gerhartz gefundenen befriedigend übereinstimmt. Wir beabsichtigen den Einfluss verschiedener Faktoren auf die vom menschlichen Organismus im Harn zur Ausscheidung gelangenden Alkoholmengen in besonderen Versuchen eingehender zu studieren.

Tabellarische Übersichten.

Schliesslich haben wir noch die Resultate der Versuche an den Hunden Nr. I und Nr. II tabellarisch und in Kurven übersichtlich zusammengestellt. Die Tabelle 14 enthält die diesbezüglichen Daten für den älteren Teckel Nr. I, Tabelle 15 diejenigen für den jungen Hund Nr. II, aus Tabelle 16 ist die Menge der reduzierenden Stoffe ersichtlich, die bei alkoholfreiem Regime durch die Atmung abgegeben werden. Die erste Kurventafel auf Seite 129 mit den Kurven Nr. I und Nr. II lässt den Einfluss der Gewöhnung und des Flüssigkeitsvolumens auf die Ausscheidung des Alkohols in Harn und Atmung nach der Zufuhr von ca. 3 ccm pro Körperkilogramm bei dem alten Teckel Nr. I erkennen. Die Kurve III bezieht sich auf die Versuche mit dem jungen Hund Nr. II, der ca. 1 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in 9,84% iger Lösung erhielt.

Tabelle 14.
Versuche an einem älteren Teckel Nr. I.

Nr.	Datum 1910	Gewicht des Tieres kg	Alkoholzufuhr		Alkoholausscheidung			Reduz. Sub- stanzen entspr. Alkohol ccm	In d. Atmung Al- kohol nach Abzug d. red. Substanzen		Gesamt- ausscheidung an Alkohol		Ver- suchs- dauer Stunden
			insgesamt	pro Kör- per kilo- gramm ccm	im Harn		in der Atmung Alkohol ccm		ccm	% der Zufuhr	ccm	% der Zufuhr	
					ccm	% der Zufuhr							
1	11./12. April	8,20	29,49	3,60	0,494 ¹⁾	1,67	2,988	0,061	2,927	9,9	3,421	11,6	23
2	13./14. "	8,10	29,25	3,62	1,650	5,64	—	—	—	—	—	—	23
3	14./15. "	7,90	0	0	0	—	0,061	0,061	—	—	—	—	24
4	18./19. "	8,15	29,49	3,62	1,150 ¹⁾	3,90	1,918	0,056	1,862	6,3	3,012	10,2	21
5	19./20. "	8,20	29,29	3,58	1,190	4,06	—	—	—	—	—	—	22
6	21./22. "	8,65	29,49	3,41	0,700 ¹⁾	2,37	1,870	0,056	1,814	6,1	2,514	8,5	21
7	22./23. "	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	23./24. "	8,85	29,49	3,33	1,110 ¹⁾	3,77	1,383	0,058	1,325	4,5	2,435	8,3	22
—	24./25. "	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	25./26. "	8,97	29,49	3,29	1,720	5,83	0,968	0,056	0,912	3,1	2,632	8,9	21
—	26./27. "	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	27./28. "	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	28./29. "	8,90	29,49	3,31	1,571	5,32	—	—	—	—	—	—	23
1	2./3. Mai	8,75	29,74	3,37	0,161	0,54	1,091	0,060	1,031	3,5	1,192	4,0	22 ^{1/2}
2	4./5. "	9,00	29,74	3,30	0,324	1,09	0,902	0,063	0,839	2,8	1,163	3,9	23 ^{3/4}
3	10./11. "	9,80	29,74	3,04	0,455	1,54	0,719	0,063	0,656	2,2	1,111	3,7	23 ^{3/4}
4	18./19. "	10,10	29,74	2,93	0,456	1,54	0,477	0,061	0,416	1,4	0,872	2,9	23
5	20./21. "	10,20	29,74	2,92	0,405	1,36	0,548	0,062	0,486	1,6	0,891	3,0	23 ^{1/4}
6	22./23. "	9,90	29,74	3,00	0,188	0,63	0,695	0,061	0,634	2,1	0,822	2,8	23
7	24./25. "	9,55	29,74	3,10	0,204	0,69	0,697	0,064	0,633	2,1	0,837	2,8	24
10	27./28. "	9,80	29,49	3,01	1,730	5,86	1,089	0,057	1,032	3,5	2,762	9,4	21 ^{1/2}

1) Die Harttrennung war nicht quantitativ.

Tabelle 15.

Versuche an einem 6-7 Monate alten Teckel Nr. II. (Der Alkohol wurde stets nach der Futteraufnahme in einer Dosis verabreicht.)

Nr. des Versuchs	Datum 1910	Gewicht des Tieres kg	Alkoholzufuhr (9,84 % resp. 9,83 %)		Alkoholausscheidung			Reduz. Substanzen entspr. Alkohol ccm	Atemungsalkohol nach Subtraktion der reduzierenden Stoffe		Gesamtalkohol		Versuchsdauer Stunden
			insgesamt ccm	pro Körpergewicht per kilogr. ccm	im Harn	in der Atmung	ccm		ccm	% der Zufuhr	ccm	% der Zufuhr	
1	8/9 April	4,26	4,92	1,15	0,075 ¹⁾	1,52	—	—	—	—	—	—	21
2	12/13. "	4,32	4,92	1,14	0,065 ¹⁾	1,32	0,200	0,053	0,147	3,09	0,212	4,31	20
3	15/16. "	4,57	4,92	1,08	0,085 ¹⁾	1,73	0,131	0,053	0,078	1,57	0,163	3,31	20
—	18/19. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	19/20. "	4,90	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	20/21. "	5,07	4,92	0,97	0,044	0,90	0,118	0,056	0,082	1,26	0,106	2,16	21
5	21/22. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	22/23. "	5,00	4,92	0,98	0,028	0,57	0,113	0,056	0,057	1,16	0,085	1,73	21
—	23/24. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	24/25. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	25/26. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	26/27. "	5,32	4,92	0,93	0,046	0,94	0,079	0,053	0,026	0,53	0,072	1,46	20
—	27/28. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	28/29. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	29/30. "	5,40	4,92	0,91	0,032	0,65	—	—	—	—	—	—	24
8	30. April bis 1. Mai	5,40	4,92	0,91	0,019	0,39	0,073	0,058	0,015	0,30	0,034	0,69	22
—	1./2. Mai	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2./3. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3./4. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	4./5. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5./6. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	6./7. "	6,00	4,92	0,82	Der Versuch konnte nicht durchgeführt werden, weil der Hund einen Teil des Futters erbrach.								23
—	7./8. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	8./9. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	9/10. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	10/11. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	11/12. "	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	12/13. "	6,60	4,92	0,75	0,022	0,45	0,078	0,058	0,020	0,41	0,042	0,86	22
11	13/14. "	6,50	4,92	0,78	0,021	0,43	0,068	0,053	0,015	0,30	0,036	0,73	20

1) Die Harntrennung war nicht quantitativ.

Tabelle 16.

Versuche 1—4: Menge der während eines Hungertages nach vorheriger normaler Ernährung innerhalb 18—23 Stunden in der Atmung ausgeschiedenen reduzierenden Stoffe entsprechend Kubikzentimeter Alkohol. Versuche 5 und 6: Menge der nach neun- resp. sechstägigem Hunger in der Atmung innerhalb 22 Stunden ausgeschiedenen reduzierenden Substanzen entsprechend Kubikzentimeter Alkohol.

Ver- such Nr.	Datum 1910	Bezeichnung des Tieres	Gewicht des Tieres kg	Redu- zieren- de Sub- stanzen ent- sprechend ccm Alkohol	Versuchs- dauer Stunden
1	5./6. April	Hündin	3,81	0,050	23
2	13./14. "	alter Teckel	9,89	0,063	18
3	14./15. "	alter Teckel I	7,90	0,061	24
4	19./20. "	alter Teckel	9,60	0,054	22
Also im Mittel von 24 Stunden 0,064 ccm (pro Stunde 0,00266 ccm).					
5	6./7. Juni	alter Teckel nach neun- tägigem Hunger (pro die 213 g Gewichtsverlust)	9,30	0,017	22
6	20./21. "	junger Hund nach sechs- tägigem Hunger (pro die 200 g Gewichtsverlust)	7,40	0,019	22

In weiteren Versuchen beabsichtigen wir, den Einfluss der Muskelarbeit und der Dosierung auf die Ausscheidung des Alkohols in Harn und Atmung zu studieren.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Von 4—10 kg schweren Hunden wird innerhalb eines Hungertages nach vorheriger normaler Ernährung bei alkoholfreiem Regime eine im Mittel 0,064 ccm Alkohol entsprechende Menge reduzierender Stoffe durch die Atmung ausgeschieden.

2. Nach 6—9 tägigem Hunger entsprechen die von Hunden gleicher Grösse innerhalb desselben Zeitraumes (24 Stunden) an die ausgeatmete Luft abgegebenen reduzierenden Stoffe ca. 0,02 ccm Alkohol, das ist etwa ein Drittel des unter 1. angegebenen Wertes. —

Bezüglich des Einflusses der aufgenommenen Alkoholmenge (A), der Gewöhnung (B) und des gleichzeitig verabreichten Flüssigkeitsvolumens (C) auf die Alkoholausscheidung in Harn und Atmung wurde folgendes konstatiert:

A. Einfluss verschiedener Alkoholmengen gleicher Konzentration (9,84%ig) auf die Alkoholausscheidung durch den Organismus des an Alkohol nicht gewöhnten Hundes.

1. Nach der Zufuhr von ca. 3 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in einer Dosis werden insgesamt 10—12% der Zufuhr aus-

geschieden, und zwar ungefähr zur Hälfte durch die Atmung, zur anderen Hälfte durch die Nieren.

2. Nach einer Alkoholdosis von 0,75—1,15 ccm pro Körperkilogramm und Tag werden insgesamt 2,6—4,3% der Zufuhr wieder ausgeschieden, also ca. nur $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ der Menge, welche nach der dreifachen Dosis zur Ausscheidung gelangt. Die Quantität des aufgenommenen Alkohols ist also von grossem Einfluss auf die Alkoholausscheidung in Harn und Atmung. Was das Verhältnis der Harnalkohols zum Alkohol der Atmung anbelangt, so scheiden Hunde, welche durch die Alkoholzufuhr stärker alteriert werden, infolge

forzierter Atmung grössere Alkoholmengen durch die Atmung aus; Hunde, welche auf gleiche Alkoholdosen weniger stark reagieren, scheiden einen höheren Prozentsatz Alkohol durch die Nieren aus, einen geringeren durch die Atmung.

B. Einfluss der Gewöhnung auf die vom Organismus des Hundes ausgeschiedenen Alkoholmengen.

1. Nach einer Alkoholdosis von ca. 3 ccm pro Körperkilogramm und Tag in 9,84%iger Lösung werden vom Hunde zunächst insgesamt 10—12% der Zufuhr wieder ausgeschieden. Im Verlaufe von 10—12 Tagen sinkt dieser Wert unter dem Einfluss der Gewöhnung auf 8,3%, also um rund 30% der ursprünglichen Menge und kann durch weitere Gewöhnung nicht mehr unterschritten werden. Zunächst erscheinen in Harn und Atmung ungefähr gleiche Mengen Alkohol, später nimmt der ausgeatmete Alkohol kontinuierlich ab, so dass schliesslich zwei Drittel der gesamten ausgeschiedenen Alkoholmenge mit dem Harn und ein Drittel mit der Atmung den Körper verlassen,

d. h. die Ausscheidung durch den Harn bleibt unverändert, die durch die Atmung sinkt etwa auf die Hälfte des Anfangswertes (von 6,3 % auf 3 %).

2. Nach der Zufuhr gleicher Alkoholmengen in stärkerer Konzentration (50 % ig) wird von dem an diese Alkoholquantität in starker Verdünnung (9,84 % ig) gewöhnten Tier von vornherein ein weit geringerer Prozentsatz Alkohol (etwa die Hälfte, siehe unter C 2.) ausgeschieden. Unter dem Einfluss der Gewöhnung sinkt der betreffende Wert innerhalb 3 Wochen noch um ein Drittel und dann nicht mehr weiter ab. Es gelangen in der Atmung doppelt so grosse Mengen Alkohol zur Ausscheidung als durch den Harn (siehe unter C 2.).

3. Nach der Zufuhr von 0,7—1,15 ccm Alkohol pro Körperkilogramm und Tag in einer Dosis und in 9,84 % iger Lösung werden vom Hunde zunächst insgesamt rund 4 % des aufgenommenen Alkohols ausgeschieden. Dieser Wert wird unter dem Einfluss der Gewöhnung kontinuierlich geringer, bis nach ca. 3 Wochen die unterste Grenze bei zirka einem Sechstel der ursprünglich ausgeschiedenen Menge erreicht ist. Durch weitere Gewöhnung kann der nach ca. 3 Wochen gefundene Minimalwert nicht mehr unterschritten werden; derselbe bleibt von da ab annähernd konstant.

Wir sehen also aus diesen Resultaten, dass nach der Aufnahme von ca. 1 ccm Alkohol pro Körperkilogramm und Tag, also einer Quantität, die, wenn sie in mehreren Dosen über den Tag verteilt genossen wird, nach den Versuchen von Atwater und Benedict (l. c.) vom Menschen zu ca. 98 % verwertet wird, vom Hunde trotz der Verabreichung in einer Dosis nur 0,7—0,9 % der Zufuhr insgesamt ausgeschieden werden.

Die Verwertung des Alkohols durch den tierischen Organismus ist also unter diesen Bedingungen eine ausserordentlich hohe, sie beträgt über 99 %.

Bezüglich des Verhältnisses der durch die Atmung ausgeschiedenen Alkoholmengen relativ zum Harnalkohol ist hervorzuheben, dass zunächst infolge stärkerer Alteration des Tieres und dadurch bedingter forzierterer Atmung mehr Alkohol in der Atmung erschien, später wurde relativ mehr Alkohol durch die Nieren sezerniert.

Die höhere Verwertung des Alkohols im Organismus an Alkohol gewöhnter Tiere erklärt sich ungezwungen aus der verringerten Diurese und einer weniger starken Atmung. Der Alkohol bleibt also

bei Tieren, die an denselben gewöhnt sind, längere Zeit in den Geweben und wird daher zu einem höheren Prozentsatz oxydiert, als bei nicht daran gewöhnten Tieren. Für eine Vermehrung der Alkoholoxydase unter dem Einfluss der Gewöhnung an Alkohol sprechen unsere Resultate nicht.

C. Einfluss der gleichzeitig mit dem Alkohol aufgenommenen Flüssigkeitsmenge auf die Alkoholausscheidung.

1. Nach der Zufuhr von ca. 3 ccm Alkohol pro Körperkilogramm und Tag in 9,84 % iger Lösung und in einer Dosis wurden vom Hunde zunächst 11,6 % des verabreichten Alkohols ausgeschieden. Dieser Wert sank unter dem Einfluss der Gewöhnung um ca. 30 %. Infolge der durch die grosse Flüssigkeitsmenge bedingten starken Diurese erscheint die Hauptmenge des Alkohols mit Ausnahme des ersten Versuchstages im Harn.

2. Nach Verabreichung derselben Alkoholmenge (ca. 3 ccm pro Körperkilogramm und Tag) in konzentrierterer Form (ca. 50 % ige), d. h. in etwa einem Fünftel des unter 1. angegebenen Flüssigkeitsvolumens, werden insgesamt nur 4 % der Zufuhr vom Organismus ausgeschieden, also rund nur die Hälfte der Menge, welche nach Aufnahme derselben Alkoholquantität in einem etwa fünfmal so grossen Flüssigkeitsvolumen, bei dem an Alkohol gewöhnten Hund gefunden wurde. Allmählich sinkt dieser Wert mehr und mehr ab, bis das Minimum bei 2,7 %, also zwei Drittel der zu Beginn der Versuche gefundenen Menge erreicht ist. Die Diurese ist hier infolge weit geringerer Flüssigkeitsaufnahme viel schwächer, infolgedessen kann ein höherer Prozentsatz Alkohol verwertet werden, und es gelangt verhältnismässig mehr (etwa die doppelte Menge) Alkohol in der Atmung zur Ausscheidung als im Harn.

D. Ausscheidung des Alkohols in Atmung und Harn während einzelner Zeitabschnitte der betreffenden Versuchstage.

I. Ausscheidung des Alkohols in der Atmung.

Nach Alkoholgaben von 3,3—4,5 ccm Alkohol pro Körperkilogramm wurde beim Hunde das Maximum des in der Atmung ausgeschiedenen Alkohols in der dritten Stunde gefunden.

Während der zweiten und vierten Stunde blieb die Alkoholausscheidung durch die Atmung etwa um ein Drittel gegenüber dem Maximum in der dritten Stunde zurück.

Während der ersten Stunde war der Alkoholgehalt der Atmung um etwa zwei Drittel geringer als dem Höchstwert der dritten Stunde entsprach. Auch während der fünften Stunde werden noch 20% mehr Alkohol durch die Atmung ausgeschieden, als während der ersten Stunde nach der Alkoholzufuhr.

II. Ausscheidung des Alkohols im Harn.

ca. 1½—2 Stunden nach der Zufuhr von 3 ccm Alkohol pro Körperkilogramm in 9,84% iger Lösung werden weit über die Hälfte des überhaupt durch die Nieren sezernierten Alkohols im Harn wiedergefunden.

E. Ausscheidung des Alkohols im Harn des Menschen.

In je einem Versuch an zwei Personen und in zwei Versuchen an einer dritten Person wurden nach Zufuhr von 0,8—1 ccm Alkohol pro Körperkilogramm und Tag in einer Dosis: 0,23%, 0,24% (l. c. S. 85), 0,26% und 1,14% der zugeführten Alkoholmenge im Harn wiedergefunden.