

Harnes auf seine Bestandteile eine hohe Bedeutung und einen hohen Wert als ein unentbehrliches Hilfsmittel zur Entdeckung, sowie rechtzeitigen und sicheren Erkennung von Krankheiten, zur Feststellung der Krankheitsstadien und des Verlaufes derselben.

Endlich vermag die Harnanalyse wesentliche Aufschlüsse über die Umwandlung, Resorption einer grossen Anzahl jener Stoffe zu geben, die als Medikamente dem Organismus zugeführt im Harn in unverändertem oder chemisch umgewandeltem Zustande wieder aufgefunden werden.

I. Teil. Allgemeiner Teil.

A. Allgemeine chemische und physikalische Eigenschaften des Harnes.

Die Farbe des Harnes.

Die Farbe des normalen Harnes ist ein mehr oder weniger gesättigtes Gelb; dieselbe ist im allgemeinen von der Konzentration des Harnes abhängig mit Ausnahme des diabetischen Harnes, der auch bei starker Konzentration häufig hell gefärbt ist. Beim Stehen an der Luft dunkelt der saure Harn gewöhnlich etwas nach, was davon herrühren dürfte, dass als Farbstoffe, deren mehrere vorhanden zu sein scheinen, auch Chromogene zugegen sind, die durch Oxydation, beim Stehen von Harn an der Luft, erst Farbstoffe liefern.

Als Farbentöne des Harnes unterscheidet man:

- blasse Harne — farblos bis strohgelb;
- normal gefärbte Harne — goldgelb bis bernsteingelb;
- hochgestellte Harne — rotgelb bis rot und
- dunkle Harne — bräunlich bis schwärzlich.

Ein blasser Harn, der selten stark sauer, häufig neutral oder alkalisch reagiert, deutet auf eine grössere Vermehrung des Harnes hin (bei Diabetes, bei Anämischen, Chlorotischen).

Eine blasse Färbung lässt mit Sicherheit das Vorhandensein einer akuten fieberhaften Krankheit ausschliessen.

Normal gefärbte Harne zeigen an, dass Krankheiten, die eine blasse oder stark gefärbte Farbe des Harnes veranlassen, nicht zugegen sind.

Dunkelgelbe bis braunrote Harne sind in der Regel reich an festen Bestandteilen, reich an Harnstoff und nicht stark sauer; diese Harne sind häufig Begleiter von fiebernden Krankheiten, kommen jedoch auch bei Gesunden in den Fällen vor, in welchen eine Wasserabscheidung durch die Nieren vermindert ist (nach reichlichen Mahlzeiten, starken Märschen mit viel Schweissabsonderung).

Eine abnorme Färbung ist durch pathologische Zustände oder durch zufällige Farbstoffe, von Arzneien herrührend, bedingt.

Abnorm gefärbt sind Harne bei pathologischen Zuständen:
milchig infolge Ausscheidens von Fett bei Chylurie;

burgunderrot in Digestionsstörungen und fieberhaften Krankheiten infolge starken Urobilingehaltes;

rötliche, im reflektierten Lichte grünliche Farbe kann auf einen Gehalt an Blut oder gelösten Hämoglobin deuten;

ziegelrot mit dem gleichen Sediment kann der Harn gefärbt sein bei akuten Krankheiten;

gelbgrüne bis gelbbraune Farbe kann durch Gallenfarbstoffe (bei Gelbsucht), Blut, Methämoglobin (nach Vergiftungen mit Arsenwasserstoff) bedingt sein;

dunkelbraune bis schwarze Färbung ist veranlasst durch beigemischte abnorme Pigmente, Blut, Methämoglobin, Melanin (letzteres bei Pigmentkrebs);

Blaufärbung des Harnes, Ausscheidung von bläulich schillernden Häutchen auf der Oberfläche des Harnes oder von blauen Kryställchen im Sedimente ist veranlasst bei Indicanausscheidung (Indigo).

Durch Arzneien kann eine Färbung stattfinden und zwar:
eine goldgelbe, nach Zusatz von Alkalien rote bei Rheum, Senna, Frangula, Santonin;

eine gelbrote bis blutrote nach Antipyringenuß, Sulfonal, Trional;

eine grünlichgelbe nach Thallin;

eine braune bis braunschwarze nach innerlichem und äusserlichem Gebrauch von Phenol, Kresol, Brenzkatechin, Resorcin, Gerbsäure, Naphtalin.

Bestimmung der Harnfarbe.

Zur Bestimmung der Harnfarbe füllt man eine Quantität vorher filtrierten Harnes in ein Glas von 5—10 cm Durchmesser und betrachtet bei durchfallendem Lichte die Harnfarbe eventuell unter Vergleichung mit einem normalen Harn; man bezeichnet die Farbe nach den angegebenen Farbentönen.

Sonstige Beschaffenheit des Harnes.

Klarheit.

Normaler Harn zeigt stets eine fast klare Beschaffenheit (nur nach einer Mahlzeit unmittelbar entleert wird hier und da weniger durchsichtig) und schwache Fluorescenz. Nach mehrstündigem Stehen scheiden sich in der oberen Hälfte des Glases, wenn man den Harn in ein Sedimentierglas gegeben hat, kleine Wölkchen — nubeculae — aus, die allmählich sich zu Boden senken. Diese Wölkchen bestehen unter dem Mikroskope betrachtet aus Blasenschleim, Mucin, Schleimkörperchen als rundlich granuliert Zellen, Plattenepithelien der Blase und der Urethra.

Bei längerem Stehen (24 Stunden) an einem kühlen Orte setzt sich, falls der Harn nicht ein sehr verdünnter ist, ein krystallinischer sandiger Niederschlag ab, der aus Harnsäure, harnsauren Salzen, oxalsaurem Kalk besteht und sich bei gelindem Erwärmen löst.

Wird der Harn schon trübe entleert oder tritt die Trübung bald nach der Entleerung auf, so kann es sich um eine krankhafte Veränderung handeln und ist das Sediment dann genau in der am Schluss angegebenen Weise zu prüfen.

Konsistenz.

Normaler Harn ist dünnflüssig und giebt beim Schütteln einen bald verschwindenden Schaum; bei zuckerhaltigem Harn hält der Schaum längere Zeit. Harn, der Eiter enthält, ist dickflüssig; gallertartig kann er werden bei Chylurie (viel Fettgehalt) und bei grösseren Mengen an Eiweissstoffen.

Geruch.

Der Geruch des normalen Harnes ist eigentümlich aro-

matisch an Fleischbrühe erinnernd; über die Stoffe, die den Geruch bedingen, ist nichts bekannt.

Bei der Veränderung und Zersetzung des Harnes ausserhalb oder in pathologischen Verhältnissen innerhalb der Blase kann der Harn einen anderen Geruch annehmen, so

einen ammoniakalischen, urinösen bei ammoniakalischer Gärung;

einen fauligen, jauchigen bei Anwesenheit von Eiter, bei jauchiger Cystitis;

einen fäkulenten bei Eiter und Blut enthaltendem Harn; beim Ansäuern eines solchen Harnes entwickeln sich übelriechende Stoffe (flüchtige Fettsäuren etc.);

einen Geruch nach Schwefelwasserstoff.

Bei Gehalt an Aceton (bei starker Diabetes) zeigt der Harn einen ausgeprägten Obstgeruch.

Endlich erhält der Harn nach Aufnahme gewisser Stoffe in den Organismus, entweder nach dem Genuss oder nach Einatmen derselben einen charakteristischen Geruch, so einen Veilchengeruch nach Terpentinöl, einen gewürzigen nach Copaivbalsam, Cubeben: Widerlich ist der Geruch nach Knoblauch, Spargel (soll nach Nencki von Methylmercaptan herrühren; nach Crownel rührt der Geruch des Spargelharns von einem in den Spargeltrieben enthaltenen ätherischen Öl her).

Geschmack.

Derselbe ist salzig und bitterlich (von Chlornatrium- und Harnstoffgehalt herrührend); bei diabetischem Harn mit einem Zuckergehalte von einigen Prozenten ist der Geschmack süsslich.

Weitere physikalische Eigenschaften.

Der Harn ist optisch aktiv, indem normaler Harn die Ebene des polarisierten Lichtes etwas nach links, niemals nach rechts dreht; ebenso zeigt auch der Harn eine wenn auch nur äusserst geringe Reduktionsfähigkeit.

Reaktion des Harnes.

Die Reaktion des vom gesunden Menschen bei Einnahme gemischter Kost entleerten Harnes ist in der Regel eine saure,

da die Summe der Säureäquivalente die der Basenäquivalente überwiegt.

Was die Entstehung der Säuren anbelangt, so sind diese teils die Produkte der Oxydation der Eiweissstoffe, da aus dem im Eiweiss in neutraler Form enthaltenen Schwefel Schwefelsäure sich bildet, teils sind sie aus dem im Nuklein und Lecithin vorhandenen Phosphor entstanden, endlich sind sie andere Produkte des Stoffwechsels, wozu besonders die flüchtigen Fettsäuren, die Hippursäure, die aromatischen Äthersäuren, Oxalsäure zählen.

Normaler Harn reagiert sauer wegen seines Gehaltes an saurem phosphorsaurem Kali (auch Mononatriumphosphat); es kann aber auch (und dies ist der Fall) neben diesem Salze einfach saures Phosphat (Dinatriumphosphat) zugegen sein; sind diese Salze in einem bestimmten Verhältnisse vorhanden, dann kann der Harn sogar amphoter — sauer und alkalisch zugleich — reagieren.

Nach L. Liebermann¹⁾ rührt die saure Reaktion des Harnes zum Teile wenigstens von der Zerlegung der alkalischen Salze des Blutplasmas durch die sauer reagierenden Stoffe der Nierenepithelzellen (Lecithalbumine) her; diese sauren Stoffe, welche die Flüssigkeit auf ihrem Wege von den Blutgefässen in die Harnkanälchen passieren, zerlegen die im Blutplasma vorhandenen Salze, harnsaures Natron und zweibasisch phosphorsaures Natron, und wandeln sie in saure Salze um.

Alkalische Reaktion kann der Harn annehmen, wenn in denselben mehr als gewöhnlich Säure abstumpfende Verbindungen übergehen, z. B. Genuss kohlensaurer Salze oder organisch-saurer Salze, die bei der Verbrennung im Körper Karbonate geben, nach reichlichem Genuss von Vegetabilien oder bei überwiegender Pflanzenkost, weswegen auch der Harn der Pflanzenfresser meist alkalisch reagiert, bei Krankheiten, bei welchen bereits im tierischen Organismus die Umwandlung des Harnstoffes in Ammonkarbonat vor sich geht, durch Beimischung grösserer Mengen Blut und Eiter. Mit alkalischer Reaktion entleerter Harn ist stets trübe und stets pathologisch.

¹⁾ Archiv Physiol. 1893. 54. 585.

Bestimmung der Reaktion.

Notwendige Lösungen:

$\frac{1}{10}$ Normalkalilauge,
 $\frac{1}{10}$ Normaloxalsäure oder Normalschwefelsäure. S. 27.

Man prüft den Harn mittelst empfindlichen blauen und roten Lackmuspapiers auf seine Reaktion.

Ausführung.

Zur quantitativen Bestimmung der Säure werden von der Tagesmenge oder der zu einer bestimmten Zeit entleerten Menge 100 ccm Harn abgemessen — etwa ausgeschiedene Harnsäure ist vorher durch Erwärmen zu lösen — in ein Becherglas oder in eine Porzellanschale gebracht und solange unter Umrühren mit einem Glasstabe $\frac{1}{10}$ Normalkalilauge aus einer Bürette zugegeben, bis Lackmuspapier weder blau noch rot, sondern violett gefärbt wird (Tüpfelprobe). Das Resultat — die verbrauchten Kubikcentimeter $\frac{1}{10}$ Kalilauge — wird, da es nicht auf eine bestimmte Säure bezogen werden kann, auf Oxalsäure berechnet (1 ccm $\frac{1}{10}$ KOH = 0,0063 Oxals.) oder man giebt die für 100 ccm Harn verbrauchte Menge in Kubikcentimetern $\frac{1}{10}$ Normalkalilauge an; selbstverständlich kann man auch den Säuregrad auf das Tagesquantum umrechnen.

Die Anwendung eines Indikators, Lackmus, Phenolphthaleïn (letzteres noch eher als Lackmus) ist wegen der bei der Beurteilung näher erörterten Umstände nicht statthaft und führt nicht zum Ziele; auch andere von Freund und Töpfer empfohlene, auf Verwendung bestimmter Indikatoren (alizarinsulfonsaures Natrium etc.) beruhende Verfahrensweisen erwiesen sich wegen Abganges eines scharfen Farbumschlages als unzuverlässig.

Beurteilung.

Zu bemerken ist, dass der Punkt der Neutralisation nicht sicher aufzufinden ist wegen der vorhandenen drei Alkaliphosphate, von denen das Monophosphat sauer, die beiden anderen, das Di- und Triphosphat, alkalisch reagieren, ein neutral reagierendes Salz aber nicht existiert; es wird also bei Zusatz von Lauge zu dem Monophosphat durch allmählichen Übergang dieses Salzes in Diphosphat z. T. amphotere Reaktion eintreten. Die Art der Bestimmung ist selbstverständlich keine exakte und vollkommen richtige, wird jedoch für grobe Bestimmungen ihren Zweck erfüllen und unter denselben Bedingungen ausgeführt für vergleichende Zwecke durchaus genügende Resultate liefern; ausserdem aber bei exakten wissenschaftlichen Bestimmungen oder Untersuchungen giebt man am besten diejenige Menge Phosphorsäure, welche in Form von Monophosphat vorhanden ist, als Maass für die Acidität des Harnes an. Diese Bestimmungen sind S. 60 bei der Phosphorsäurebestimmung erörtert.

Alkalischen Harn titriert man mit $\frac{1}{10}$ Oxalsäure- oder Schwefelsäurelösung und giebt die für 100 ccm Harn erforderliche Menge in Kubikcentimetern $\frac{1}{10}$ Normalsäure an; da diese

Reaktion durch Karbonate der Alkalien oder des Ammoniums verursacht werden kann, so giebt man einen Überschuss an Säure hinzu, erwärmt und titriert den Überschuss der zugesetzten Säure mit $\frac{1}{10}$ Kali zurück.

Wenn die alkalische Reaktion durch Ammonkarbonat verursacht wird, so verschwindet die anfangs eingetretene Bläuung roten Lackmuspapieres nach dem Trocknen des letzteren. — Unterschied von freien Alkalien. Ein Ammoniumkarbonat enthaltender Harn bildet an einem darüber gehaltenen, mit Salzsäure benetzten Glasstabe weisse Nebel (Salmiak).

Veränderung des Harnes.

Bei längerer Aufbewahrung, unter pathologischen Verhältnissen, auch zuweilen schon in der Blase kann der Harn Gärungen und Zersetzungen unterliegen. Eine Zunahme der Säure wird selten beobachtet; diese ist von der Ausscheidung eines gelblichen oder bräunlichen Sediments von sauren Alkaluraten und Harnsäure begleitet (auch Kalkoxalatausscheidungen und Schleimgerinnsel). Weiter bilden sich wohl auf Kosten der Kohlehydrate des Harnes durch eine Art Milchsäuregärung flüchtige Fettsäuren (Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure); durch die Einwirkung dieser Säuren werden die Urate zerlegt, wobei sich die schwer lösliche Harnsäure ausscheidet; zwar kann die Ausscheidung der Harnsäure auch ohne Gärungsprozess durch die Einwirkung der sauren phosphorsauren Salze auf die Urate veranlasst werden, indem erstere unter Bildung von basischen Salzen die gelösten Urate zersetzen. Die alkalische oder ammoniakalische Harngärung — die sich allerdings chemisch ausserordentlich von den eigentlichen Gärungsvorgängen unterscheidet und streng wissenschaftlich überhaupt nicht als Gärung zu betrachten ist —, die durch Zersetzung des Harnstoffes durch Mikroorganismen (*Mikrokokkus ureae* und andere Bakterien, besonders auch durch *Proteus vulgar*. Hauser) bedingt ist, besteht in einer Umwandlung des Harnstoffes in kohlen saures Ammon, wobei der Harn blasser wird, unangenehm ammoniakalisch riecht und sich trübt und wobei Niederschläge von normalen phosphorsauren alkalischen Erden, phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, harnsaurem Ammon, Kalkoxalat, Harnsäure (Cystin,

Tyrosin) entstehen. In unreinen Gefässen tritt die alkalische Gärung oft in schon sehr kurzer Zeit ein, ebenso, wenn der Harn viel Eiter und Schleim enthält. Der Harn von Fieberkranken, namentlich bei einzelnen Infektionskrankheiten, wird oft in einigen Stunden alkalisch.

Harnvolumen.

Die Menge des Harnes, die in einer bestimmten Zeit, meist 24 Stunden, entleert wird, ist ziemlichen Schwankungen unterworfen. Die Bestimmung der Harnmenge ist für den Arzt häufig aus klinischen Gründen von Wichtigkeit, da die Kenntnis der abgeschiedenen Harnmenge über die Fähigkeit der Nieren, Wasser, wie auch andere Harnbestandteile abzusondern, sowie über die den Blutdruck beeinflussenden Faktoren bestimmte Anhaltspunkte zu geben vermag. Während 24 Stunden werden von einem erwachsenen gesunden Manne 1500—2000 ccm entleert, von Frauen 200—300 ccm weniger.

Vermehrt wird bei normaler Funktion der Niere die Harnmenge bei vermehrter Zufuhr der Nahrung durch den Genuss grosser Flüssigkeitsmengen (Wasser, Thee, Bier), vermindert bei geringer Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr, bei gesteigerter Transpiration durch die Haut infolge von Hitze oder Anstrengung.

Pathologische Harnvermehrung (Polyurie) findet statt bei Diabetes, bei psychischen Einflüssen (Freude, Schrecken), Neurasthenie, anatomischer Veränderung des Centralnervensystems. Vermindert ist die Abscheidung (Oligurie) bei allen akuten fieberhaften Krankheiten, bei Anämie, nach Blutverlust, bei Cholera, bei Leberatrophie; Anurie, wobei kein Harn entleert wird, findet sich bei urämischen Zuständen, Verschluss der Harnleiter infolge mechanischer Hindernisse, bei Bleivergiftung.

Bestimmung des Harnvolumens.

Die Menge des in einer gewissen Zeit gelassenen Harnes wird am zweckmässigsten durch Abmessen des Volumens bestimmt. Man sammelt den in gewöhnlich 24 Stunden — in besonderen Fällen wird man den zu bestimmten Zeiten gelassenen Harn messen — gelassenen Harn in einem grossen Kolben, schüttelt gut durch und misst das Volumen in einem graduierten Maasscylinder von 1000 ccm (S. 26, Fig. 9). Ist das Volumen

ein grösseres, so entleert man den Cylinder nach dem Messen von 1000 ccm und misst dann noch den Rest in dem Cylinder. Mit dem Ablesen des Volumens wartet man, bis der Schaum, der sich beim Eingiessen leicht bildet, der aber durch vorsichtiges, langsames Eingiessen an der Glaswandung entlang vermieden werden kann, verschwunden ist. Das Gewicht des Harnes lässt sich aus dem gemessenen Volumen leicht umrechnen, wenn man das spezifische Gewicht des Harnes kennt. 1000 ccm Harn vom spezifischen Gewicht 1,025 würden einfach 1025 g wiegen.

Das spezifische Gewicht des Harnes.

Das spezifische Gewicht des Harnes hängt von der Qualität und Menge der darin gelöst vorkommenden organischen und anorganischen Stoffe, sowie von der Wasserzufuhr und Wasserabgabe durch andere Organe, wie die Nieren, ab; es giebt Auskunft über die Menge der gelöst enthaltenen festen Bestandteile im Verhältnis zu den flüssigen und damit Anhaltspunkte über den Stoffwechsel besonders im Vergleiche mit der ausgeschiedenen Menge.

Reichliche Wasserzufuhr vermindert, Beschränkung der Wasseraufnahme erhöht das spezifische Gewicht. Erhöht wird das spezifische Gewicht des Harnes bei Fiebern, Bildung von Transsudaten, Nierenkrankheiten; hierbei findet zugleich eine Verminderung der Harnmenge statt, während bei Diabetes mellitus hohes spezifisches Gewicht bei starker Vermehrung der Harnmenge vorhanden ist.

Niedriges spezifisches Gewicht findet sich bei Zuständen, die mit der Vermehrung der Harnmenge einhergehen, ausser bei Diabetes, dann bei geringem Harnvolumen bei Wassersucht, während des Verlaufes von fieberlosen chronischen Krankheiten, welche mit tragem Stoffwechsel einhergehen, gegen das tödliche Ende der akuten und chronischen Krankheiten, bei Störungen der Kreislauforgane.

Das spezifische Gewicht des normalen Harnes schwankt in weiten Grenzen zwischen 1,002—1,030; diabetischer Harn besitzt in der Regel eine Dichte zwischen 1,030—1,040 und noch höher; doch kommen diabetische Harne mit normalem spezifischem Gewicht ebenfalls vor.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes, der Dichte des Harnes.

1. Am genauesten erfolgt diese Bestimmung mittelst des Pyknometers.

Das Pyknometer (Fig. 1 und 2) besteht aus einem durch einen Glasstopfen verschliessbaren oder mit becherförmigem Aufsätze (Fig. 2) für Kork- oder Glasstopfenverschluss versehenen Glasgefässe von etwa 50 ccm Inhalt mit einem ca. 6 cm langen graduirten Halse. Das Pyknometer wird in reinem und trockenem Zustande leer gewogen, nachdem es $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde im Wagekasten gestanden hat. Dann wird es mit Hilfe eines Trichters



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

(Fig. 3) bis zur Hälfte des Halses mit destilliertem Wasser gefüllt, auf die Wage gestellt und genau 50 g destilliertes Wasser hineingewogen. Durch Zugeben einiger Tropfen Wasser mittelst eines dünn ausgezogenen Tropfgläschens (Fig. 4) oder Absaugen zu viel hinzugegebenen Wassers durch Eintauchen kleiner Stäbchen oder Streifen aus Filtrierpapier wird leicht das Gewicht erreicht. Nun stellt man das Pyknometer $\frac{1}{2}$ Stunde lang in ein Wasserbad von 15° C. und ritzt nach dieser Zeit an der Oberfläche der Flüssigkeitssäule im Pyknometerhalse eine Marke ein oder man notiert sich den Stand der Säule an der Skala am Halse des Pyknometers; man kann weiter noch das Pyknometer bei 20° im Wasserbade stehen lassen, den Stand der Flüssigkeitssäule bei 20° durch Anbringung einer weiteren Marke etc. bezeichnen und dann bei jeder Temperatur zwischen 15—20° das Auffüllen des Pyknometers vornehmen.

Ausführung.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Harnes wird das vollkommen trockene oder mit dem zu prüfenden Harne ausgespülte Pyknometer mit dem Harne bis zur Marke gefüllt und bei einer Temperatur zwischen 15—20° C. im Wasser-

bade stehen gelassen. Man füllt nach $\frac{1}{2}$ stündigem Stehen genau bis zur bestimmten Marke mit dem Harn unter Benützung des Tropfgläschens auf oder nimmt zuviel hinzugegebenen Harn durch Filtrierpapier weg. Nach dem Abtrocknen des Pyknometers stellt man es $\frac{1}{2}$ Stunde in den Wagekasten und wiegt dann.

Beispiel.

a) Gewicht des Pyknometers mit Harn 78,556

b) " " " leer 27,644

50 g wiegen 50,912

$(a-b) \cdot 0,02 = 1,01824$ (50,912 $\cdot$ 0,02) spez. Gewicht.

Diese Pyknometer haben vor denjenigen mit eingeschlifftem Thermometer oder mit kapillärem Schliffstopfen, die 25 oder 50 ccm Flüssigkeit fassen und mit dem auf die entsprechende Temperatur gebrachten Harn vollkommen gefüllt und nach einigem Stehen im Wagekasten gewogen werden, das voraus, dass durch eine eintretende Erwärmung beim Stehen ein Verlust durch Austreten von Wasser niemals zu befürchten ist.

2. Bestimmung mit der Westphal'schen Wage.

Diese ist (Fig. 5) eine ungleicharmige Wage und besteht aus einem genau lotrecht stehenden Stativ, auf welchem mittels einer Stahlaxe ein ungleicharmiger Wagebalken ruht, dessen äusserer (H) Arm durch Einkerbungen in zehn gleiche Teile geteilt ist und der an seinem Ende einen an einem

Platindraht hängenden Schwimmkörper (n) mit Thermometer trägt.

Diesem Arme mit Schwimmkörper hält in der Luft der andere kurze mit einer Spitze versehene Arm (K) das Gleichgewicht, so dass im Ruhezustande und bei genauer Horizontalstellung der Wage diese Spitze mit einer zweiten bei J genau übereinstimmen muss. Wird nun der Senkkörper in einen mit Wasser von 15° gefüllten Cylinder gebracht, so wird der mit den Einkerbungen versehene Teil der Wage — da ein Körper in einer Flüssigkeit um das Gewicht leichter wird, als das Gewicht des Volumens der Flüssigkeit beträgt, das er verdrängt — leichter und geht in eine schiefe Stellung über. Um das Gleichgewicht wieder herzustellen, das erreicht ist, wenn die beiden Spitzen bei J wieder genau zusammenstimmen, bedient man sich der der Wage beigegebenen Reitergewichte (A^2 , A^1 , A, B, C). Das grösste der Gewichte, die Einheit angehend, (A^2) wird beim Proben mit Wasser bei 15° C. an den Haken gehängt, an dem auch der Senkkörper

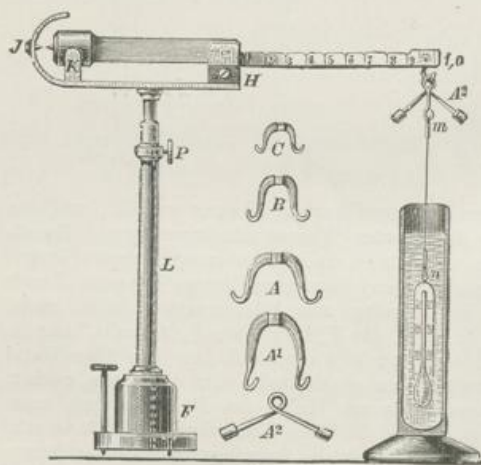


Fig. 5.

sigkeit um das Gewicht leichter wird, als das Gewicht des Volumens der Flüssigkeit beträgt, das er verdrängt — leichter und geht in eine schiefe Stellung über. Um das Gleichgewicht wieder herzustellen, das erreicht ist, wenn die beiden Spitzen bei J wieder genau zusammenstimmen, bedient man sich der der Wage beigegebenen Reitergewichte (A^2 , A^1 , A, B, C). Das grösste der Gewichte, die Einheit angehend, (A^2) wird beim Proben mit Wasser bei 15° C. an den Haken gehängt, an dem auch der Senkkörper

hängt und wird hierdurch das Gleichgewicht hergestellt. Hat man nun eine andere Flüssigkeit, wie Wasser, eine leichtere oder schwerere als dieses, so ist der Auftrieb kleiner oder grösser, das Einheitsgewicht zu viel oder zu wenig. Durch Einhängen der beigegebenen Gewichte in die Einschnitte des Wagebalkens bis zur Herstellung des Gleichgewichtes, wobei jedes folgende kleinere die nächste Decimale angiebt, erhält man schliesslich das spezifische Gewicht der Flüssigkeit.

Ausführung mit Harn.

Der reine, trockene Cylinder wird mit dem auf 15° C. temperierten filtrierten Harn gefüllt und der an der Wage angehängte Schwimmkörper so in den Harn eintauchen lassen, dass der Schwimmkörper vollkommen frei in der Flüssigkeit schwebt. Eine besondere Beachtung verdient die Einsenkungstiefe des Senkkörpers, da sich bei verschieden tiefer Einsenkung Fehler ergeben. Nach Westphal muss nicht allein die Drahtdrehung, sondern auch noch ein dieser Drehung gleich langes Stück des Drahtes in die Flüssigkeit eintauchen. Man wird nun, da der Harn ein höheres spezifisches Gewicht als 1 zeigt, in erster Linie das Einheitsgewicht (A^2) an den Haken zum Senkkörper hängen. Das Gewicht (A^1), welches die $\frac{1}{10}$ angiebt, ist zu schwer, das drittgrösste (A) müsste bei der Prüfung an Punkt (Einkerbung) 3 aufgehängt werden; das nächste (B) müsste, da es weder an Punkt 2 noch an 4 passt, wieder an 3 eingehängt werden — man hängt hier das kleinere an die Öse des schon in der Einkerbung 3 hängenden grösseren Reitergewichtes —; das kleinste Gewicht ist endlich, um vollkommenes Gleichgewicht herzustellen, in der Einkerbung 5 anzubringen. Das spezifische Gewicht des Harnes wäre demnach 1,0335. Denn

das Einheitsgewicht am Haken	= 1,0000,
das nächste Reitergewicht $\frac{1}{10}$ ist zu schwer . . .	= 0,0000,
„ „ „ $\frac{1}{100}$ bei Punkt 3 . . .	= 0,0300,
„ „ „ $\frac{1}{1000}$ bei Punkt 3 . . .	= 0,0030,
„ letzte „ $\frac{1}{10000}$ bei Punkt 5 . . .	= 0,0005.
Spezifisches Gewicht = 1,0335.	

Es darf nicht zu erwähnen vergessen werden, dass Reimann eine Abänderung der Westphal'schen Wage getroffen hat, die in erster Linie darauf beruht, dass das Volumen und Gewicht des Senkkörpers mit Thermometer so justiert wird, dass dasselbe ein ganz bestimmtes Gewicht zeigt und eine bestimmte Menge Wasser verdrängt. Beides wird erreicht durch sorgfältiges Abschleifen eines am Ende des Thermometers angeblasenen massiven Glasansatzes bis zum gewünschten Gewichte.

Diese Senkkörper existieren in drei Grössen; man unterscheidet:

Eingrammkörper (wiegt 5 g und verdrängt 1 g Wasser),
 Fünfgrammkörper („ 15 „ „ „ 5 „ „) und
 Zehngrammkörper („ 30 „ „ „ 10 „ „).

Auf diese Weise ist für das Thermometer eine bestimmte Normalgrösse geschaffen und ein Ersatz eines zerbrochenen Senkkörpers ist, ohne dass eine Neujustierung der Wage nötig würde, leicht möglich.

Die der Wage beigegebenen Gewichte zeigen aber auch noch genaue Übereinstimmung mit den gewöhnlichen Grammgewichtssätzen der analytischen

Wage, so dass die Bestimmung des spezifischen Gewichtes, wie wir sehen werden, auch mit Hilfe einer analytischen Wage vorgenommen werden kann.

Das Prinzip der Reimann'schen Wage besteht in der Anwendung des erwähnten Patentkörpers; die Bestimmung der Werte erfolgt durch Gewichte, die auf die Schale an dem einschenkigen Balken aufgelegt werden; die Handhabung der Wage ist eine einfache und ist aus der nebenstehenden Fig. 6 ersichtlich.

Bei Anwendung des Eingrammkörpers — man lässt den Senkkörper wie bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit der Westphal'schen Wage angegeben eintauchen — würde also die Schale mit einem 1 g Gewichtsstück belastet werden müssen, wenn die Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit destilliertem Wasser vorgenommen wird. Bei Anwendung des Zehngrammkörpers (bei Anwendung dieses reicht die Genauigkeit der Bestimmung bis in die vierte Decimale) würde die Schale mit 10 g zu belasten sein.

Hätte man die Bestimmung des spezifischen Gewichtes in einem Harn vorzunehmen, so würde man den Zehngrammkörper eintauchen lassen und würde, wenn 10,255 g bis zur Einstellung der Wage aufzulegen gewesen wären, ein spezifisches Gewicht von

1,0255 resultieren. Wie oben erwähnt, kann nun die Bestimmung bei Anwendung des Reimann'schen Senkkörpers auch mit einer analytischen Wage vorgenommen werden, da ja das Gewicht des Senkkörpers und der von ihm verdrängten Menge Wasser bekannt ist. — An den Haken der einen Schale hängt man den Zehngrammkörper; auf die andere Schale giebt man das dem Gewicht des Senkkörpers entsprechende Gewicht von 30 g. Die Wage muss nun genau eintreten. Nun stellt man über die Wagschale, die den Senkkörper trägt, einen mit einer tellerartigen Vorrichtung versehenen Dreifuss aus Glas oder Metall, auf den der die Flüssigkeit enthaltende Glaszylinder gestellt wird. (Der Dreifuss muss natürlich so gross und so beschaffen sein, dass er die Schwingungen der Wage (Wageschale) nicht behindert.) In den Cylinder mit der auf eine bestimmte Temperatur (15,5 oder 17,5°) temperierten Flüssigkeit lässt man in der angegebenen Weise den Senkkörper eintauchen und giebt auf die Wagschale, die den Senkkörper trägt,

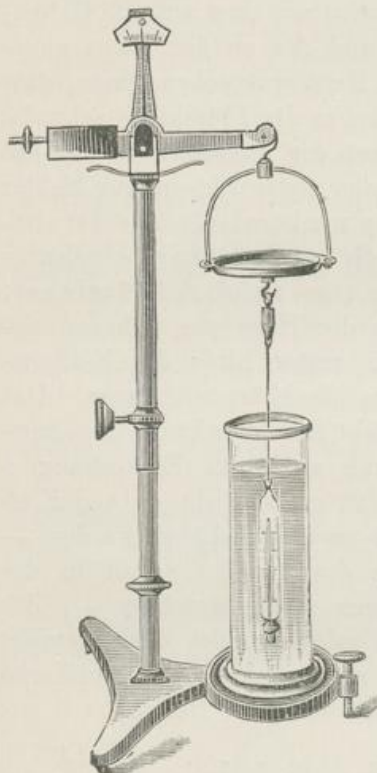


Fig. 6.

nun von dem Gewichtssatze die zur Herstellung des Gleichgewichtes der Wage erforderlichen Gewichte, die dem von dem Senkkörper verdrängten Gewichte der Flüssigkeit entsprechen. Z. B.

Bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes eines Harnes waren nach Eintauchen des Senkkörpers auf die Wagschale zu legen 10,168, so entspricht dies einem spezifischen Gewichte des Harnes von 1,0168.

3. Bestimmung des spezifischen Gewichtes durch Aräometer (Senkspindeln), sogenannte Urometer.

Die Urometer sind ca. 16 cm lange Apparate (Senkspindeln) (Fig. 7), deren ca. 8 cm lange Skala die Grade von 1,000—1,040 trägt, welche 1,5—2 mm voneinander entfernt sind; bei genaueren Bestimmungen muss die Temperatur berücksichtigt werden und sind genauere Urometer im Schwimmkörper mit einem Thermometer versehen, an welchem die Temperatur, bei welcher der Apparat graduirt ist, durch einen roten Strich bezeichnet ist; man bringt den Harn auf diese Temperatur oder man zählt für je 3 Temperaturgrade über den roten Strich 0,001 (1 Grad) dem abgelesenen Werte zu- und umgekehrt. Zur Erreichung noch grösserer Genauigkeit sind die Dichten von 1,000 bis 1,040 auf zwei sogar vier Spindeln verteilt.

Ausführung mit Harn.

Man bringt am besten den mit Harn zu $\frac{4}{5}$ angefüllten Cylinder in ein Wasserbad, das auf die Temperatur eingestellt ist, bei welcher nach Angabe das Urometer geacht ist, lässt dann die Spindel vorsichtig einsinken (die Spindel darf an der Glaswandung nicht anstreifen) und liest den Grad an der Skala ab, bis zu welchem die Spindel einsinkt. Die Temperatur hat man, wie oben angegeben, zu berücksichtigen, wenn die Ablesung bei einer anderen, als der am Urometer angegebenen, erfolgt ist.

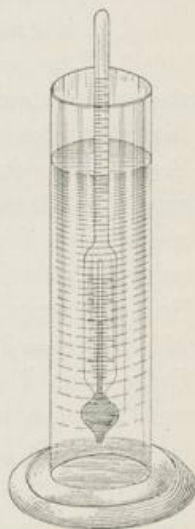


Fig. 7.

Um im Harn, von dem nur sehr geringe Mengen zur Verfügung stehen, das spezifische Gewicht mit Hilfe des Aräometers bestimmen zu können, hat A. Jolles¹⁾ durch Kombinierung des Gewichtsaräometers mit dem gewöhnlichen Aräometer ein besonderes Urometer²⁾ konstruiert, das in einen dem Apparate beigegebenen kleinen Cylinder, in dem sich die Harnmenge (20—25 ccm) befindet, eingesenkt wird. Die Aräometerspindel hat eine Skala für die Dichte von 1,000—1,010; um nun ein höheres spezifisches Gewicht bestimmen zu können, trägt die Spindel oben einen wulstförmigen Ring, auf den durchlöchernte Metallscheiben (4 Stück, die für die spezifischen Gewichte in den Grössen 1,01—1,02, 1,02—1,03, 1,03—1,04, 1,04—1,05 entsprechend schwer hergestellt und mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet sind) aufgelegt werden. Taucht die Skala nicht in die Flüssigkeit, so legt man solange Scheiben der Nummer nach auf, bis die Spindel einspielt.

¹⁾ Zeitschr. analyt. Chem. 1897. 36. 221.

²⁾ Zu beziehen von H. Kappeller in Wien und M. Wallach Nachf., Kassel.

Z. B. Man hätte bis zum Eintauchen der Skala Nr. 1, 2 und 3 auflegen müssen und die Skala wäre dann bis 6 eingetaucht, so würde dies einem spezifischen Gewichte von 1,036 entsprechen.

Wahl der Methode.

Für die Vornahme exakter Bestimmungen eignen sich die unter 1 und 2, für klinische Zwecke auch die unter 3 angegebenen Methoden.

Die festen Bestandteile im Harn.

Bestimmung

1. Die im Harn gelöst enthaltenen festen Bestandteile stehen mit dem spezifischen Gewichte des Harnes in einem bestimmten Verhältnis; ja es kann die Gesamtmenge der festen Bestandteile im Harn annähernd berechnet werden, wenn man die letzten drei Stellen des auf 4 Decimalen bestimmten spezifischen Gewichtes mit dem Koeffizienten 0,233 (Haeser'sche Zahl) oder 0,2 (Trapp) multipliziert. Ist das spezifische Gewicht eines Harnes z. B. 1,0245, so sind in demselben $245 \cdot 0,233 = 5.7\%$ feste Bestandteile vorhanden. Für den Harn ganz kleiner Kinder wendet man den Koeffizienten von Martin und Ruge 0,166 an.

2. Methode.

10—20 ccm Harn werden in einer gewogenen Platinschale auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft, der Rückstand $2\frac{1}{2}$ —3 Stunden im Wassertrockenschranke oder bei 100° getrocknet und nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen.

Beurteilung.

Die hierbei gewonnenen Resultate fallen etwas zu niedrig aus, da sich durch die Einwirkung der sauren Phosphate auf den Harnstoff in konzentrierter Lösung Spuren von Ammoniak durch Zersetzen des Harnstoffes in Kohlensäure und Ammoniak entwickeln und entweichen.

3. Methode.

Nach Neubauer wird der bei der Methode 2 entstehende Verlust dadurch vermieden, dass man das Abdampfen und Trocknen bei 100° in einem Apparate vornimmt, der gestattet, die geringen Mengen von Ammoniak, die entweichen, aufzunehmen.

Ein mit Wasser halb gefüllter Blechkasten ist zu beiden Seiten mit einer Öffnung versehen, durch welche vermittelst Kork oder Gummiverschluss ein Glasrohr (Verbrennungsrohr) eingefügt ist. In dieses Glasrohr giebt man das mit Sand teilweise gefüllte, vorher getrocknete und gewogene längere

Porzellanschiffchen, nachdem man 2—5 ccm Harn hineingemessen hat, verschliesst die eine Öffnung des Glasrohres mit einem Chlorcalciumrohr, während die andere abwärts gebogene und ausgezogene Seite des Glasrohres in ein Kölbchen, das 10 ccm $\frac{1}{10}$ -Schwefelsäure enthält, mündet, und zwar durch die eine Öffnung des mit doppelt durchbohrtem Kork verschlossenen Kölbchens bis fast auf den Boden. In der anderen Durchbohrung des Korkes des Kölbchens befindet sich ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, das nur etwas in das Kölbchen hineinragt und das mit einer Saugpumpe verbunden wird. Der ganze Apparat muss luftdicht schliessen. Man erhitzt den Blechkasten zum Kochen des Wassers — oben im Kasten ist eine kleine Öffnung zum Entweichen der Wasserdämpfe, die übrigens durch Anbringen eines Kühlers wieder verdichtet werden können, wodurch ein Ausbrennen des Kastens verhindert wird — und saugt langsam Luft durch den Apparat. Nach 3 Stunden unterbricht man den Versuch, nimmt das Schiffchen heraus, lässt im Exsikkator erkalten und wägt.

Dann nimmt man den Kolben weg, spült das ganze Glasrohr gut mit Wasser aus in das Kölbchen (im Rohre befinden sich als Anflug geringe Mengen von kohlensaurem Ammon, von der Zersetzung des Harnes herrührend) und titriert mit $\frac{1}{10}$ -Kalilauge unter Zusatz von Methylorange die nicht verbrauchte Schwefelsäure zurück.

1 ccm der verbrauchten Schwefelsäure = 0,0020 Harnstoff. Die so gefundene Harnstoffmenge wird den direkt gefundenen festen Bestandteilen zugezählt.

Beispiel.

Porzellanschiffchen mit Sand wiegt nach der Bestimmung mit dem eingetrockneten Harn . . .	10,600
Porzellanschiffchen mit Sand vor dem Gebrauch . . .	10,352
In den angewandten 5 g Harn . . .	= 0,248
Im Kölbchen vorgelegt $\frac{1}{10}$ -Schwefelsäure	10 ccm
Zum Zurücktittieren $\frac{1}{10}$ -Kalilauge verbraucht . . .	6 ccm
Für das entwichene NH_3 verbraucht . . .	4 ccm
4.0,002 = 0,008 g Harnstoff in 5 g.	
Direkt gefundener Rückstand	0,248
Indirekt berechneter Harnstoff	0,008
Fester Rückstand in 5 g	0,256
	= 5,12 %

Wahl der Methode.

Es dürfte wohl für alle Zwecke die einfache und leicht ausführbare Methode 2 in Anwendung zu ziehen sein.

Mineralbestandteile, Asche.**Bestimmung.**

20—30 ccm Harn werden eingedampft, sehr vorsichtig verkohlt, die verkohlte Masse zur Entfernung der Alkalisalze mit heissem Wasser extrahiert, durch ein kleines Filterchen filtriert, gut ausgewaschen und Schale und Filter bei 100° getrocknet. Die im Schälchen verbliebene und auf dem Filter befindliche Masse wird mit dem Filter verascht, hierauf die abfiltrierte Lösung der Alkalisalze dazu gegeben und eingedampft. Nach vorsichtigem Glühen, um einem Verdampfen der Chloride vorzubeugen, und Erkalten der Schale wird gewogen.

Der Gehalt an Asche beträgt 1,5—2,0 %.

Chemische Zusammensetzung des Harns.**Normale und abnormale Bestandteile.**

Wenn auch die Zusammensetzung des Harnes begreiflicherweise grossen Schwankungen unterworfen ist, so kann doch zur Orientierung die von Hammarsten gegebene Übersicht dienen, welche die Durchschnittswerte enthält, in denen die wichtigsten normalen Harnbestandteile in der 24stündigen Harnmenge des erwachsenen Menschen vorkommen. Im Verlaufe von 24 Stunden werden ca. 1500 ccm Harn entleert, in welchen 60 g feste Stoffe enthalten sind und zwar:

Anorganische Bestandteile 25 g.

Organische Bestandteile 35 g.

1. Die anorganischen Stoffe bestehen aus:

Salzsäure, HCl	9,35, als Chlornatrium 15 g.
Schwefelsäure, H ₂ SO ₄	2,50
Phosphorsäure, P ₂ O ₅	2,50
Salpetersäure, HNO ₃ unter	0,1
Natron, Na ₂ O	7,90, als Chlornatrium 15 g.
Kali, K ₂ O	3,00
Ammoniak, NH ₃	0,70
Kalk, CaO	0,3
Magnesia, MgO	0,5
Eisen, Fe unter	0,01.

2. Die organischen Stoffe bestehen aus:

Harnstoff	30,0
Harnsäure	0,7
Kreatinin	1,0
Hippursäure	0,7
Übrige organische Stoffe	2,6

Normale organische Stoffe in geringer Menge vorkommend sind:

Xanthinkörper, Oxalsäure, Oxalursäure, flüchtige Fettsäuren, Milchsäure, Bernsteinsäure, Kohlehydrate, Glycerinphosphorsäure, Rhodanwasserstoff, Phenyl-, p-Kresyl-, Brenzkatechin-, Indoxyl- und Skatoxylschwefelsäure, p-Oxyphenyllessigsäure und p-Hydrocumarsäure, Harnfarbstoffe, Fermente und Substanzen unbekannter Zusammensetzung.

3. Abnorme pathologische Bestandteile sind:

Eiweiss (Propepton, Pepton),	β Oxybuttersäure,
Traubenzucker,	Blut, Blutfarbstoffe,
Milchzucker,	Melanin,
Lävulose,	Gallenfarbstoffe,
Inosit,	Gallensäuren,
Aceton,	Fette,
Acetessigsäure,	Lecithin,
	Leucin, Tyrosin, Cystin,
	Schwefelwasserstoff.

4. Endlich können noch als zufällige Bestandteile des Harnes eine Reihe von Körpern auftreten, die als Arzneien oder durch Zufall oder auch in der Absicht einer Vergiftung dem Körper zugeführt worden sind. Wenn auch nicht bei allen Arzneikörpern deren Nachweis gelingt, so kann doch bei sehr vielen der Gebrauch derselben im Harn festgestellt werden; es kann dieser Nachweis für den Arzt von grosser Wichtigkeit sein, da er hierdurch nicht nur erfährt, ob die Arzneien resorbiert und im Organismus umgewandelt werden, sondern sich auch überzeugen kann, ob ordinierte Arzneimittel von dem Patienten auch wirklich eingenommen werden. Penzoldt empfiehlt sogar in Fällen, in denen im Urin nicht nachweisbare Arzneimittel verordnet werden, diesen Arzneien als Erkennungszeichen kleine Mengen von Jodkalium oder Sali-

cylsäure, die im Harn sehr leicht nachweisbar sind, zuzufügen. Ferner kann aus der Form, in der die Arzneien aus dem Körper ausgeschieden werden, wohl ein Rückschluss auf die diesen Stoffen eigentümliche Wirkung geschlossen werden. Weiters vermag der Nachweis irgend eines Heilmittels (ich erinnere nur an Rheum, Antipyrin) vor Irrtümern bei dem Nachweise besonders pathologischer Harnbestandteile (Zucker) zu warnen. Endlich hat der Nachweis von Körpern, die als Gifte eingeführt worden sind, auch für den Gerichtschemiker einen Wert, da derartige Stoffe gerade im Harne oft noch nachgewiesen werden können. —

B. Die chemische Analyse.

Zur Vornahme der qualitativen wie quantitativen Prüfung des Harnes muss vollkommen heller Harn Verwendung finden. Ist der Harn nicht vollkommen klar, so wird das für die Untersuchung nötige Quantum erst filtriert.

Bei vielen Reaktionen, quantitativen Bestimmungen macht sich im Harne vorhandenes Eiweiss als störend bemerkbar; es muss dieses stets entfernt werden. Man erhitzt zu diesem Zwecke 100 oder 200 ccm Harn in einer geräumigen Schale oder Becherglas zum Kochen und fügt sehr vorsichtig Essigsäure (ein bis einige Tropfen) hinzu, bis eine gute flockige Ausscheidung des Eiweisses erreicht und die über dem Eiweissniederschlag befindliche Flüssigkeit vollkommen klar und hell ist. Man filtriert durch ein kleines Filter in einen Messcylinder und wäscht Schale oder Becherglas und Filter mit kleinen Portionen Wasser so lange aus, bis das Filtrat wieder genau 100 oder 200 ccm beträgt. Das eiweissfreie Filtrat verwendet man dann zur Analyse.

Verhalten des normalen Harnes gegenüber Reagentien.

1. Normaler Harn bleibt beim Kochen klar und färbt sich, mit Säuren versetzt, mehr oder minder dunkel; zugleich scheiden sich nach einiger Zeit Kryställchen von Harnsäure ab.
2. Alkalien (Ätzalkalien, wie Karbonate) fällen Erdphosphate (phosphorsauren Kalk, phosphorsaures Magnesia).