

Csak olvasótermi használatra!

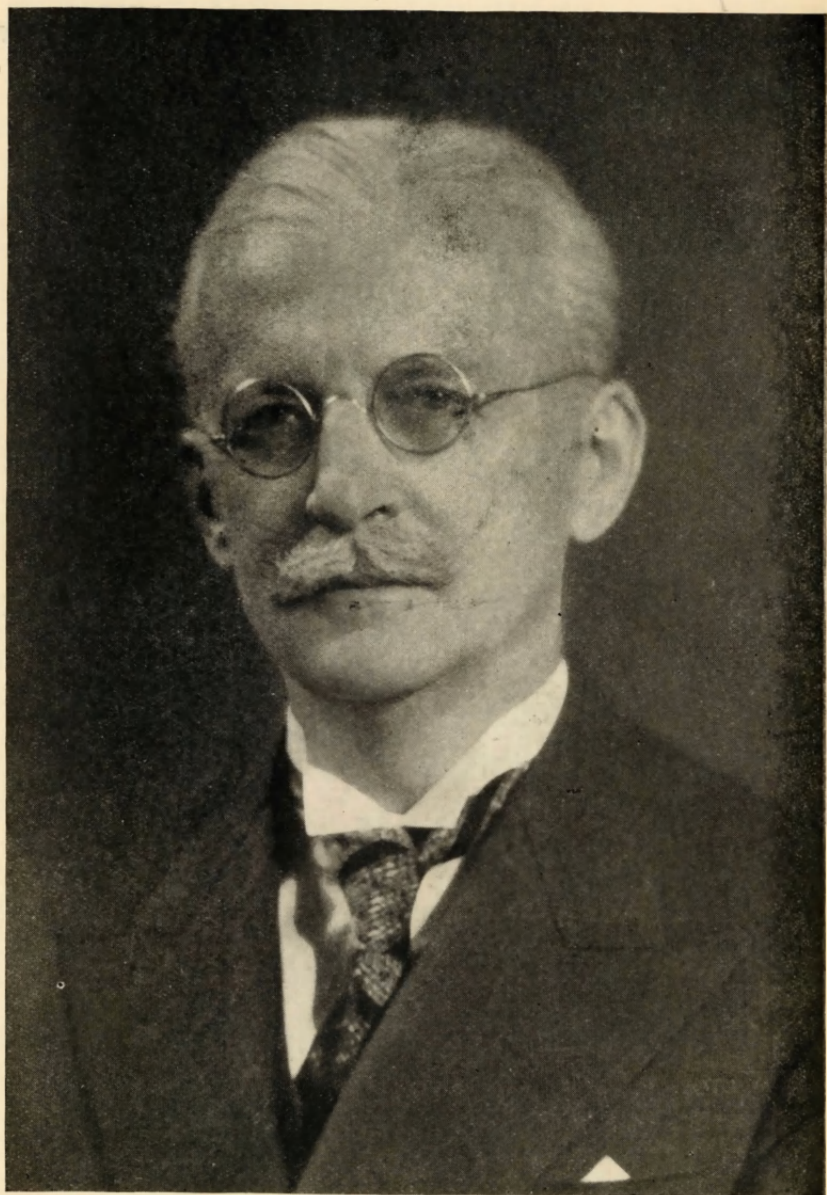
B
4159



RHORER EMLEKKÖNYV

**RHORER
EMLÉKKÖNYV**





A PÉCSI ORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM KIADVÁNYA
I.

RHÖRER
EMLÉKKÖNYV

Csak helyben
használatra


3 006100 019987

1998
PÉCS, 1958



E l ő s z ó

Dr. Rhorer László, néhai főnököm, a biofizika kialakulóban lévő tudományának egyik magyarországi előfutára. Szolgálja ez a kötet kedves és finom alakjának emlékéi és legyen kezdete ilyenformájú tradíció-ápolásnak a magyar tudomány területén, — nyomtalanul elenyésző — szóvirág-csokrok helyett.

Pécs, 1957.

DR. ERNST JENŐ,
a Biofizikai Intézet igazgatója.

RHORER LÁSZLÓ

Rhorer László, az orvostudományok doktora, a pécsi Erzsébet Tudományegyetem Központi Röntgen Intézetének igazgatója, a fizika ny. r. tanára, az orvostudományi kar volt dékánja, a pécsi Országos Középiskolai Tanárvizsgáló Bizottság, az Országos Természettudományi Tanács, a Kir. Magyar Természettudományi Társulat választmányi tagja, a Magyar Orvosok Röntgen Egyesületének alapító és tisztikarának tagja stb., stb., 1937. augusztus 25-én 63-ik évében hatheti súlyos szenvedés után visszaadta nemes, nagy lelkét Teremtőjének.

A tudomány meghajtja zászlóját a nemzetközi viszonylatban is az elsők közt levő tudós előtt. Mint tudós és tanár betöltetlen űrt hagyott maga után.

Dr. Rhorer László született a róm. kat. vallásban 1874. október 18-án Budapesten. Atyja Rhorer Viktor, keresett ügyvéd volt. Középiskoláit és egyetemi tanulmányait Budapesten végezte, orvosdoktorrá promoveálták 1897-ben. Két évig mint körbonctani gyakornok működött Petrik prof. mellett. — 1898. szeptember 1. óta a budapesti m. kir. állatorvosi főiskolán mint tanársegéd, majd mint adjunktus működött a vegytani tanszéken; — 1902-ben a főiskolán a fizikai kémiából, 1907-ben pedig a budapesti Tudományegyetemen orvosi physikális-kémiából magántanárrá képesítették. — 1904-ben a fizika előadója, 1908-ban c. rk. tanár, — 1910-ben pedig a fizika ny. r. tanára lett az állatorvosi főiskolán. Az 1900 év második semesterét külföldi tanulmányúton Lipcsében, Wilhelm Ostwald mellett, 1902-t Würzburgban A. Hantzsch, 1907-ét Cambridgeben J. J. Thomson laboratóriumában töltötte. 1927-ben Stockholmban Siegbahn intézetében a röntgenspektroszopiával foglalkozott. 1923. augusztus 21. óta az orvosfizika nyilvános rendes tanára a pécsi Erzsébet Tudományegyetem orvosi karán. 1923 őszén Pécsen az újonnan felállított Egyetemi Központi Röntgen Intézet igazgatója lett. Háborús szolgálatra 1914. július 25-én vonult be, s mint az 54. hon-

véd menetzászlóalj orvosfőnöke részt vett a szerbiai hadjáratban. 1915-ben a katonai frontszolgálat alól felmentették s azon túl a Pénzintézetek hadikórházának röntgenlaboratóriumát vezette.

Rhorer professzor, mély tudású, bámulatosan sokoldalú, éles látású, önmagát szigorú logikával kritizáló, hazai és külföldi tudósokkal összeköttetéseket tartó nagy és külföldön is általános ismert és tisztelt tudós volt. Legjobban a physikának és chémiának orvostudományi vonatkozásai érdekelték s ezek köréből igen sok tudományos közleménye jelent meg. „*Orvosi physikai chémia*” (1912. év, 360 oldal) című könyvalakban megjelent munkáját az Orvosegylet a Balassa díjával honorálta. A „*Physika*” című, 1914. évben megjelent 700 oldalas tankönyvét generációk tanulták. Ez a könyv nemcsak egyetemi tankönyv volt, hanem nélkülözhetetlen forrás természettudósok számára.

1924-ben jelent meg az *Atomok és kristályok* című 155 oldalas könyve. Számos közleménye jelent meg a Természettudományi Közlönyben, amelyekben mindig a legújabbban felvetődő physikai és chemiai problémákat világította meg (az atomok szerkezete; az atomok mesterséges szétbontása; az atomok nagysága, száma, szerkezete; a higany átalakítása arannyá; a távolbálátás stb., stb.).

Orvosi vonatkozású munkái az Orvosi Hetilapban, a Magyar Orvosi Archivumban, Közl. az összehasonlító élet- és kórtan köréből, Magyar Röntgen Közlönyben, Budapesti Orvosi Újságban, Deutsche Med. Wochenschrift-ben, Zentralbl. f. Physiol.-ban és a Pflüger-s Arch.-ban jelentek meg. Közleményeiben szigorú kritikával keresztülvitt fáradságos kísérleteinek eredményeit közli. Így pl. foglalkozott a vesék osmosisos nyomásának mérésével; a gyomor és belek resorptiójával; Chinin származékoknak és ásványolajok hatásával a tejsavas erjedésre; a fehérje savmegkötő képességének meghatározására eljárást dolgozott ki. Foglalkozott a vizelet aciditásának elektrometriás úton való meghatározásával. Prof. Hári Pállal együtt készült dolgozatát, melynek címe „Az oldatok elméletének alkalmazása és ásványvizek élettani és gyógyító hatásának értelmezése” volt, az Országos Balneologiai Egyesület pályadíjjal tüntette ki. A vörös vérszettek térfogatváltozása insulin hatására címmel két közleménye jelent meg.

Eredményekben dús és sokoldalú tudományos munkálkodás után másfél évtized óta figyelme majdnem kizárólag a röntgenológia felé fordult, melynek számos problémája megoldásán

fáradozott. A lövedékek mechanikai hatásáról című munkája feltűnést keltett. Külföldön is élénk érdeklődésre tett szert a „Sensibilizálás röntgensugarakkal szemben” című közleménye, melyben a besugárzott szövetek előleges jódkáli oldattal való infiltrálásáról számolt be. Előszeretettel foglalkozott a rákproblémával. Rákok röntgenezésével kiváló gyógyulási eredményeket ért el. Errevonatkozólag számos közleménye jelent meg.

De nemcsak mint tudós volt nagy Rhorer professzor, hanem, mint ember is. A becsület, az igazságosság, a jellemeszilárdság, a szelidség, a szerénység és jóság mintaképe volt. Szerető szívvel mindenkit meghallgatott, mindenkin segíteni igyekezett. Mint Főnök atyai jóakarónk, oktatónk, tudományos munkáinkban irányítónk, csüggedésünkben biztatónk volt. Betegei rajongtak érte, és szomorú halálát hangosan megsiratták. A legszegényebb betegével is szeretettel és egyénileg foglalkozott, viszonyai iránt érdeklődött és életkedvet öntött beléje. Jó szívével a szegény betegeket sokszor anyagilag is segítette.

Emlékét szerető szívvel és kegyelettel őrizzük meg nemcsak mi, a tanítványok, hanem megőrzi mindenki, akivel az életben csak találkozott.

DR. NÁNÁSY GÉZA
egyet. m. tanár, adjunktus.

DR. RHORER LÁSZLÓ MUNKÁSSÁGÁNAK JEGYZÉKE A SZERZŐ SAJÁT ÖSSZEÁLLÍTÁSA SZERINT

I. Könyvek.

1. Az elektromosság tanának haladásáról. Budapest, 1910. Term. Tud. Társ. kiadása. 127 l.
2. Orvosi physikai chemia. Budapest, 1912. Kis Akadémia kiadása. Az Orvosegylet Balassa díjával kitüntetve. 360 l.
3. Physika. Egyetemi és főiskola hallgatók számára. Budapest. I. kiadás 1914, II. kiadás 1922. Universitas kiadása. 700 l.
4. Atomok, molekulák, kristályok. Budapest, 1924. Danubia 155 l.

II. Folyóiratban megjelent cikkek:

5. A vizelet aciditásának elektrometriás úton való meghatározása. Orv. Hetilap 1901. 18—19 sz. Pflüger's Arch. 1901. 86. köt. 586.
6. A fehérjék savkötő képességének meghatározása. Közlemények az összehasonlító élet- és kórtan köréből. 1902. 2. füz és kivonatosan: Mat. és Term. Tud. Ért. 20. 233. 1902. Németül Pflüger's Arch. 1902. 90. köt.
7. A vesék osmosisos munkájáról. Orv. Hetilap 1905. 37—39. sz. és Pflüger's Arch. 1905. 109. 375.
8. Erwiederung an Prof. Sahli. Pflüger's Arch. 1905. 109. 391.
9. Zur Frage der Köppe-schen Theorie der HCl Absonderung. Pflüger's Arch. 1905. 110. 416.
10. Az oldatok elméletének alkalmazása az ásványvizek élet-tani és gyógyító hatásának értelmezésére. Hári Pállal. Az Orsz. Balneologiai Egyesület pályadíjával kitüntetve. Magy. Orv. Arch. 1905. 6. köt. 4—6 füz.
11. Oldatok resorptiója a bélben. Közlemények az összehasonlító élet- és kórtan köréből. 1906. 6. köt. 4. füz.
12. A gyomorresorptióról. Tordai Árpáddal. Magy. Orv. Arch. 1906. 7. köt. 3. füz.
13. Die Rolle der partiellen Konzentrationen bei der osmo-

tischen Arbeit der Nieren. Centralbl. f. Physiol. 1906. 21. köt. 26. sz. 22. köt. 1. sz.

14. A lövedékek mechanikai hatásáról. Pénzintézetek Hadikórházainak Évkönyve, 1916. 56 l.

15. Sensibilisálás Röntgen sugarakkal szemben. Pénzintézetek Hadikórházainak II. Évkönyve. 1920. Sensibilisierung gegen Röntgenstrahlen. Deutsche Med. Wochenschr. 1918. 50 sz.

16. Die Sensibilisierungsfrage in der Strahlentherapie. Deutsche Med. Wochenschr. 1920. 39 sz.

17. A röntgensugarakra és a kristályok szerkezetére vonatkozó újabb vizsgálatok. Term. Tud. Közl. 1920. évf. 139 l.

18. Az atomok szerkezete. Term. Tud. Közl. 1921. 193.

19. Az elemek mesterséges szétbontása. Term. Tud. Közl. 1922. 216.

20. Az atomok nagysága, száma és szerkezete. Term. Tud. Közl. 1923. 17.

21. A higany átalakítása arannyá. Term. Tud. Közl. 1924. 326.

22. A Morgenroth-féle chininszármazékok hatásáról a tejsavas erjedésre. Magy. Orv. Arch. 1922. 23. 3. füz.

23. Brennstoffelemente und elektrochemische Reduktion der Metalle bei hoher Temperatur. Zeitschr. f. Elektrochem. 1923. 478.

24. A rák sugaras gyógyításáról. Magy. Röntg. Közl. 1927. 1—6. sz.

25. Az insulin hatása a sejtek permeabilitására. Dr. Niemczik Gézával. Közlemények az összehasonlító élet- és kórtan köréből. 1928. 22. köt.

26. A távolbalátás. Term. Tud. Közl. 1929. 561.

27. Fizika és orvosképzés. Orv. Hetilap. 1930. 24. sz.

28. Insulin hatása a vörösvérsejtek térfogatára. Dr. Niemczik Gézával. Közlemények az összehasonlító élet- és kórtan köréből. 1931. 24. köt. 1—4. füz.

29. A rákos betegségek röntgenkezelése. „Rákbetegségek” c. munkában. Budapest, 1932.

30. A rákos daganatok röntgensugaras kezelése. Orv. Hetilap. 1932. 46. sz.

31. Sugaras kezelési eljárások. Magy. Sebésztárs. Munkálatai. 1932.

32. A természettudományi megismerés módszerei. Tóth Lajos előadás. Term. Tud. Közl. 1933. nov.

33. Mire használható a röntgensugaras gyógyítás a rosszindulatú daganatok elpusztításán kívül. Budapesti Orv. Újság. 1934. 26. sz.

A könyvek tartalomjegyzékei

Dr. Rhorer László, *Orvosi physikai chemia. Budapest. 1911.*

Tartalomjegyzék.

I. Az anyag és energia megmaradásának elve.

Az anyag megmaradása elvének igazolása Landolt kísérletei által. — A munka és az energia fogalma. A különböző energiafajok mérésére szolgáló egységek s azoknak egymáshoz való viszonya.

II. Gáztörvények.

Boyle-Mariotte és Gay Lussac törvényei. — Az általános gáztörvény. — A gázak sűrűsége és molekulasúlya között fennálló összefüggés. — A gázak isotherm tágulásának munkája.

III. Az oldatok törvényei.

Szabad diffusio és osmosisos vízáramlás. — Az osmosisos nyomás közvetlen meghatározása. Van't Hoff törvényei. — A semi-permeabilitás magyarázata.

IV. Fagyáspontcsökkenés és forráspontemelkedés.

Az osmosisos nyomás meghatározásának közvetett módszerei. — A Beckmann-féle készülék. — Convergentia-temperatura. — Kryo-hydratok. — A mérés kivitele s az eredmény kiszámítása.

V. Elektrolytes dissociatio.

Physikai alapfogalmak: áramerősség, elektromotoros erő és ellenállás. — Az ellenállás meghatározása a Wheatstone-hid segítségével. — Másodrendű vezetők, Faraday törvényei. — Az

aequivalens vezetőképesség fogalma. — Arrhenius hypothesis és annak kísérleti igazolása. — Az elektrolytes áramvezetés mechanismusa. — Az ionok vándorlási sebessége. — Az elektrolytes vezetőképességének meghatározása Kohlrausch szerint.

VI. Az osmosis nyomás szerepe az orvostudományokban.

Az isotonia fogalma, — Diffusio és osmosis tökéletlen semipermeabilitás esetén. — Resorptios nyomás. — A vér, szövetnedvek és váladékok osmosis viszonyai. — Az egyes sejteken, szövetdarabokon és összefüggő hártyákon észlelhető osmosis jelenségek. — Resorptio a savós üregekből, bélből és a gyomorból. — Nyirokképződés. — Secretio. — Klinikai alkalmazások.

VII. Chemiai mechanika.

A reakció-sebesség és a sebességi állandó fogalma. — Mono-, bi- és trimolekuláris reakciók. — A reactiosebesség változása a hőmérsékkel. — Katalysis. — Megfordítható reakciók és chemiai egyensúlyi állapotok. — Homogén rendszerek: elektrolytes dissociációs egyensúly. — Ostwald hígítási törvénye. — Dissociatiofok és reactióképesség. — Savak és basisok erőssége. — A dissociatio visszaszorítása. — A víz dissociációja. — Az elméleti neutralitás és az indicatorok. — Hydrolysis. — Amphoter elektrolytes. — Heterogen rendszerek: telített oldatok. — Gázak absorptiója. — Megoszlási egyensúly. — Adsorptio. — Az egyensúly változása a hőmérséklettel és nyomással.

VIII. Chemiai mechanika és életjelenségek.

Az élő szervezet mint chemiai egyensúlyi rendszer. — Az enzýmák. — Reversibilis enzym-reactiók. — Antifermentumok. — Osmosis analysis. — A fehérjék savkötő képessége, Sjöquist és Bugarszky-Liebermann vizsgálatai. — Immunochemia. — Arrhenius-nak az emésztésre és resorptióra vonatkozó vizsgálatai. — Paul és Krönig-nek a desiniciens szerekre, His és Krönig-nek a húgysavoldó szerekre vonatkozó dolgozatai. — A narcosis elmélete H. Meyer és Overton szerint — Reactiosebesség és hőmérsék.

IX. Thermochemia.

A reactiohő fogalma és annak fontosabb fajai. — A legnagyobb munka elve. — A szervezetek energiafogalma. — Az

energia megmaradásának elve és a mechanikai munka alakjában való értékesítés hatásfoka élő szervezeteknél. — A fejlődés munkája és az emésztés reakcióhője.

X. *Elektrochemia.*

Az elektromotoros erő kísérleti meghatározása. — A koncentrációs és galvánelemek Nernst-féle elmélete. — A diffúziós potenciál-különbség kiküszöbölése. — Oldási tensio és bomlási feszültség. — Elektroanalysis. — Elektromotoros erő és reakcióhő.

XI. *Az elektrochemia alkalmazásai az orvosi tudományokban.*

Ionkoncentrációk elektrometriás úton való meghatározása sav- és fehérjetartalmú oldatokban, a vizeletben és a vérben. — J. Loeb-nek és Overton-nak specifikus ionhatásokra vonatkozó vizsgálatai. Petefejlődés osmosisos és ionhatásokra. — Antagonisticus ionhatások. — Az elektromos áramok ingerlő hatásának Nernst-féle elmélete. — A Tesla-áramok physiologiás hatástalansága.

XII. *Kolloid-oldatok.*

Suspensiós és emulsiós kolloidok. — A fontosabb kolloidok és előállításuk módszerei. — A kolloidok jellemző sajátságai: optikai sajátságok, ultrafiltratio, diffúzióképesség, belső surlódás, osmosisos nyomás, Brown-mozgás, fagyáspontcsökkenés és elektromos vezetőképesség. — Az oldatok stabilitása. — Activ anyagok. — Szabad elektromos töltés, kataphoresis, az elektrolytek kicsapó hatása. — Stabilitás emulsióknál. — Kocsonyásodás és kisózhatóság. — A kolloidok egymásra való hatása. — Szabálytalan sorok. — Biológiai alkalmazások. — Präcipitatio és agglutinatio.

Függelék.

A törésmutató meghatározása at Abbe-féle refractometerrel. — A belső surlódás meghatározása az Oswald-féle viscosimeterrel.

Dr. Rhorer László: Az elektromosság tanának haladásáról.

Budapest, 1910.

Tartalomjegyzék:

Bevezetés.

A gázak természetes vezetőképessége, az ionizáció mesterséges fokozása, az áramvezetés mechanizmusa.

Önálló áramok: csúcskisülés, kisülések ritkított gázokban, elektromos szikra és ívfény.

Az elektron szabad állapotban:

Katódsugarak, az elektron töltése és tömege.

Lenard-sugarak, ultraibolya fény és hő által szabaddá tett elektronok.

Pozitív (cső- és anód) sugarak.

Elektromágneses tömeg.

A Thomson-féle atommodell.

Az elektronelmélet alkalmazása a már ismert elektromos és mágneses jelenségekre:

Elektrosztatikus jelenségek, az elektronok fajtái.

Az elektromos áram első és másodrendű vezetőiben.

Hall-féle tűnemény.

Mágneses jelenségek.

Sugárzási jelenségek.

Zeemann-féle tűnemény.

Irodalom.

Dr. Rhorer László: Atomok, molekulák, kristályok.

Budapest, 1924.

Tartalomjegyzék:

Előszó.

I. *Atomok, molekulák szerepe a chemiában.*

Atomsúly és molekulasúly. — Avogadro törvénye. — A molekulasúly meghatározása. — Anyag és elektromosság. — A periódusos rendszer.

II. *Az atomok és molekulák száma és méretei.*

A molekulák méreteinek becslésszerű meghatározása. — A kinetikai gázelmélet. — A Brown-féle mozgás.

III. Az atomok szerkezete.

Az atomok is összetettek. — A katodsugarak. — A fényelektromos hatás. — A gázak elektromos vezetőképessége. — Thermoionok. — Zeemann-tünemény. — Az elektronok töltésének meghatározása. — Az elektronok tömege és átmérője. Elektromágneses tömeg. — Az elektronelmélet. — J. J. Thomson atomelmélete. — Csősugarak. — A rádióaktív sugárzások. — A rádióaktivitás elmélete. Az atomok elbomlása. — Isotop elemek. — A Rutherford-féle atomelmélet. — A színeképek törvényszerűségei. — A Röntgen sugarak. — Planck sugárzás-elmélete. — A Bohr-féle atomelmélet. — A színeképvonalak ütközéses gerjesztése. — A fényelektromos hatás és a fénykibocsátás mechanizmusa. — A Bohr-féle atom és a periodusos rendszer. — Az elektronpályák térbeli elhelyeződése. — Az atommagok szerkezete. — Az elemek mesterséges szétbontása. — Magszerkezet és periodikus rendszer. — Az elem fogalmának meghatározása — Makrokosmos és mikrokosmos.

IV. Az anyagnak atomokból való felépítése.

Az atomoknak molekulákká való egyesülése. — A kristályok szerkezete. — A kristályokat összetartó erők. — Öszefoglalás.

Dr. Rhorer László: Physika.

Tartalomjegyzék:

MECHANIKA

A mechanika tárgya és felosztása.

Kinematika.

Egyenesvonalú egyenletes mozgás. Hosszúság és időmérés. Egységek és dimenziók. — Egyenes vonalú, változó sebességű mozgás. — Szabad esés. — Összetett mozgások. — A függőleges hajítás. — A lejtőn való esés. — Egyenletes körmozgás.

Dynamika.

Newton mozgási törvényei. — A munka, effectus, energia, impulsus és mozgásmennyiség.

Merev testek statikája.

Különböző pontokon támadó erők összetétele. — A forgató nyomaték. — Párhuzamos erők összetétele. — Egyensúly. — Egyszerű gépek. — Emelő. — A mérleg. — Az ízületek mechanizmusa. — A csiga. — A hengerkerék. — A lejtő. — A csavar. — Az ék.

Merev testek dinamikája.

A merev testek forgása. — A centrifugális erő. — Szabad tengely. — Lengő mozgás.

Általános tömegvonzás.

Szilárd, cseppfolyós és légnemű testek mechanikája.

Szilárd testek.

Rugalmasság és szilárdság. — Rugalmas erők szerepe a mozgásnál. — Ütközés. — Surlódás.

Cseppfolyós testek mechanikája, ideális folyadékok.

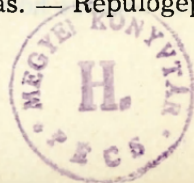
Hydrostatikai nyomás. — Felhajtó erő, Archimedes törvénye. — Folyadékok sűrűségének meghatározása. — Szilárd testek sűrűségének meghatározása.

Realis folyadékok.

Felületi feszültség (Capillaritas). — A felületi feszültség kísérleti meghatározása. — Összenyomhatóság. — Belső súrlódás (viscositas). — A folyadékok energiája. — A kifolyás sebessége. — A folyadékok áramlása merev-falú csövekben. — Áramlás rugalmas-falú csövekben. — A folyadékok energiájának technikai értékesítése.

Gázak mechanikája.

A légnyomás. — Légszivattyúk. — A gázok sűrűsége. — A levegő felhajtó ereje. — A légnyomás gyakorlati alkalmazásai. — Magasságmérés a légnyomás alapján. — A léghajó. — Gázok áramlása. — Belső surlódás. — Közegellenállás. — Repülőgépek.



HANGTAN

A rezgő- és hullámmozgás. — A rezgések graphikai ábrázolása. — A rezgések csillapodása. — Kényszerített rezgések. Együttlrezgés (resonantia). Lebegés. — A rezgések összetétele. — A rezgések sugárirányú tovaterjedése. — Transversalis és longitudinalis rezgések. Hullámmozgás. — A terjedéssebesség. — A hullámok találkozása. Interferentia. — A hullámok visszaverődése. — A hullámfelület. — Visszaverődés (reflexio). — Törés (refractio). — Elhajlás (diffractio). — Doppler elve.

A hangokról.

A hangok erőssége. — A hangok magassága. — A hangok színezete. — A hangot adó testek rezgései. — Egy méretű testek. — Két méretű testek. — Három méretű testek. — A hangok tovaterjedése. — A hang terjedéssebessége. — A hangok visszaverődése. — A hangok törése. — A hangok interferentiája. — Elhajlás. — Doppler-féle tűnemény. — Lebegések. — Kombinációs hangok. — A zene physikai alapjai. — A hallószerv. — Consonantia. — A hallás resonantia-elmélete. — A beszélőszerv.

HŐTAN

A hőmérséklet meghatározása. — A hőtágulás. — Gay-Lussac törvényei. — Dalton törvénye. — Idealis és realis gázok. — Az általános gáztörvény. — Az absolut hőmérséklet. — A gázak térfogatának reductiója. — A gázhőmérők. — Állandó hőmérséklet előállítása. — A hőmennyiség. — A hőmennyiség meghatározása. — A fajmeleg. — Halmazállapotváltozások. — Az olvadás és fagyás. — Az olvadáshő. — Az oldódás. — Párolgás. — Forrás. — A levegő vízgőztartalma. — A lecsapódás. — A párolgáshő. — Kritikus jelenségek. — A „permanens” gázak cseppfolyósítása. — Eltérések a gáztörvényektől. — A kinetikai gázelmélet. — Van der Waals elmélete. — A Brown-féle molecularis mozgás. — A fajmelegek elmélete a quantum-hypothesis alapján.

Hővezetés.

Thermodynamika. — A thermodynamika I. főtétele. — Isothermalis változás. — Adiabaticus változás. — II. főtétel. — Az entropia. — A szabad energia. — A két főtétel összefoglalása. — Az absolut hőmérsékleti scala.

A hőerőgépek.

Gőzgépek. — Explosziós motorok. — Hűtőgépek.

Az élő szervezetek energiaforgalma.

Hőszabályozás. — Az energiaforgalom. — Az energia megmaradásának elve. — A szervezetek munkájának hatásfoka.

OPTIKA

A fény egyenesvonalú terjedése. — A fény terjedéssebessége. — A fényerősség meghatározása (photometria). — Visszaverődés és törés. — A sík felületeken való visszaverődés. — A siktükör gyakorlati alkalmazásai. — A reflexiós goniometerek. — Gömbtükörök. — A fénytörés. — Teljes visszaverődés. — Planparallel lemezek. — A hasábok fénytörése. — Optikai ábrázolás sík felületen való törés útján. — Törés gömbfelületen. — Lencsék. — A képek szerkesztése. — Vastag lencsék. Optikai középpont. — Több lencse együttes hatása. — A lencsék törőképessége. — A lencsék hibái. — Az astigmatismus. — Hengerlencsék. — Képdomborodás és torzulás. — A törésmutató meghatározása. — Törésmutató és színszóróképesség. — A lencsék színi eltérítése. — Anomális dispersio.

A szem mint optikai eszköz.

A fényhatárolók. — Az optikai eszközök osztályozása. — A fényképező készülék. — A vetítő készülék. — A szem. — A sugarak útja. — Az alkalmazkodás (accomodatio). — A látásélesség. — A szem törési rendellenességei. — A szemtükör. — A látószög nagyítására szolgáló eszközök. — Egyszerű nagyító (lupe). — Az összetett nagyító (mikroszkop). — A sötét látótér. — Az ultramikroszkop. — A távcsövek.

Emissio és absorptio.

A fény keletkezése. — Absorptio. — A sugárzás törvényei. — A fény különböző hatásai. — A fény rezgésmélete. — A fény interferenciája. — Álló fényhullámok. — A fény elhajlása. — Optikai ábrázolás a hullámmélet értelmében. — A polarisatio. — Kettős törés. — Optikai forgatóképesség.

MÁGNESÉG

Alapjelenségek. — Coulomb törvénye. Mágneses tér; erővonalak. — Földmágnesség. — Mágneses megoszlás (influentia vagy inductio).

ELEKTROMOSSÁGTAN

Elektrostatika.

Dörzsölési elektromosság. — Coulomb törvénye. — Elektromos potential. — Az elektromosság elhelyezkedése vezetőkön. Capacitas. — Elektromos megosztás (influentia). — Elektromos sűrítők (condensatorok). — Az elektromos tér energiája. — Elektrostatikai mérések.

Az elektromos áram.

Ohm törvénye. — Kirchhoff törvényei. — Az Wheatstone híd. — Az elektromos áram hatásai. Hőhatás. — Thermoelektromos jelenségek. — Az áram chemiai hatásai. — Elektrolytes dissociatio. — Átviteli szám és ionmozgékonyság. — Az áramvezetés mechanizmusa. — A vezetőképesség kísérleti meghatározása. — Polarisatio. Accumulatorok. — Galvanelemek. Az elektromotoros erő mérése. — Telepekké való kapcsolás. — Elektromotoros erő és reactionhő. — A galvanáram keletkezésének osmosios elmélete. — Egyes elektrodok potentialja. — Bontási feszültségek. — Nem polarisálódó elektrodok. — Passivitas. — Az érintkezési elmélet. — Capillaris elektrometer. — Elektroosmosis és kataphoresis. — Az áram chemiai hatásának gyakorlati alkalmazásai. — Az elektromos áram élettani hatásai. — Elektropathologia. — Bioelektromos jelenségek. — Az áram mágneses hatásai. — Galvanometerek. — Volt- és amperemérők. — Mágneses térben való elmozdulások munkája. — Solenoid. Elektromágnesek. — Molecularis áramkörök. — Gyakorlati alkalmazások. — Elektrodynamika. — Elektromágneses inductio — Váltakozó áramok. — Elektroinductio. — Öninductio. — Öninductio és capacitas a váltakozó áramkörben. — Az inductio gyakorlati alkalmazásai. Dynamogépek és elektromotorok. — Váltakozó áramú gépek. — Transzformatorok. — Több phasisu áramrendszerek. — Forgó mágneses tér. — A telephon. — A szikrainductor. — Az oscilláló kisülés. Elektromos rezgések.

— A rezgések gerjesztése. — Tesla kísérletei. — Orvosi alkalmazások. — Elektromos hullámok. — Elektromos törésmutató

és dielektromos állandó meghatározása. — Elektromos hullámok izolátorokban. Elektromágneses fényelmélet. — Az eddig ismert elektromágneses hullámok. — A drótnélküli távíró. — A drótnélküli telephon.

Az elektromosság áramlása gázokban.

A gázak vezetőképessége. — Az ionok töltésének meghatározása. — Önálló áramkörök. — Kisülések ritkított gázokban. — Kathodsugarak. — A töltések abszolút értéke. Az elektron. — Hallwachs-tünemény. — Thermoionok. — Zeemann tünemény. — Stark-effektus. — Elektromágneses tömeg. — A relativitás elve. — Csősugarak. — Anodsugarak. — Röntgen-sugarak. — A Röntgen-sugarak absorptiója. — Másodlagos sugárzások. — A Röntgen-sugarak interferenciája. — A Röntgen-sugarak hatásai.

RADIOACTIVITAS

A radioaktivitas felfedezése és a radium előállítása. — A sugárzás különböző fajtái. — A sugarak physikai hatásai. Luminiscentia. — Ionisatio. A radioaktivitas mérése. — Hőfejlődés. — Chemiai hatások. — Orvosi alkalmazások. — A radioaktivitas elmélete. — A radium keletkezése és bomlása. — Az emanatio. — Az emanatio bomlástermékei. Inducalt activitas.

Az atomok szerkezete.

A Rutherford—Bohr-féle atomminta. — Az atommagok szerkezete. — A N-atomok elbontása. Isotop elemek. — A színeképek keletkezése és szerkezete. — A rezgések ütközéses gerjesztése. — Az anyag szerkezetének kérdése.

Bonn, 1905. Separatabruck aus dem Archiv für die ges. Physiologie
Bd. 109.

(Aus dem chemischen Institute der Kgl. ung. tierärztlichen Hochschule
Budapest.)

ÜBER DIE OSMOTISCHE ARBEIT DER NIEREN

Von Dr. *Ladislaus von Rhorer*.

(Mit 1 Textfigur.)

Die osmotische Arbeit der Nieren (s. w. u.) verdient, sowohl vom praktischen, wie auch vom theoretischen Standpunkte aus, beachtet zu werden. Die Bearbeitung der praktischen, klinisch-diagnostischen Seite der Frage ist das Verdienst *Alexander v. Korányi's*¹⁾ und seiner Schule. Ich denke, dass die Sache von dieser Seite hinreichend bekannt ist, und verweise nur auf die ausführliche Darstellung im Handbuche *Hamburger's*²⁾ und in der Monographie von *Kövesi und Róth-Schulz*³⁾.

Um so weniger kann behauptet werden dass die Frage von der theoretischen Seite her aufgeklärt sei. Die Bestimmung des Begriffes der osmotischen Arbeit der Nieren und die ersten diesbezüglichen Berechnungen haben wir *Dreser*⁴⁾ zu verdanken. Indessen sind diese Berechnungen, wie es aus dem weiteren hervorgehen wird, derart wenig übersichtlich, dass sie, wie *Hamburger* (l. c. II. 390) betont, „von vielen nicht recht verstanden worden sind“. Und dass dies selbst *Hamburger* nicht gelungen ist, zu dessen Illustrierung genügt es wohl zu erwähnen,

¹⁾ Zeitschr. f. klinische Medizin Bd. 33 H. 1. u. 2.

²⁾ Osmotischer Druck und Ionenlehre in der Medizin.

³⁾ *Kövesi und Róth-Schulz*, Pathologie und Therapie der Niereninsuffizienz bei Nephritiden, Leipzig 1904.

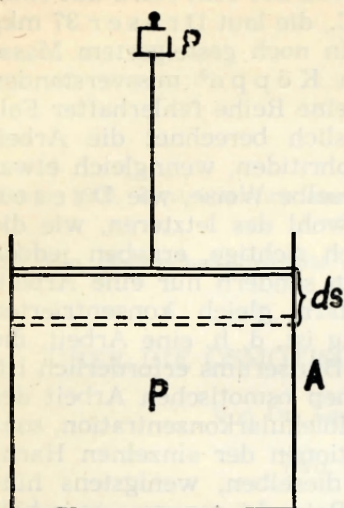
⁴⁾ Arch. f. exp. Path. und Pharm. Bd. 29 S. 303. 1892.

dass er die Arbeit der Verfertigung von 200 ccm Harn mit einer Gefrierpunktniedrigung von $2,3^{\circ}\text{C.}$, die laut Dreser 37 mkg beträgt, auf 263,5 mkg berechnet. In noch gesteigertem Masse ist Dreser's Gedankengang von Köppe⁵ missverstanden worden, der demselben gleichzeitig eine Reihe fehlerhafter Folgerungen angeknüpft hat, Schliesslich berechnet die Arbeit der Nieren bei experimentellen Nephritiden, wenngleich etwas einfacher, doch im Principe auf dieselbe Weise, wie Dreser, Galeotti¹. Die Berechnungen sowohl des letzteren, wie die von Dreser, sind an und für sich richtige, ergeben jedoch nicht die Arbeit der Harnerzeugung, sondern nur eine Arbeit, die zur Erzeugung einer dem Harn gleich konzentrierten Flüssigkeit aus dem Blute notwendig ist, d. h. eine Arbeit, die zur Erzeugung eines eingedichteten Blutserums erforderlich ist. Bei der Bestimmung der tatsächlichen osmotischen Arbeit der Nieren ist nicht bloss die gesamte Molekularkonzentration, sondern auch die partiellen Konzentrationen der einzelnen Harnbestandteile zu beachten; werden dieselben, wenigstens hinsichtlich der Hauptbestandteile, in Betracht gezogen, so erhält man für die Arbeit der Nieren einen, den bisher berechneten mehr als um das Doppelte übersteigenden Wert. Einerseits infolge dieses Umstandes, andererseits infolge der erwähnten Missverständnisse hielt ich es für gerechtfertigt, den ganzen Gedankengang, auf dem die Berechnung beruht, sowie die Berechnung selbst, in dem folgenden in möglichst leicht verständlicher Form zusammengefasst zu schildern.

Der Grundgedanke von Dreser ist folgender: die Nieren verfertigen aus dem Blute unter normalen Verhältnissen einen Harn, dessen Konzentration im allgemeinen bedeutend höher, ausnahmsweise aber auch geringer, als jene des Blutes ist; sie erzeugen dementsprechend im allgemeinen Konzentrationsdifferenzen, infolgedessen sie dem osmotischen Drucke gegenüber, der gerade diese Differenzen auszugleichen sucht, eine Arbeit vollführen müssen. Diese Arbeit ist die osmotische Arbeit der Nieren, welche durch dieselben mit Hilfe von uns gänzlich unbekannten Kräften dem osmotischen Drucke gegenüber ausgeführt wird, so dass sie eigentlich osmosenwidrige Arbeit genannt werden sollte, und deren Wert auf Grund des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik und der

⁵ Deutsche med. Wochenschr. 1903 S. 817.

¹ Engelmann's Arch. 1902. S. 200.



van 'Hoff'schen Gesetze des osmotischen Druckes, auch ohne Kenntnis des die Arbeit leistenden Mechanismus, bestimmt werden kann. Behufs dessen wollen wir — auf die Analogie, die zwischen den Gesetzen der Lösungen und Gase besteht, gestützt — am zweckmässigsten aus einem, sich auf ein Gas beziehenden Beispiele ausgehen.

Bekanntermassen bedarf man zur Kompression der Gase eines gewissen Arbeitsaufwandes, wogegen dieselben während ihrer Ausdehnung eine gleichwertige Arbeit leisten können. Der Wert dieser Arbeit lässt sich auf folgende Weise berechnen: Neh-

men wir an, dass A ein Reservoir darstellt, dass ein Gas mit einem Drucke p enthält; dasselbe ist nach oben mit einem verschiebbaren Stempel verschlossen, über welchem letzterem sich ein luftleerer Raum befindet. In diesem Falle beträgt der gesamte, auf den Stempel ausgeübte Druck des Gases (vorausgesetzt, dass die Fläche des Stempels gleich f ccm beträgt) $P = p \cdot f$ und die Arbeit, welche zur Verschiebung des Stempels um den unendlich kleinen Betrag ds nötig ist, ergibt sich zu $dA = P \cdot ds = p \cdot f \cdot ds = p \cdot dv$, indem $f \cdot ds$ gleich der Volumänderung des Gases, also gleich dv ist.

Diese Berechnungsweise kann nur bei unendlich kleinen Volumänderungen angewendet werden, wo der Druck p des Gases während der Veränderung als konstant angenommen werden darf. Mit Hilfe der Integralrechnung lässt sich aber auch die zu einer endlichen Volumänderung nötige Arbeit berechnen, wenn man nur weiss, auf welche Weise sich der Druck verändert, wenn sich das Volum verändert, d. h. wenn wir wissen, welche Funktion des Volums der Druck darstellt. Dann ist die zur Kompression vom Volum v_1 auf v_2 nötige Arbeit

$$A = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv.$$

(Diese Arbeit ist negativ, da bei der Kompression Arbeit nicht

gewonnen wird, sondern verrichtet werden muss.) Bleibt während der Veränderung die Temperatur konstant, so wissen wir im Sinne des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes das $p \cdot v = \text{Konstante}$, und zwar ist der Wert dieser Konstante bezüglich 1 Grammolekül aller Gase (2 g H., 32 g O usw.),

$K = RT$, wobei R die allgemeine Gaskonstante (ihr Wert beträgt 0,0821 Literatm. = 1,991 g Kal. = 0,848 mkg) und T die absolute Temperatur ($T = 273 + t^\circ \text{ C.}$) bedeuten.

Demgemäss ist $pv = RT$

$$\text{d. h. } p = \frac{RT}{v}$$

wird das in die obige Formel eingesetzt¹,

$$\begin{aligned} A &= -RT \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = +RT \int_{v_2}^{v_1} \frac{dv}{v} = RT \log \text{nat} \frac{v_1}{v_2} \\ &= 2,303 \cdot RT \log^{10} \frac{v_1}{v_2} \quad (1) \end{aligned}$$

wenn man die natürlichen Logarithmen auf Brigg'sche umrechnet.

Setzt man noch an Stelle von R die oben angegebenen Werte dieser Konstante und die entsprechenden Werte der absoluten Temperatur ein, so erhält man bei $37^\circ \text{ C.} = 310^\circ$ absoluter Temperatur:

$$\begin{aligned} A &= 58,61 \log \frac{v_1}{v_2} \text{ Literatm.} = 1421,4 \log \frac{v_1}{v_2} \text{ g Kal.} \\ &= 605,5 \log \frac{v_1}{v_2} \text{ mkg.} \quad (2) \end{aligned}$$

Der Wert dieser sogenannten Maximal- (resp. Minimal-) arbeit ist vom Wege unabhängig, d. h. es ist gleichgültig, ob z. B. die Ausdehnung kontinuierlich oder abschnittsweise vor sich geht, vorausgesetzt, dass die Veränderung isotherm und reversibel, also bei konstanter Temperatur, und auf

¹ und werden ausserdem die Integrationsgrenzen vertauscht, damit man für die zu verrichtende Arbeit einen positiven Ausdruck erhält. In diesem Falle ist nämlich die strenge Bezeichnungsweise, bloss die vom System abgegebene Arbeit als positiv zu rechnen, überflüssig, da Missverständnisse in dieser Beziehung nicht auftreten können.

die Weise stattfindet, dass die Kompression beispielsweise durch Herabnahme eines minimalen Übergewichtes wieder rückläufig gemacht werden kann. Dies ist deshalb erforderlich, damit kein Teil der Arbeit infolge störender Umstände in Verlust gehe, sich z. B. infolge der Reibung nicht in Wärme umwandle, da in diesem Falle die aufzuwendende Arbeitsmenge naturgemäss grösser erscheinen wird.

Die aufgezählten Erwägungen sind auch der Ausdehnung und Kompression von Lösungen gegenüber gültig. Enthält auf der vorherigen Abbildung das Reservoir A eine Lösung, und ist der Stempel aus einem (semipermeablen) Stoffe verfertigt, der das Lösungsmittel (Wasser) durchlässt, den gelösten Stoff dagegen nicht, so wird der letztere, indem er sich auf dieselbe Weise auszudehnen sucht, wie im vorerwähnten Falle das Gas, auf den Stempel einen sogenannten osmotischen Druck ausüben und denselben, wenn sich darüber reines Lösungsmittel (Wasser) befindet, in die Höhe schieben.

Hinsichtlich des osmotischen Druckes hat van't Hoff nachgewiesen, dass er nur von der sogenannten osmotischen Konzentration (H a m b u r g e r), d. h. von der Zahl der in 1 Liter gelösten Moleküle und Ione, und von der Temperatur abhängt und ebenso gross ist, als würde der gelöste Stoff den betreffenden Raum in Gasform ausfüllen, dass demzufolge zwischen osmotischem Druck und Volum dasselbe Verhältnis

$$p \cdot v = RT$$

besteht, wie bei den Gasen und der Wert des R in bezug auf 1 g Molekül¹ eines beliebigen Stoffes auch hier 0,0821 Literatm. = = 1,991 Kal. = 0,848. nkg beträgt. Demgemäss wird die (minimale) Arbeit, welche zur Kompression eines Grammmoleküls von v_1 auf v_2 zu verrichten ist, durch dieselben Gleichungen (2) wie bei den Gasen gegeben.

Die Veränderung muss auch hier eine isotherme und ausserdem reversible sein, dementsprechend man jeden durch Reibung usw. erzeugten Verlust vermeiden soll. Doch hat die Reversibilität hier noch eine Bedingung, jene nämlich, dass die den Stempel bildende Membran in der Tat semipermeabel sei, d. h. nur das Lösungsmittel durchlasse, den gelösten Stoff hingegen zurückhalte. Passiert (diffundiert) nämlich, wie es tatsächlich vor-

¹ Entstehen infolge der Dissoziation des gelösten Stoffes aus einer Grammmolekül $i = 1 + (n - 1) \alpha$ Mol. + Ione, so steigt auch der Wert der Arbeit auf das i -fache des Obigen.

zukommen pflegt, auch ein geringerer oder grösserer Teil des gelösten Stoffes die Membran, so ist dieser Teil in Bezug auf die Kompression in Verlust gegangen, auf dieselbe Weise, wie jener Teil des Gases, der neben dem Stempel oder allerdings durch eine Öffnung desselben ausströmt. In diesem Falle wird die zur Kompression erforderliche Arbeit grösser sein, ebenso, wie bei einer Kompressionsluftpumpe, deren Ventile nicht gut schliessen (das einmalige Hinunterdrücken des Stempels geschieht natürlich leichter, wenn derselbe nicht gut schliesst, doch lässt sich eine gewisse Gasmenge unter ähnlichen Verhältnissen nur auf Kosten einer gesteigerten Arbeit auf ein bestimmtes Volumen komprimieren).

Nach dieser rein physikalischen Einleitung wollen wir auf unsere eigentliche Aufgabe, auf die Bestimmung der osmotischen Arbeit der Nieren übergehen. Die Nieren erzeugen aus dem Blute, dessen osmotische Konzentration etwas weniger als ein Drittel beträgt (d. h. es sind in 3 Liter Blut 1 Grammmoleküle + Ionen gelöster Stoffe enthalten), unter normalen Verhältnissen einen ca. dreimal konzentrierteren Harn, d. h. sie komprimieren die gelösten Stoffe auf ein ungefähr dreimal geringeres Volumen, wodurch der osmotische Druck auf das Dreifache gesteigert wird; dementsprechend kann diese Kompression nur durch eine Arbeitsleistung der Nieren zustande kommen. Ohne dass uns der Mechanismus der Kompression bekannt wäre, sind wir fähig, die Grösse der dazu erforderlichen minimalen Arbeit zu bestimmen, da dieselbe von dem Wege, auf dem die Veränderung erfolgt, unabhängig ist und bloss vom Anfangs- und Endzustand abhängt. Erzeugen dementsprechend die Nieren so viel Harn (mit einem Volumen v_2), dass derselbe insgesamt gerade 1 Mol. der verschiedenen Bestandteile enthält, und wird diese Harnmenge aus einer Blutmenge mit einem Volumen v_1 verfertigt, so beläuft sich die durch die Nieren verrichtete Arbeit laut der Formel (1) auf

$$A = 2,3 RT \log \frac{v_1}{v_2}.$$

An Stelle der Volumina ist es hier zweckmässiger, mit (Mol. + Ionen-)Konzentrationen zu rechnen; wird die Lösung, deren Konzentration c_1 und Volumen v_1 beträgt, auf eine Konzentration c_2 und ein Volumen v_2 komprimiert, so wird sich die Menge

der gelösten Stoffe inzwischen natürlich nicht verändern, folglich ist $c_1 v_1 = c_2 v_2$, d. h. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{c_2}{c_1}$. Da ferner mit der osmotischen

Konzentration einerseits der osmotische Druck (p), andererseits die Gefrierpunktniedrigung (Δ) in geradem Verhältnisse stehen, kann an Stelle des $\frac{c_2}{c_1}$ auch $\frac{p_2}{p_1}$, bezw. $\frac{\Delta_2^1}{\Delta_1}$ gesetzt werden.

Demgemäss beläuft sich die minimale Arbeit, welche die Nieren verrichten müssen, wenn sie aus dem Blute, dessen Gefrierpunktniedrigung Δ_1 beträgt, einen Harn mit einer Gefrierpunktniedrigung Δ_2 (in einer Menge, die gerade 1 Mol. enthält) erzeugen, bei 37°C . laut Formel (2) ebenfalls auf

$$\left. \begin{aligned} A &= 58,61 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ Literatm.} \\ &= 1421,4 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ Grammkal.} = 605,5 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ mkg} \end{aligned} \right\} \quad (3).$$

Die derartig gewonnenen minimalen Arbeitswerte sind neuerdings nur bei isothermen und reversiblen Veränderungen gültig. Die Harnbildung ist tatsächlich ein isothermer Prozess; sie erfolgt nämlich bei konstanter (37°C .) Temperatur. Ausserdem geht sie genügend langsam vor sich, so dass der Reibung ähnliche Verluste nicht in Betracht kommen. Doch lassen sich die durch die unvollständige Semipermeabilität verursachten Verluste nicht ausschliessen, und würde auf dieselbe Weise die Rückdiffusion eines jeden einmal bereits ausgeschiedenen Moleküls in das Blut (oder die Reabsorption derselben) die Grösse der Arbeit steigern.

All die obigen Berechnungen beziehen sich auf 1 Mol. Wird statt 1 Mol. das n -fache desselben komprimiert, so steigt auch

¹ $\frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ bedeutet eigentlich das Verhältnis der Konzentrationen bei 0° ; bei 0°C . ist $\frac{c_2}{c_1} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$; das Verhältnis der Konzentrationen muss bei 37°C .

nicht notwendigerweise dieselbe sein, wie die 0° entsprechende Relationszahl, indem z. B. der Grad der Dissoziation zwischen und 37°C . in einer Lösung eine grössere Veränderung erleiden kann, als in einer anderen. Indessen können derartige Abweichungen getrost ausser acht gelassen werden.

der Wert der Arbeit auf das n -fache. Die Zahl der in einem gewissen Volumen enthaltenen Moleküle lässt sich am leichtesten aus der Gefrierpunktniedrigung Δ bestimmen, da in v Liter

der Lösung $n = \frac{\Delta \cdot v}{1,85}$ Mol. enthalten sind.

Sind uns daher das Volumen und die Gefrierpunktniedrigung der Lösung vor der Kompression, d. h. v_1 und Δ_1 , oder nach der Kompression, d. h. v_2 und Δ_2 , bekannt, so lässt sich auch der Wert der Arbeit berechnen. Es sind z. B. v_1 Liter Blut, dessen Gefrierpunktniedrigung $\Delta_1 = 0,56^\circ$ C. ist, $\frac{0,56 v_1}{1,85}$ Mol.

oder in v_2 Liter Harn, dessen Gefrierpunktniedrigung Δ_2 beträgt $\frac{v_2 \Delta_2}{1,85}$ Mol. enthalten.¹ Wird folglich das durchschnitt-

liche Δ des Harns für $1,85^\circ$ C. angenommen (laut v. K o r á n y i bewegt sich dieser Wert zwischen $1,3$ — $2,2^\circ$ C.), so beträgt die bei der Erzeugung von täglich 1,5 Liter Harn verrichtete osmotische Arbeit der Nieren nach (3)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1,5 \cdot 1,85}{1,85} \cdot 58,61 \log \frac{1,85}{0,56} \\ &= 45,6 \text{ Literatm.,} \\ &= 1106 \text{ Grammkal.,} \\ &= 471 \text{ mkg.} \end{aligned}$$

D r e s e r¹, der die ersten derartigen Berechnungen angestellt

¹ In bezug auf zusammengehörige Mengen von Blut und Harn sind die beiden Grössen vollkommen gleich, da $v_1 : v_2 = \Delta_2 : \Delta_1$.

² In den D r e s e r'schen Rechnungen fehlen fast überall die Bezeichnungen der Dimensionen der betreffenden Grössen, und man kann auch die Ergebnisse der verschiedenen Beispiele, die er berechnet, keineswegs miteinander vergleichen. So berechnet er die Arbeit, die erforderlich ist, um 100 ccm einer 0,9 % igen NaCl-Lösung auf eine 3 % ige zu komprimieren, zu $A = 108,36$ (l. c. S. 309) und die zur Erzeugung von 24 ccm Harn erforderliche zu $A = 79,11$ (l. c. S. 310). Die erstere scheint somit grösser zu sein, während in denselben Einheiten ausgedrückt die erste Arbeitsmenge 8,43 mkg, die letztere 9,7 mkg beträgt. Der Fehler ist durch Weglassen des Proportionalitätsfaktors in den Gleichungen S. 307 entstanden, und bei der Berechnung der Nierenarbeit ist er von D r e s e r korrigiert worden, so dass sein Endresultat S. 307 in dieser Beziehung vollkommen richtig ist. Die Bemerkung G a l e o t t i's, dass die D r e s e r'sche Formel den der Temperatur entsprechenden Faktor nicht enthalte, ist insofern zu modifizieren, dass die D r e s e r'schen Rechnungen auf 0° C. bezogen sind, und G a l e o t t i hat vollkommen recht, wenn er statt dessen dieselben auf Körpertemperatur beziehen lässt.

hat, erkannte ganz richtig, dass die Wassermenge, die bei der Kompression der im Blute gelösten Moleküle sozusagen frei wird, im Blute zurückbleibt und auf diese Weise die ganze Blutmenge verdünnt. Diese Verdünnung ist natürlich bloss eine geringfügige, hat keine Veränderung der Blutkonzentration zur Folge, lässt sich aber dennoch zur Gewinnung einer Arbeit verwenden und ist foglich bei der Berechnung der (minimalen) Arbeit zu berücksichtigen: In unserem obigen Beispiele sind zur

Erzeugung von 1·5 Liter Harn $1,5 \cdot \frac{1,85}{0,56} = 4,955$ Liter Blut notwendig;

die Summe der darin gelösten Moleküle ergibt die festen Bestandteile des Harns; indessen werden bloss 1,5 Liter des Wassers ausgeleert, demzufolge $4,955 - 1,5 = 3,455$ Liter zur Verdünnung des Blutes dienen; dies erfolgt auf die Weise, dass sich die im Blute gelösten Moleküle bei einem konstanten Drucke, welche der Gefrierpunktniedrigung $0,56^\circ \text{ C.}$ entspricht, foglich bei einem Drucke von $\frac{25,45 \cdot 0,56}{1,85} = 7,7 \text{ Atm.}$

auf ein, um 3,455 Liter grösseres Volumen ausdehnen, was einen Arbeitgewinn von $7,7 \cdot 3,455 = 26,6$ Literatm, mit sich bringt; dieser Wert ist demzufolge dem Werte der durch die Nieren zu verrichtenden Arbeit abzurechnen, demgemäss sich die tägliche Arbeit der Nieren bloss auf

$$\begin{aligned} A &= 45 \cdot 6 - 26,6 = 19 \text{ Literatm.}, \\ &= 460 \text{ Kal.}, \\ &= 196 \text{ mkg.}, \end{aligned}$$

d. h. auf ca. 200 mkg oder 460 Grammkal. beläuft¹.

¹ Der ganze Gedankengang, auf welchem diese Dreser'sche Korrektur beruht, ist von Köppe (l. c. S. 817) vollständig missverstanden worden. Dass er bei der Berechnung des Dreser'schen Beispiels trotzdem ein richtiges Resultat erhält, das hat er einem glücklichen Rechenfehler zu verdanken. Er berechnet nämlich auf Grund der richtig auf-

gestellten Formel $A = \frac{2,3 \cdot 0,2}{1,85} \cdot 22,35 (\log 2,3 - \log 0,56) \cdot 2,3026$ Literatm.

die nötige Arbeitsmenge zu $A = 37,15 \text{ mkg}$ (die Literatm. durch Multiplikation mit 10,33 auf Meterkilogramm umgerechnet), anstatt 81,12 mkg, indem er $\log 2,3 - \log 0,56$ anstatt für 0,6135 für 0,3036 (und ausserdem das Produkt der übrigen Faktoren für 12,11 anstatt 12,796) annimmt. Doch stimmt dieser fehlerhafte Wert mit den durch Dreser nach der erwähnten Korrektur gefundenen 37,037 mkg zufällig gut überein, worauf Köppe stolz behauptet, seine Rechnung sei viel einfacher!

Hinsichtlich der Produktion eines Harns, der dünnflüssiger ist als das Blut ($\Delta < 0,56^\circ \text{ C}$), erkennt D r e s e r sehr richtig (siehe S. 311), dass man hier einem, vom vorerwähnten etwas abweichenden Prozesse gegenübersteht, indem die Nieren im letzteren Falle aus dem höher konzentrierten Blute gegen den niedriger konzentrierten Harn Wasser ausscheiden. D r e s e r betrachtet den zwischen Blut und Harn bestehenden Druckunterschied als konstant und berechnet, nachdem er denselben aus dem Unterschiede der Δ des Blutes und Wassers ausgerechnet hat, die zur Abpressung von v ccm Wasser Druckunterschiede gegenüber notwendige Arbeit. Der dünnste Harn, den er nach Genuss von 1,5 Liter bayrischen Bieres beobachtet hatte, zeigte eine Gefrierpunktniedrigung $\Delta = 0,16^\circ \text{ C}$.; folglich wäre, da der Gefrierpunktsdifferenz von $0,56 - 0,16 = 0,40^\circ \text{ C}$. ein Druckunterschied von $0,40 \cdot 122,7 = 49 \text{ MH}_2\text{O}$ entspricht, zur Erzeugung von v Liter Harn eine Arbeit von $49 v$ mkg erforderlich. Doch bedarf diese D r e s e r 'sche Berechnung einer Ergänzung. Man muss sie nämlich auf dieselbe Weise korrigieren, wie auch bei der Berechnung des konzentrierten Harns der erste Wert 79 mkg auf 37 (S. 309) reduziert werden musste. D r e s e r berechnet nämlich nur die Arbeit der Auspressung des reinen Wassers aus einer Lösung mit einem $\Delta = 0,56^\circ \text{ C}$. in eine andere, deren $\Delta = 0,16^\circ \text{ C}$. ist.

Doch enthält der Harn auch gelöste feste Bestandteile, deren Rolle Dreser ganz ausser Acht lässt und die, in eine geringere Konzentration übergehend, eine Arbeit verrichten können, wodurch ein Gewinn an Arbeit entsteht, insofgedessen die durch die Nieren zu verrichtende minimale Arbeit geringer sein wird, als die durch D r e s e r berechnete.

Im D r e s e r 'schen Falle gelangen mit 1 Liter $n = \frac{1 \cdot 0,16}{1,85}$

Mole aus dem Blute ($\Delta = 0,56$) in den verdünnten Harn ($\Delta = 0,16$); die zu gewinnende Arbeit beträgt somit nach (3)

$$A = \frac{1 \cdot 0,16}{1,85} \cdot 605,5 \cdot \log \frac{0,56}{0,16} = 28,5 \text{ mkg, also die zur Produktion}$$

von 1 Liter verdünnten Harns aufzuwendende Arbeitsmenge nur $49 - 28,5 = 20,5$ mkg statt den von D r e s e r berechneten 49 mkg.

Der den niedrig konzentrierten Harn betreffende Gedanken-gang D r e s e r 's wurde von K ö p p e gänzlich missverstanden: „Hiermit verwischt D r e s e r die Einheitlichkeit seines Begriffes

der osmotischen Nierenarbeit" (l. c. S 818). Deshalb wendet er auch an dieser Stelle die vorerwähnte Formel: $A = n RT \lognat \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ an, was in diesem Falle nachdem $\Delta_2 < \Delta_1$ ist, einen Gewinn

an Arbeit bedeutet, also: „Daraus geht ohne weiteres hervor, dass die osmotische Arbeitsleistung der Niere sich nicht so glatt berechnen lässt, wie es den Anschein hatte." Ich denke, dass es aus dem Obigen zur Genüge erleuchtet, wie diese Einwendung gänzlich grundlos ist.

Sodann folgt K ö p p e folgendem Gedankengange: stellen wir uns vor, dass aus den Harnwegen sämtlicher Harn abgeflossen sei, so kann von keiner osmotischen Harnausscheidung die Rede sein. „Osmotische Energie ist nicht imstande, von einer Flüssigkeit einen Teil in einen nicht von Flüssigkeit erfüllten Raum abzuscheiden." Folglich wird der Ausdruck: „osmotische Arbeit der Nieren" von ihm gänzlich missverstanden. Dieser Ausdruck bedeutet nämlich nur so viel, dass die Nieren gegen den osmotischen Druck eine Arbeit verrichten, und infolgedessen die Grösse dieser Arbeit sich auf Grund der Gesetze des osmotischen Druckes bestimmen lässt, will indessen keinesfalls behaupten, dass die Nieren ihr Sekret mit Hilfe von osmotischen Kräften erzeugen. Im Gegensatz wirken die osmotischen Kräfte der Harnproduktion entgegen, demzufolge es überflüssig ist, die zumindest fragliche Möglichkeit in Betracht zu ziehen, laut welcher aus den Harnwegen sämtlicher Harn abgeflossen wäre: die Arbeit der Nieren besteht immer in der Erzeugung von Konzentrationsdifferenzen, dementsprechend der osmotische Druck, der die Differenzen auszugleichen sucht, diesem Prozesse stets entgegenwirkt, weshalb die osmotischen Kräfte das Wesen der Nierenfunktion keineswegs erklären. Die Natur jener Kräfte, die die Konzentrationsdifferenz schaffen, ist uns ganz unbekannt, doch lässt sich die Grösse ihrer Arbeit dennoch bestimmen, weil dieselbe dem osmotischen Drucke entgegen verrichtet wird.

Nachdem K ö p p e die Rolle der „osmotischen Energie" auf diese Weise ausgeschlossen hat, setzt er an Stelle derselben den Blutdruck ein. Da jedoch der letztere dem osmotischen Drucke gegenüber äusserst gering ist, hilft er sich durch Aufstellen folgender Hypothese: Stehen, durch eine semipermeable Wand getrennt, eine Lösung und Wasser einander gegenüber, so muss, um das Einströmen des Wassers zu verhindern, auf die Lösung

ein mit dem osmotischen Druck gleicher, im allgemeinen ziemlich hoher Druck einwirken. „Soll aber nun von der Lösung noch Wasser abgepresst werden, so ist dazu a u s s e r d e m eine

Arbeit nötig, welche nach der Formel $A = nRT \log_{10} \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$

berechnet werden kann.“ Diese Arbeit ist „äusserst gering im Vergleich zum osmotischen Druck“ der Lösung (l. c. S. 319). Würde demnach die semipermeable Wand das Wasser bloss in einer Richtung, von der Lösung gegen das Wasser durchlassen, in der entgegengesetzten Richtung dagegen nicht, so würde der osmotische Druck dadurch ausgeglichen werden, und wäre zur Abpressung des Wassers nur die obige „äusserst geringe Arbeit“ notwendig. Diese Arbeit würde darin bestehen, dass das in die Nieren strömende Blut, dessen $\Delta = 0,55^\circ \text{ C}$ ist, in eines, dessen Gefrierpunktniedrigung z. B. $0,56^\circ \text{ C}$. beträgt, komprimiert wird, wodurch jedem Liter Blut, $\frac{1}{55}$ Teil, d. h. 18 kcm abgepresst werden, mit einem Arbeitsaufwand von

$$A = 25,45 \cdot \frac{0,55 \cdot 1}{1,85} \cdot 2,3 (\log 0,56 - \log 0,55) \text{ Literatm.,}$$

d. h. von $A = 0,136$ Literatm.; an Stelle dessen rechnet K ö p p e gerade zehnmal weniger, d. h. $0,0136$ Literatm., und stellt diesen Wert, die Literatmosphären (also eine Arbeitsmenge) ganz einfach als Atmosphären (also als einen Druck, dessen Dimension Kraft pro Flächeneinheit ist) betrachtend, auf Grund des Zusammenhanges: $760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Atm.}$, $10 \cdot 3 \text{ mm Hg}$ gleich. Folglich wäre zur Abpressung von 18 kcm Wasser aus einem Liter Blut nur ein dermassen grosser Blutdruck notwendig, der auch tatsächlich zur Verfügung steht.

Hätte K ö p p e keine Rechenfehler begangen, so hätte er anstatt 10 mm Hg 103 mm erhalten und wäre Ihm zweifellos die Lust vergangen, eine ganze Tabelle auszurechnen, die sich mit der Kompression des Blutes von $\Delta = 0,55^\circ \text{ C}$. bis auf $\Delta = 0,62^\circ \text{ C}$ befasst, da zu dieser Kompression bereits ein Blutdruck von 688 mm Hg notwendig wäre.

Einen viel bedeutenderen Irrtum begeht er aber, als er meint, dass zur Kompression einer Lösung mit $\Delta = 0,56^\circ \text{ C}$. zu einer mit $\Delta = 0,56^\circ \text{ C}$. mit Hilfe einer Wand, die das Wasser nur in einer Richtung durchlässt, bloss ein Druck notwendig ist, welcher, dem Unterschiede des osmotischen Druckes der beiden Flüssigkeiten entsprechend, 103 mm Hg beträgt. Dies ist ein

ähnlicher Irrtum, als würde jemand glauben, dass man, um in einem Kessel, in dem der Druck des Dampfes 10 Atm. beträgt, durch Hinzupressen neuerlichen Dampfes denselben auf 11 Atm. zu steigern, bloss einen, dem Unterschiede entsprechenden Druck von 1 Atm. benötigt. Die K ö p p e 'sche Hypothese, laut welcher die Wand nur in einer Richtung permeabel sei, lässt sich hier sehr leicht realisieren, wenn man auf den Kessel ein Ventil anbringt, das sich nur einwärts öffnet, so dass das Zurückströmen des eingepressten Dampfes verhindert ist¹. Meiner Ansicht nach wird sich niemand einbilden, dass sich mit Hilfe eines derartigen Ventils die obige Aufgabe, den Dampf mit einem Druck von 1 Atm. in den Kessel mit 10 Atm. einzupressen, durchführen liesse. Dies ist gerade so absurd wie die Kompression des Blutes, dessen osmotischer Druck 7,7 Atm. (= 5850 mm Hg) beträgt, mit Hilfe eines Blutdruckes von 10 mm oder 103 mm Hg. Danach wollen wir von den übrigen Irrtümern der K ö p p e 'schen Auffassung nur noch erwähnen, dass, dem geschilderten Prozesse entsprechend, dem Blute bloss Wasser abgepresst werden würde, auf welche Weise bloss ein Harn, dessen Konzentration niedriger ist als die des Blutes, entstehen könnte, wo doch gerade die Erzeugung des konzentrierten Harns schwer zu erklären ist. In diesem Falle müsste — die partiellen Tensionen ganz ausser acht gelassen — Wasser aus dem Glomerulenfiltrat zurück in das Blut gepresst werden, folglich der Druck in den Ureteren den Blutdruck übertreffen. Sehr gute Dienste leisten in diesem Falle einige wohlklingende Ausdrücke, welche das Profanum vulgus nicht versteht. Hören wir daher K ö p p e (siehe S. 918): „Bei geeigneter Anordnung verschieden durchlässiger Wände, Berücksichtigung der Partialdrucke der einzelnen Blutbestandteile, der verschiedenen Diffusionsgeschwindigkeit, der Hydrolyse, Bildung komplexer Moleküle lässt sich theoretisch wohl erklären, dass zwischen zwei Flüssigkeiten, die aneinander vorbeifliessen, durch osmotische Energie (!) eine erhebliche osmo-

¹ Wie alle Gleichnisse, hinkt auch dieses insofern, dass es sich im Beispiel von K ö p p e um Abpressung eines Lösungsmittels, hier aber um Einpressung des Dampfes (der die Rolle des gelösten Stoffes spielt) handelt.

Indessen berührt dies das Wesen der Frage nicht, da die Arbeitsleistung in beiden Fällen zum selben Zwecke, zur Kompression des gelösten Stoffes, bzw. Dampfes notwendig ist, der sich der gelöste Stoff, bzw. der Dampf immer mit dem ganzen Drucke entgensetzt.

tische Druckdifferenz zwischen beiden sich einstellt und bestehen bleibt". Vielleicht ist es überflüssig zu sagen, dass keiner dieser zahlreichen Faktoren geeignet ist, osmotische Druckdifferenzen zu erzeugen. Die molekulare Konzentration wird zwar durch die Bildung komplexer Moleküle vermindert, durch die Hydrolyse und Dissoziation dagegen gesteigert; doch kann man — *ceteris paribus* — auf die Bildung komplexer Moleküle eher in konzentrierten, auf Dissoziations- und hydrolytische Prozesse hingegen eher in niedriger konzentrierten Lösungen rechnen, so dass sämtliche Faktoren eher eine Verminderung der Konzentrationsdifferenzen bewirken, als eine Steigerung derselben. Das Gleichgewicht kommt aber nur dann zustande, wenn die Konzentration sowohl der komplexen Moleküle, wie auch der hydrolytischen und Dissoziationsprodukte in beiden Lösungen gleich ist. Zur Erläuterung des Zustandekommens der Konzentrationsdifferenzen haben die auch von K ö p p e erwähnten G u r w i t s c h -schen Untersuchungen zweifellos beigetragen, solange wir aber noch nicht wissen, wie das hypothetische, lipoide Lösungsmittel, das dank seiner beträchtlichen Lösungsfähigkeit einzelne Blutbestandteile an der dem Blute zugewendeten Seite der Epithelzellen in höherer Konzentration aufnimmt, von neuem verschwindet, bis die Vakuole auf die gegen die Harnkanälchen gelegene Seite gelangt, können wir die Nierenfunktion von physikalischen oder chemischem Standpunkte aus nicht als aufgeklärt betrachten.

Ich bin daher der Meinung, dass wenige die Schlusskonklusion K ö p p e 's: „Wir haben klare, übersichtliche Vorstellungen gewonnen“, teilen werden. Hingegen erleidet es — wieder im Gegensatze zur Behauptung K ö p p e 's (siehe S. 820) — keinen Zweifel, dass sich die minimale osmotische Arbeit der Nieren feststellen lässt.

Der Fehler der bisherigen D r e s e r - und G a l e o t t i 'schen Berechnungen liegt, wie bereits in der Einleitung erwähnt worden ist, in einem ganz anderen Umstande, nämlich darin, dass die genannten Autoren, anstatt der partiellen Konzentrationen der einzelnen Bestandteile, bloss die gesamte Konzentration in Betracht gezogen haben, infolgedessen ihre Berechnungen nicht die Arbeit der Harnerzeugung, sondern diejenige der Erzeugung eines mit dem Harne gleich konzentrierten, kondensierten Blutsersums ergeben. Behufs Bestimmung der tatsächlichen minimalen Arbeit müsste man die Konzentrationen sämtlicher Bestandteile sowohl des Blutes wie auch des Harnes kennen und die

bei der Konzentrationsveränderung geleistete Arbeit hinsichtlich jeder derselben besonders berechnen. Indessen ist eine derartige Berechnung in Mangel an analytischen Daten unausführbar und hätte andererseits auch eine ganz genaue Berechnung¹ infolge der Schwankungen der Zusammensetzung des Harns keinen Zweck. Deshalb will ich in dem folgenden nur durch ein ungemein vereinfachtes Beispiel illustrieren, was für einen wesentlichen Einfluss die Berücksichtigung der partiellen Konzentrationen auf die Berechnung der Arbeit der Kompression ausübt; um gleichzeitig zu zeigen, dass die Harnproduktion sich im Gegensatz zu Galeotti's Behauptung (l. c. S. 204) wenigstens theoretisch auch reversibel sehr gut durchführen lässt, will ich den ganzen (teilweise bloss theoretischen) Gang der Harnabscheidung im folgenden kurz skizzieren, mit einer Berechnung, welche die Dreser'sche Korrektur gleich in sich enthält. Behufs dessen wollen wir nur die zwei wichtigsten Bestandteile des Harns in Betracht ziehen, das NaCl, das ca. $\frac{2}{3}$ der anorganischen Bestandteile bildet, und den Harnstoff, neben dem die übrigen organischen Bestandteile getrost vernachlässigt werden können.

Statt Blut haben wir also eine Flüssigkeit, welche 0,6 % NaCl, also in 1 Liter etwas mehr als $\frac{1}{10}$ Mol. (= 5,85 g), und mit Berücksichtigung der ca. 80 % betragenden Dissoziation 0,18 Molekel + Ionen NaCl ($c_{NaCl} = 0,18$) enthält.

Ausserdem enthalte noch die Lösung, dem Harnstoffgehalt des Blutes entsprechend, 0,06 %, d. h. in 1 liter $\frac{1}{100}$ Mol. (= 0,6 g) Harnstoff ($c_{ur} = 0,01$).

Aus dieser Lösung wollen wir einen Harn von folgender Zusammensetzung entstehen lassen: NaCl 1,2 %, also in 1 Liter 0,36 Molekel + Ionen ($c_{NaCl} = 0,36$), und Harnstoff 2,4 %, also 0,4 Mol. in 1 Liter ($c'_{ur} = 0,4$).

Zu diesem Zwecke lassen wir zuerst aus der dem Blute entsprechenden Lösung 1 Liter als Glomerulenfiltrat in unverän-

¹ Bei einer genauen Berechnung sollte man, wie es Galeotti hervorhebt, den Harn in möglichst vielen kleinen Portionen einzeln untersuchen und die so gewonnenen Ergebnisse summieren, um die sonst berechtigten Einwände Köppe's und Pauli's bezüglich der bei der Vermischung von verschieden konzentrierter und verschiedene Reaktion zeigender Harne stattfindenden Konzentrationsänderungen zu beseitigen.

derter Zusammensetzung, also ohne Arbeitsleistung, abscheiden¹. Dann nehmen wir Gebrauch von einem semipermeablen Stempel, welcher bloss für NaCl undurchlässig, für Wasser und alle anderen Blutbestandteile aber durchlässig ist. Mit Hilfe dessen pressen wir so viel NaCl aus dem Blute in das Glomerulenfiltrat, dass die Konzentration dieses Stoffes auf den gewünschten Wert $c'_{NaCl} = 0,36$ steigt.

Die zu diesem Zwecke erforderliche Arbeit lässt sich auf folgende Weise berechnen: Die Konzentration des NaCl bleibt hinter dem Stempel (im Blute) unverändert und übt infolgedessen einen unveränderlichen Druck p_0 auf denselben aus. Vor dem Stempel, im Glomerulenfiltrat steigt dieser Druck von p_0 auf $2 p_0$, besitzt also den veränderlichen Wert p , und die Arbeit ist gegen die veränderliche Druckdifferenz $p - p_0$ zu verrichten, also

$$dA = (p - p_0) dv \text{ und } A = \int_{v'}^v p dv - p_0 \int_{v'}^v dv.$$

Das erste Integral ist, wie wir wissen laut (1.), gleich

$$n R T 2,3 \log \frac{v}{v'}, \text{ das zweite } - p_0 (v - v'),$$

also

$$A = n R T 2,3 \log \frac{v}{v'} - p_0 (v - v').$$

In unserem Falle ist

$$\frac{v}{v'} = \frac{c'}{c}, p_0 = c R T \text{ und } v c = v' c' = n,$$

also

$$v' = \frac{n}{c'} \text{ und } v = \frac{n}{c}.$$

Diese Werte eingesetzt, lautet unsere Gleichung

$$A = n R T 2,3 \log \frac{c'}{c} - c R T n \left(\frac{1}{c} - \frac{1}{c'} \right)$$

¹ Bei der wirklichen Harnabscheidung nach der Starlig'schen Auffassung würde hier gegen den partiellen osmotischen Druck der Eiweissstoffe und des Traubenzuckers des Blutes eine Arbeit verrichtet, welche aber infolge der geringen osmotischen Konzentration dieser Stoffe getrost zu vernachlässigen wäre.

$$= n R T \left[2,3 \log \frac{c'}{c} - c \left(\frac{c' - c}{c c'} \right) \right]$$

$$= n R T \left[2,3 \log \frac{c'}{c} - \frac{c' - c}{c'} \right].$$

Also für das NaCl, wo $n = 0,36$, $c = 0,18$, $c' = 0,36$ ist (ausserdem $R T = 262,9$ mkg für 37° C.)

$$A = 0,36 \cdot 262,9 \left[2,3 \log \frac{0,36}{0,18} - \frac{0,36 - 0,18}{0,36} \right] = 18,28 \text{ mkg.}$$

Nun komprimieren wir mit Hilfe eines anderen Stempels, welcher bloss für Harnstoff undurchlässig ist, diesen Stoff von der Konzentration $c = 0,01$ auf $c' = 0,4$.

Die hierzu erforderliche Arbeit ist, da $n = 0,4^1$

$$A = 0,4 \cdot 262,9 \left[2,3 \log \frac{0,4}{0,01} - \frac{0,4 - 0,01}{0,4} \right] = 290,0 \text{ mkg.}$$

Die gesamte Arbeitsmenge beträgt daher $18,28 + 290 = 308,28 \text{ mkg.}$

Nach der bisher üblichen Rechnungsweise würde man die dem Blute entsprechende Lösung von der Anfangskonzentration

$$c = 0,18 + 0,01 = 0,19$$

mit Hilfe eines Stempels, welcher bloss für Wasser durchlässig, für alle anderen Stoffe dagegen undurchlässig ist, komprimieren auf die Endkonzentration des Harnes, d. h. auf

$$c' = 0,36 + 0,40 = 0,76.$$

Die hierzu erforderliche Arbeit wäre, da $n = 0,76$

$$A = 0,76 \cdot 262,9 \left[2,3 \log \frac{0,76}{0,19} - \frac{0,76 - 0,19}{0,76} \right] = 127,2 \text{ mkg.}$$

Wie ersichtlich, ergibt die Berücksichtigung der partillen Konzentrationen einen etwa $2\frac{1}{2}$ mal grösseren Wert als die bisher übliche Rechnungsweise.

¹ Obwohl der Harnstoff jetzt zu der früher gewonnenen NaCl-haltigen Lösung hinzugepresst wird, braucht doch bei der Arbeitsberechnung bloss die partielle Konzentration des Harnstoffes berücksichtigt zu werden.

Az Orvosi Hetilap tudományos közleményei.

KÜLÖNLÉNYOMAT. XLIX. ÉVFOLYAM 1905. 37—39. SZ.

Közlemény a magyar kir. állatorvosi főiskola vegytani intézetéből.

A VESEK OSMOTIKUS MUNKÁJÁRÓL

Rhorer László dr.

A vesék osmotikus munkája (l. alább) úgy gyakorlati mint elméleti szempontból is egyaránt figyelemre méltó.

Hogy a klinikai gyakorlatban, főként a vesebetegségek diagnostikájában ezen munka értékének kóros körülmények közt való megváltozásai, melyeket a praxis követelményeinek megfelelő pontossággal egyszerűen a vizelet fagyáspontcsökkenésének meghatározása alapján ismerhetünk fel, mily fontossággal birnak, annak felderítése *Korányi Sándor*-nak¹ és az ő iskolájának érdeme; a kérdésnek ezen része orvosi közönségünk előtt, azt hiszem, eléggé ismeretes; csak nemrégiben jelent meg egy szép munka,² mely a kérdésnek ezen gyakorlati, diagnostikus es therapeutikus jelentőségét kimerítő alapossággal tárgyalja.

Annál kevésbé mondható ismertnek ez a kérdés a theoretikus oldaláról tekintve. A vesék osmotikus munkája fogalmának megállapítását s az erre vonatkozó első számításokat *Dreser*³-nek köszönhetjük. Ezen számítások azonban (mint az alábbiakból kitűnik) oly kevésbé áttekinthetők, hogy mint *Hamburger*⁴ mondja „von Vielen nicht recht verstanden worden sind”. S hogy ez magának *Hamburger*-nek sem sikerült, annak illusztrálására talán elég felemlitenünk, hogy 200 cm³ 2,3° C. fagyáspontcsökkenésű vizelet készítésének munkáját, mely *Dreser* szerint 37 mkg.,

¹ Orvosi Hetilap. 1902. 17. sz. Első közl. 1893.

² Kövesi und Róth-Schulz: Pathologie und Therapie der Niereninsuffizienz bei Nephritiden. Leipzig. 1904.

³ Arch. f. exp. path. u. Tharm. 29. 303. 1892.

⁴ Osmot. Druck u. Ionenlehre. II. 396. (1904.)

Hamburger 263,5 mkg-ra számítja. Még jobban félreértette *Dresler* gondolatmenetét *Köppe*,⁵ egyúttal egész hibás következtetéssel toldva meg azt. Végül kissé egyszerűbb módon, de elvben *Dresler*-hez hasonlóan számítja ki a vesék munkáját *experimentalis nephritiseknél Galeotti*.⁶ Úgy az ő, mint *Dresler* számítása magában véve helyes, de nem a vizelet készítésének munkáját adja, hanem csak azt, amelyik a vérből egy a vizelettel egyenlő osmotikus koncentrációjú oldatnak, tehát egy besűrített vérsavónak előállításához szükséges. A vesék tényleges osmotikus munkájának meghatározásánál nemcsak az összes molekuláris koncentráció, hanem a vizelet egyes alkotórészeinek partialis koncentrációi is figyelembe veendők, amit, legalább a fő alkotórészekre vonatkozólag, számításba vévén, a vesék munkájára az eddig számítottnál több mint kétszer nagyobb értéket kapunk. Egyrészt ezen körülmény miatt, másrészt az említett félreértések folytán indokoltnak tartottam, hogy az egész gondolatmenetet, melyen a számítás nyugszik, valamint magát a számítást is a következőkben lehetőleg általánosan érthető alakban röviden vázoljam.

Dresler alapgondolata a következő: a vesék a vérből rendes körülmények között nála jóval koncentráltabb, kivételesen hígabb vizeletet készítenek, tehát általában koncentráció különbségeket hoznak létre, minek folytán munkát kell végezniök az osmotikus nyomás ellenében, mely éppen ezen különbségek kiegyenlítésére törekszik. *Ez a munka a vesék osmotikus munkája*, amelyet azok előttünk teljesen ismeretlen érők segítségével az osmotikus nyomás *ellenében* kifejtene (úgy, hogy tulajdonképpen osmosisellenes munkának volna nevezhető) s amelynek értéke a thermodynamika II. főtétele és az osmotikus nyomás Van't Hoff-féle törvényei alapján a munkát végző mechanizmus ismerete nélkül is meghatározható. Evégből — az oldatok és gázok közt fennálló analógia alapján — legcélszerűbben valamely gázra vonatkozó példából indulhatunk ki.

A gázokra vonatkozólag ismeretes, hogy azoknak összenyomásához munkát kell végeznünk, viszont kiterjedéskor pedig a gáz végezhet munkát. Ezen munka nagysága kiszámítható a következőképpen: legyen valamely *A* reservoir, melyben *p* nyomású gáz van, felül egy eltolható dugattyúval elzárva s a dugattyú felett legyen légüres a tér. Ekkor a gáznak a dugattyúra

⁵ Deutsche med. Wochenschr. 1903. 817. lap.

⁶ Engelmann's Arch. 1902. 200. lap.

gyakorolt összes nyomó ereje, ha a dugattyú felülete $f \text{ cm}^2$, $P_1 = p \cdot f$ (mintán 1 cm^2 -re p nyomás hat). Ezt ellensúlyozhatjuk valamely P súllyal, mely felülről hat a gázra. Egyensúly természetesen akkor létesül, ha $P = P_1 = p \cdot f$. Ha most a dugattyút egy kis elemi ds darabbal lejjebb nyomjuk pl. azáltal, hogy a P erőt végtelen csekély mértékben nagyobbítjuk, akkor P erő munkát végez, melynek nagyságát az erőnek és az erő irányában való elmozdulásának szorzata $P ds$ adja. P értékét behelyettesítve azt az eredményt kapjuk, hogy ezen elemi munka $dA = p \cdot f \cdot ds$.

$f \cdot ds$ nem más, mint azon hengernek térfogata, melynek alapja f , magassága ds , tehát annyi, mint dv , a gáz térfogatának változása s így

$$dA = p \cdot dv$$

azon elemi munka, mely a p nyomású gáznak dv -vel kisebb térfogatra való compressiojánál kell végezünk.

Ha a gáz térfogata ugyanennyivel nagyobbodik, akkor a P_1 erő végez ugyanakkora munkát, tehát a tágulás ugyanekkora munkanyereséggel jár.

Ezen számítás csak igen kicsiny térfogatváltozásra érvényes, mert ha a térfogatváltozás a gáz egész térfogatához képest nem elhanyagolható kicsiny, akkor tágulás közben a gáz nyomása p kisebbedik (összenyomásnál pedig nagyobbodik), pi. vaia mely p értékre; tehát véges v_1 -ről v_2 -re való térfogatváltozás esetén nincs egy állandó p faktorunk. melynek $(v_2 - v_1)$ -vel való szorzata a munkát adná. Ilyenkor úgy járunk el, hogy az egész térfogatváltozást felbontjuk végtelen sok és oly kicsiny dv változásra, hogy az alatt p állandónak tekinthető s így mindegyik dv -t megszorozva a hozzá tartozó p értékkel, megkapjuk az egyes elemi munkákat, $dA = p \cdot dv$ -ket s ezeknek összege fogja megadni az egész munkának értékét. Ha ismeretes, hogy hogyan változik a nyomás, ha a térfogat megváltozik, más szóval: ha tudjuk, hogy p milyen függvénye v -nek, akkor ezen végtelen sok elemi munkának összegezése elvégezhető az integral számítás segítségével ($A = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv$). Ha a változás közben a hőmérsék

állandó marad, akkor tudjuk a Boyle-Mariotte törvénye értelmében, hogy $p \cdot v = \text{Const.}$ és pedig ezen állandónak értéke minden gáz 1 gm. molekulájára (2 gm. H-re, 32 gm. C-re stb.)

$C = R T$, ahol R az általános gáz állandó (értéke 0,0821 liter atm. = 1,991 gm. cal. = 0,848 mkg.) és T az abs. hőm. ($T = 273 + t^\circ \text{C}$).

Eszerint $p v = R T$
 azaz $p = \frac{R T}{v}$

s ezt a fentebbi képletbe helyettesítve

$$A = RT \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v}$$

tehát, ha a gáz v_1 térfogatról v_2 térfogatra terjeszkedik, a nyerhető munka értéke $A = RT \log \text{nat.} \frac{v_2}{v_1}$, vagy a természetes logaritmusokat közönséges Brigg-félékre átszámítva (2,302585-tel szorzás által)

$$A = 2,303 RT \log \frac{v_2}{v_1}$$

tehát a megfelelő abszolút hőfokot és R-nek különböző egységekben kifejezett értékeit behelyettesítve:

$$\begin{aligned} \text{azaz } T = 273^\circ\text{-nál} \\ 0^\circ \text{ C-nál} \end{aligned} \left\{ \begin{aligned} A &= 2,30 \cdot 543,6 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ cal.} = \\ 2,30 \cdot 231,6 \text{ mkg} &= 2,30 \cdot 22,42 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ lit. atm.} \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} \text{és } 37^\circ \text{ C-nál} \\ \text{azaz } T = 310^\circ\text{-nál} \end{aligned} \left\{ \begin{aligned} A &= 2,30 \cdot 617,2 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ cal.} = \\ 2,30 \cdot 262,9 \text{ mkg} &= 2,30 \cdot 25,45 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ lit. atm.} \end{aligned} \right.$$

Ezen úgynevezett maximális munka, értéke *független az úttól*, azaz mindegy, vajon a tágulás egyfolytában vagy szakaszonként stb. történik, feltéve, hogy a változás isotherm és reversibilis, tehát állandó hőmérséken és oly módon megy végbe, hogy megfordítható legyen, azaz pl. a tágulás minimális túlsúlyfelrakása által már ismét visszaszorítható legyen. Ez azért szükséges, hogy a munkának semmi része se vesszen kárba zavaró körülmények folytán, pl. ne alakuljon át surlódás folytán hővé, mert akkor a hasznos munka alakjában nyert rész természetesen kisebb.

Mint említhettük, az ily módon nyerhető maximális munkával egyenlő, de ellentétes jelű az a munka, melyet nekünk kell végeznünk az ellenkező irányú folyamatnál, a compressionál,

tehát — $A = 2,3 RT \log \frac{v_2}{v_1}$, azaz $A = 2,3 RT \log \frac{v_1}{v_2}$ (3).

Ez a compressio munkája azonban nem maximális, hanem minimális azon esetben, ha a változás isotherm és reversibilis, amennyiben minden sűrűlőds stb. természetesen növeli a végzendő munka értékét.

A fentebbi megfontolások érvényesek oldott anyagok tágulására és compressiójára vonatkozólag is. Ha az előbbi ábrában az A reservoir valamely oldatot tartalmaz, s a dugattyú oly (semipermeabilis) anyagból készült, mely az oldószert (vizet) át bocsátja, az oldottat nem, akkor, minthogy ezen oldott anyag épp úgy terjeszkedni iparkodik, mint az előbbi esetben a gáz, a dugattyúra úgynevezett osmotikus nyomást gyakorol, és ha afelett tiszta oldószer (víz) van, a dugattyút feltolja. Az eközben végzett munkát ismét a

$$dA = p \cdot dv$$

kifejezés határozza meg, ha dv az oldat térfogatának változása, p pedig az osmotikus nyomás. Utóbbira nézve Van't Hoff kimutatta, hogy az csakis az úgynevezett osmotikus koncentrációtól (tehát az 1 literben oldott molok + ionok számától) és a hőmérséktől függ, és pedig épp akkora, mintha az oldott anyag az illető térfogatot gázalakban töltené ki, hogy tehát az osmotikus nyomás és a térfogat közt ugyanazon

$$p \cdot v = RT$$

összefüggés áll fenn, mint a gázaknál, s R -nek értéke minden anyag 1 gm. molekulájára* vonatkozólag itt is 0,0821 lit. atm. = = 1,991 cal. = 0,848 mkg. Eszerint a munka képletében itt is

bevezethetjük p helyébe az $\frac{RT}{v}$ kifejezést s az 1 molnak v_1 -ről

v_2 -re való tágulásával nyerhető maximális munkát itt is az

$$A = RT \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v}$$

egyenlet szolgáltatja, tehát 37° C-nál

* Ha az oldott anyag disszociációja folytán minden molekulából $i = 1 + (n-1) \alpha$ számú mol + ion keletkezik, akkor a munka értéke is a fentebbinek i -szeresére emelkedik.

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} A &= 2,303 \cdot 25,45 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ lit. atm.} = 58,61 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ lit. atm.} \\ &= 2,303 \cdot 617,2 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ cal.} = 1421,4 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ cal.} \\ &= 2,303 \cdot 262,9 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ mkg} = 605,5 \log \frac{v_2}{v_1} \text{ mkg.} \end{aligned} \right.$$

A változásnak itt is isothermnek, azonkívül reversibilisnek kell lennie, tehát kerülnünk kell a sűrűlódás stb. okozta veszteségeket. A reversibilitásnak azonban itt még egy feltétele van, ti. az, hogy a dugattyút képező hártya tényleg semipermeabilis legyen, azaz csak az oldószert bocsássa át, az oldott anyagot egyáltalán ne. Ha ugyanis, mint ez tényleg lenni szokott, az oldott anyagnak kisebb-nagyobb része is átmehet (átdiffundál) a hártyán, akkor ez a rész osmotice hatástalan, a munkavégzés szempontjából elveszett, épp úgy, mint a gáznak az a része, mely a dugattyú mellett, vagy esetleg a dugattyún lévő nyíláson áramlik ki. Ez esetben tehát a nyerhető munka mindig kisebb lesz a fentebbi értéknél. Fordítva pedig a compressiohoz szükséges munka nagyobb lesz, épp úgy, mint egy olyan compressio légszivattyúnál, melynek szelepei nem zárnak jól (a dugattyúnak egyszeri leszorítása természetesen könnyebb, ha a dugattyú nem zár jól, de egy bizonyos gázmennyiséget egy határozott térfogatra comprimálni oly körülmények közt csak nagyobb munka árán lehetséges).

Ezen tisztán physikai bevezetés után térjünk át tulajdonképpeni feladatunkra, a vesék osmotikus munkájának meghatározására. A vesék a körülbelül osmotikus concentratiojú vérből rendes körülmények között átlag 3-szor concentráltabb vizet készítenek, azaz az oldott anyagokat körülbelül 3-szor kisebb térfogatra comprimálják, mi által az osmotikus nyomás 3-szorosára emelkedik, s így a compressio csak munka kifejtése árán létesülhet. Anélkül, hogy a compressio mechanismusát ismernők, meghatározhatjuk az ehhez szükséges *minimális* (l. fentebb) munka nagyságát, minthogy ez független az úttól, amelyen át a változás történik, s csak a kezdeti és végső állapottól függ. Eszerint, ha a vesék annyi (v_2 térfogatú) vizet produkálnak, amennyi a különböző alkotórészeknek összevéve

éppen 1 molját tartalmazza s készítik azt v_1 térfogatú vérből, akkor az általuk végzett munka (3) szerint

$$A = 2,3 RT \log \frac{v_1}{v_2}$$

A térfogatok helyett itt célszerűbb a (mol + ionos) concentrációkkal számolni; ha a c_1 concentrációjú v_1 térfogatoldatot c_2 concentrációjú, v_2 térfogatúvá comprimáljuk, akkor eközben az oldott anyag mennyisége természetesen nem változik, tehát $c_1 v_1 = c_2 v_2$ azaz

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Minthogy továbbá az osmotikus concentratioval arányos egyrészt az osmotikus nyomás (p), másrészt az oldatok fagyáspontcsökkenése (Δ), a $\frac{c_2}{c_1}$ helyébe $\frac{p_2}{p_1}$, illetve $\frac{\Delta_2^*}{\Delta_1}$ is helyettesíthető.

Eszerint az a (minimális) munka, melyet a vesék végezni kénytelenek, midőn a Δ_1 fagyáspontcsökkenést mutató vérből Δ_2 fagyp. ű. vizeletet készítenek (oly mennyiségben, hogy az épp egy molt tartalmazzon), 37° C-nál, (4) szerint ugyancsak

$$\left. \begin{aligned} A &= 58,61 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ lit. atm.} \\ &= 1421,4 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ cal.} \\ &= 605,5 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ mkg.} \end{aligned} \right\} (5)$$

Az így nyert minimális munkaértékek ismét csak isotherm és reversibilis változásoknál érvényesek. A vizeletkészítés tényleg isotherm, ti. állandó (37° C.) hőmérséken történik. Azonkívül elég lassú, s így feltehető, hogy a sűrűlódáshoz hasonló veszteségek nincsenek. Nem zárhatók ki azonban a tökéletlen semipermeabilitás által okozott veszteségek és ily értelemben minden, már egyszer kiválasztott molekulának a vérbe visszafelé

* $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ tulajdonképpen 0° -on adja a concentrációk viszonyát, 0° C-nál $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ -vel; a concentrációk viszonya 37° C-nál nem tartozik szükségképpen egyenlő lenni a 0° -hoz tartozó viszonzszámmal, amennyiben pl. a dissociatio foka az egyik oldatban nagyobb változást szenvedhet 0° és 37° közt, mint a másik oldatban. Az ily különbségek azonban bátran figyelmen kívül hagyhatók.

történő diffúziója (vagy reabsorptiója) növelné ezen munka nagyságát.

A fentebbi számítások mind 1 molra vonatkoznak, miután az R állandó a különböző anyagoknak 1 gramm-molekulányi mennyiségére vonatkozólag mutatja a jelzett értékeket: 0,0821 lit. atm.-t stb. Ha 1 mol helyett ennek n -szeresét nyomjuk össze, a munka értéke is n -szeres lesz. Valamely oldat bizonyos térfogatában pl. 1 literében foglalt molok számát legegyszerűbben meghatározhatjuk az oldat fagyáspontcsökkenéséből, Δ -ból: miután 1 literben

$$\begin{array}{ccccccc} 1 \text{ mol okoz } 1,85^\circ \text{ C. fagyáspontcsökkenést} \\ x \text{ „ „ } \Delta & & & & & & \text{„} \\ \hline & & & \Delta & & & \\ & & & 1,85 & & & \end{array}$$

tehát $x = n = \frac{\Delta}{1,85}$

Az oldat v literében természetesen $n = \frac{\Delta \cdot v}{1,85}$ mol foglaltatik.

Eszerint, ha ismerjük az oldat térfogatát és Δ -ját akár az összenyomás előtt (tehát v_1 -et és Δ_1 -et), akár az összenyomás után (tehát v_2 -t és Δ_2 -t), a munka értékét kiszámíthatjuk. Pl.

v_1 liter $\Delta_1 = 0,56^\circ \text{ C.}$ fagyáspontcsökkenésű vérben $\frac{0,56 \cdot v_1}{1,85}$

mol, v_2 liter Δ_2 fagyáspontcsökkenésű vizeletben pedig $\frac{v_2 \cdot \Delta_2}{1,85}$

mol foglaltatik.* Tehát a vizelet átlagos Δ -ját $1,85^\circ \text{ C.}$ -nak véve (Korányi szerint ez érték $1,3$ – $2,2^\circ \text{ C.}$ között ingadozik), napi 1,5 liter vizelet készítésénél a vesék osmotikus munkája

$$A = \frac{v_2 \cdot \Delta_2}{1,85} RT \cdot 2,3 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \frac{1,5 \cdot 1,85}{1,85} \cdot 58,61 \log \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \text{ lit. atm.}$$

azaz miután

$$\begin{array}{r} \log 1,85 = 0,2672 \\ - \log 0,56 = -0,7482 \pm 1 \\ \hline \log \frac{1,85}{0,56} = 0,5190 \end{array}$$

* A két mennyiség természetesen egyenlő egymással, miután $v_1 : v_2 = \Delta_2 : \Delta_1$.

tehát a vesék napi munkája volna

$$\begin{aligned} A &= 45,55 \text{ lit. atm.} \\ &= 1104,7 \text{ gm. cal.} \\ &= 470,5 \text{ mkg.} \end{aligned}$$

Ezen értékek azonban még igen jelentékeny correctióra szorulnak. Dreser (l. c.) aki az első ilyen számításokat végezte, helyesen felismerte, hogy az a vízmennyiség, amely a vérben oldott molekulák compressiojánál mintegy felszabadul, a vérben marad, s így az egész vérmennyiséget mintegy felhigítja. Ez a felhígulás természetesen csak csekélyfokú, nem okozza a vér concentratiójának megváltozását, de mindazonáltal felhasználható munka nyerésére és így a (minimális) munka kiszámításánál ez is tekintetbe veendő. Fentebbi példánkban a 1,5 vizelet

készítéséhez $1,5 \frac{1,85}{0,56} = 4,955$ liter vér szükséges; az ebben oldott

molekulák összessége szolgáltatja a vizelet szilárd alkotórészeit; a vízből azonban csak 1,5 liter ürül ki, tehát $4,955 - 1,5 = 3,455$ liter a vér felhígítására szolgál; ez oly módon történik, hogy a vérben oldott molekulák $\Delta = 0,56^\circ \text{ C}$ -nak megfelelő, tehát $\frac{25,45 \cdot 0,56}{1,85} = 7,7$ atm. állandó nyomás mellett 3,455 literrel na-

gyobb térfogatra terjeszkednek, ami $7,7 \cdot 3,455 = 26,6$ liter atm. munkanyerességgel jár; ez tehát a vesék által végzendő munka értékéből levonandó, s így a vesék napi munkája csupán

$$\begin{aligned} A &= 45,55 - 26,6 = 18,95 \text{ liter atm.} \\ &= 459,5 \text{ cal.} \\ &= 195,8 \text{ mkg.,} \end{aligned}$$

tehát körülbelül 200 mkg-ra vagy 460 gm. cal-ra tehető.*

* Dreser (l. c.), aki az első ilyen számításokat végezte, Van't Hoffnak (Zeitschr. f. physik. Chem. I., 481. 1887) azon egyenletéből indult ki, mely szerint a molecularis fagyáspontcsökkenés (t), melyet 1 mol okoz 100 cm³-ben, az oldószer olvadáshőjéből (W) meghatározható, ti.

$$t = \frac{RT^2}{100 W}, \text{ ahol } R \text{ a gáz állandó; } T \text{ az}$$

olvadáspont abs. fokokban (ez víznél 273° , $W = 79 \text{ cal.}$ s így $t = 18,5^\circ \text{ C.}$)
Miután másrészt

$p v = .RT$, a fentebbi oldatnak, mely 100 cm³-ben ($v = 100 \text{ cm}^3$) tartalmaz 1 mól, osmotikus nyomása

$$p = \frac{RT}{100}$$

ha pedig az oldat fagyáspontcsökkenése nem $t = 18,5^\circ \text{ C.}$, hanem Δ , akkor az osmosis nyomás is

$$p' = \frac{RT}{100} \cdot \frac{\Delta}{18,5}$$

A Van't Hoff-féle egyenletből

$$\frac{RT}{100 \cdot 18,5} = \frac{W}{T}$$

s ezt behelyettesítve

$$p' = \frac{W}{T} \cdot \Delta$$

adja a Δ fagyáspontcsökkenésű oldat osmosis nyomását. Pl. az 1° C. Δ -jú oldatra Dreser szerint $p' = \frac{79 \cdot 424}{273} = 122,7 \text{ m. vízoszlop nyomásával}$ ti. a

jég olvadási hője 79 gm. cal. , $1 \text{ cal} = 0,424 \text{ mkgm.}$, tehát

$$p' = \frac{79 \cdot 0,424 \text{ mkgm.}}{273 \text{ cm}^3} = \frac{79 \cdot 42,4 \text{ kgm. cm.}}{274 \text{ cm}^3}$$

(A cm^3 úgy kerül a nevezőbe, hogy a $p = \frac{RT}{100}$ egyenletben, a nevezőben

a 100 az oldat térfogatát jelentette cm^3 -ekben.)

Miután $\frac{1 \text{ kgm. súly}}{\text{cm}^2} = 10 \text{ m. magas vízoszlop nyomásával.}$

$$p' = \frac{79 \cdot 42,4 \text{ kgm}}{273 \text{ cm}} = 122,7 \text{ m.}$$

vízoszlop nyomásával, tehát az $1^\circ \Delta$ -jú oldatnak ekkora osm. nyomás felel meg. Ha az újabb értékekkel ($W = 80,3 \text{ cal.}$, $1 \text{ cal} = 0,426 \text{ mkgm.}$) számítunk, $p' = 125,3 \text{ m. H}_2\text{O.}$ [Ugyanazon értékhez jutunk, ha $RT = = 22,42 \text{ lit. atm.}$ -ből indulunk ki:

$$p = \frac{RT}{v} \frac{22,42 \text{ lit. atm.}}{1 \text{ lit.}}$$

$= 22,42 \cdot 0,760 \cdot 13,59 = 231,66 \text{ mm. H}_2\text{O}$ (miután $1 \text{ atm.} = 0,760 \text{ m. Hg}$ és $13,59 \text{ a Hg. fajsúlya}$) az 1 literben 1 mol.-t tartalmazó, tehát $1,85^\circ \Delta$ -ju oldat osm. nyomása, s ebből a $\Delta = 1^\circ \text{ C.}$ -nak megfelelő $p' = 231,66 \cdot \frac{1,85}{1}$

$= 125,2 \text{ m. H}_2\text{O}].$

Dreser, mint mondtuk, a dimensiokat sehol sem tünteti ki, s az egész számításból csak a végeredményt közli, úgy hogy jófermán ki kell találni, hogyan is okozkodhatott.

A $p' = \frac{\Delta \cdot W}{T}$ egyenlet alapján a munka $dA = \frac{\Delta \cdot W}{T} \cdot dv$; ha ebben

akár Δ -t fejezzük ki, mint a térfogatnak v -nek a függvényét akár fordítva; az egyenlet integrálható lesz s megadja a v_1 -ről v_2 térfogatra, vagy Δ_1 -ről Δ_2 -re való változásnak megfelelő munka értékét.

Dreser e helyett először (l. c. 307 l.) a 0,9 % Na Cl-oldat 100 cm³-ének 3 %-osra való compressiójához szükséges munkát számítja ki. miközben az osm. nyomást az arányossági tényező kihagyásával egyszerűen egyenlővé teszi a százalékos koncentrációval, miáltal az $A = 108,36$ értéket nyeri. természetesen dimensio nélkül, s ez a szám nem is felel meg egynek sem az energiának oly sokféle rendszerben megállapított egységei közül. (Mint

az az (1) egyenletek alapján $\frac{v_1}{v_2} = \frac{c_2}{c_1}$, valamint n helyébe $\frac{0,56 \cdot 0,1}{1,85}$

be helyettesítése után kiszámítható, ezen munka nagysága $A = 8,43$ mkg.).

Ugyanezen képlet alapján a 24,35 cm³-nyi 2,3° C. Δ -jú vizelet készítésének munkáját $A = 79,11$ -re számítja, ugyancsak dimensio nélkül, tehát ez a munka az előbbi (108,36)-nál kisebbnek látszik, holott tényleg nagyobb, $A = 9,7$ mkg. A hiba onnan származik, hogy ez esetben más az a kimaradt arányossági tényező, mint az előbbiben: az első eredmény! (108,36-ot) az 1 %-os Na Cl-oldatnak megfelelő $\Delta = 0,62$ -vel kell szorozni. azután mindkettőt az 1°-os Δ -nak megfelelő 122,7/m H₂O értékkel (helyesebben 12,27, illetőleg az újabb értékek szerint 12,5 mkgm-mal) és osztani 100-zal. A vizeletre vonatkozólag (a már említett correctio után) Dreser el is végzi ezt a szorzást úgy, hogy az általa a 200 cm³ 2,3° C Δ -jú vizelet készítésének 37,037 mkgm-ra számított munkája helyes (l. c. 310 l.) csupán az állandók újabb értékei alapján valamivel magasabb, ti. 37,66 mkgm. (Nem helyes Galeottinak [l. c.] azon megjegyzése, hogy a Dreser-féle képlet nem tartalmazza a hőmérséknek megfelelő factort. Mint láttuk, ez a factor a képletben benne foglaltatik, de 0° C-ra vonatkozólag s ezt Galeotti helyesen korrigálta oly módon, hogy a testhőmérséknek megfelelő értékkel számított. Azonkívül, mint már jeleztük, testhőmérséken ez az érték még körülbelül 14 %-kal volna magasabb.)

Amit Dreser ily módon végeredményében helyesen kiszámított, azt alaposan elrontotta Köppe (l. c.). Ő ugyanis nem veszi tekintetbe a Dreser-féle correctiót. Hogy ennek dacára a Dreser-féle példa kiszámításánál mégis közelítőleg helyes eredményre jut, ezt egy szerencsés számítási hibának köszönheti.

Ti. a helyesen feállított.

$$A = \frac{\Delta_2 \cdot v_2}{1,85} RT \ln \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$$

$$= \frac{2,3 \cdot 0,2}{1,85} \cdot 22,35 (\log. 2,3 - \log. 0,56) \cdot 2,3026 \text{ lit. atm.}$$

képlet alapján $A = 37,15$ mkgm-ot (a lit. atm. kat. 10,33-mal való szorzás útján mkgm-okra átszámítva) számít 81,12 mkgm helyett, miután $\log. 2,3 - \log. 0,56$ -ot 0,3036-nak veszi 0,6135 helyett (azonkívül a többi tényezők szorzatát 12,11-nek 12,796 helyett). Ez a hibás érték azonban véletlenül jól egyezik a Dreser által az említett correctio után (melyet Köppe teljesen ignorál) talált 37,037 mkgm-mal, s így Köppe büszken mutat rá, mennyivel egyszerűbben tud ő számítani!

A Dreser-féle correctio:

$$-p_1 \cdot (v_1 - v_2)$$

mindjárt be is helyettesíthető a munka kiszámítására szolgáló fentebbi képletek valamelyikébe a következő módon:*

Pl. (3) szerint 1 mol compressiójához

$$A = 2,3 \cdot RT \log. \frac{v_1}{v_2}$$

tehát n mol.-éhoz, $\frac{v_1}{v_2} = \frac{c_2}{c_1}$ behelyettesítése után

$$A = 2,3 \cdot n \cdot RT \log. \frac{c_2}{c_1}$$

munka szükséges. Ehhez jön még a Dreser-féle correctio

$- p_1 \cdot (v_1 - v_2)$. Miután $p_1 = c_1 \cdot RT$, $v_1 = \frac{n}{c_1}$ és $v_2 = \frac{n}{c_2}$ tehát a correctio értéke

$$\begin{aligned} -c_1 \cdot n \cdot RT \left(\frac{1}{c_1} - \frac{1}{c_2} \right) &= -c_1 \cdot n \cdot RT \left(\frac{c_2 - c_1}{c_1 \cdot c_2} \right) \\ &= -n \cdot RT \cdot \frac{c_2 - c_1}{c_2} \end{aligned}$$

tehát az egész munka értéke

$$\begin{aligned} A &= n \cdot RT \cdot 2,3 \log. \frac{c_2}{c_1} - n \cdot RT \frac{c_2 - c_1}{c_2} \\ &= n \cdot RT \left(2,3 \log. \frac{c_2}{c_1} - \frac{c_2 - c_1}{c_2} \right) \quad (6). \end{aligned}$$

Ezen képlet fejezi ki a számításra legalkalmasabb alakban azon munkának értékét, mely szükséges n mol.-nak c_1 -ről c_2 concentrációra való compressiójához az esetben, ha az első oldat oly nagymennyiségű, hogy concentrációja nem változik észrevehetőleg az által, hogy belőle n mól eltávolítunk, mint ahogy pl. a vér concentrációja állandó marad a vizelet kiválasztása dacára.

A vérenél hígabb ($\Delta < 0,56^\circ \text{ C.}$) vizelet productiójára nézve Dreser helyesen felismeri (l. c. 311. l.) hogy itt egy az előbbtől különböző folyamattal állunk szemben, amennyiben itt a vesék a magasabb concentrációjú vérből vizet választanak ki a hígabb

* A két képletet először Galeotti (l. c. 203. l.) egyesítette hasonló módon.

vizelet felé. Dreser állandónak veszi a vér és a vizelet közötti nyomáskülönbséget, s meghatározva azt a vér és a vizelet Δ -inak különbségéből, kiszámítja az ezen nyomáskülönbség ellenében v cm³ víz kipréseléséhez szükséges munkát. A leghígabb vizelet, melyet ő 1,5 l. bajor sör ivása után észlelt, $\Delta = 0,16^\circ \text{C}$ -t mutatott, tehát $0,56 - 0,16 = 0,40^\circ \text{C}$ fagyáspontkülönbségnek $= 0,40 \cdot 122,7 = 49 \text{ m. H}_2\text{O}$ nyomáskülönbség, s így v l. vizelet készítéséhez $49 \cdot v$ mkg munka volna szükséges.* Ez a Dreser-féle számítás azonban kiegészítésre szorul. T. i. épp úgy kell corrigálni, mint ahogy a coecentrált vizeletre vonatkozó számításnál is az első (81 mkg) értéket $37,6 \text{ mkg}$ -ra kellett redukálnunk. Dreser ugyanis csak a tiszta víznek $0,65^\circ \Delta$ -jú oldatból $0,16^\circ \Delta$ -juba való kipréselését számítja ki.

A vizelet azonban szilárd alkatrészeket is tartalmaz feloldva, melyeknek kijutását Dreser teljesen figyelmen kívül hagyja s amelyek alacsonyabb koncentrációra menvén át, munkát végezhetnek, amely munkanyereség következtében a vesék által végzendő minimális munka a Dreser által számítottnál kisebb lesz. Másképpen kifejezve az annyit jelent, hogy a víz kipréselésénél nem szerepel azonnal a teljes nyomáskülönbség, hanem csak lassanként emelkedik erre az értékre. Híg vizelet productióját ezek szerint (úgy a víznek, mint az oldott alkatrészek kijutásának figyelembe vételével) a következőképpen képzelhetjük magunknak: egyszerűség kedvéért legyen a vizelet épp 3-szor

hígabb, mint a vér, tehát $\Delta\text{-ja} \frac{0,56}{3} = 0,186^\circ \text{C}$; 3 liter ily vizelet

oly módon képződhetik, hogy először 1 liter glomerulus filtratum választatik le ugyanolyan koncentrációban, mint a vér-

* Minthogy a nyomáskülönbség 49 méter vízoszlop nyomásának felel meg, a v gramm víz kisajtolásához szükséges munkát Dreser $49 v$ gramm méterre teszi, ami helyes ugyan, de mindazonáltal tévedésre adhat alkalmat. A munkaegységek: mkg., gcm., gméter t. i. erőnek (kgmsúly, grmsúly) és hosszúnak (m., cm.) szorzatai, a Dreser-féle kifejezésben pedig a g . tömeget, a m . pedig vízoszlopmagasságot, (azaz nyomást cm²-enként) jelent, szorzatuk tehát nem ad munkát. Helyesen a vízmennyiséget térfogat szerint cm³-ekben vagy literekben kell kifejeznünk, ekkor minthogy a „49 m” egy 49 m magas vízoszlop nyomását, tehát 4,9 kg súlyt jelent cm²-enként, a kettőnek szorzata $4,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot \text{cm}^3 =$

$= 4,9 \text{ kg cm-t}$ (tehát valóban munkát) minden cm³ vizeletre. Ha a térfogatot literekben mérjük, akkor, mint fentebb láttuk, az 1 l = 1000 cm³ vizelet készítéséhez szükséges munka a jelen esetben 4900 kgcm = 49 mkg.

plasmáé** ez tehát munka végzése nélkül történik. Most kezdődik a víz kisajtolása a vérből az eleinte vele egyenlő, de a felhígítás folytán fokozatosan csökkenő koncentrációjú glomerulus filtratumba. Tehát a 3 lit. híg vizelet productiójához nem 3 liternek $0,56^\circ \Delta$ -ju oldatból $0,18^\circ \Delta$ -juba való kisajtolása szükséges, mint ahogy azt Dreser számítja, hanem az 1 liternyi, munka nélkül leválasztott filtratumhoz csak 2 litert kell kisajtolni és azt is nem $\Delta_1 - \Delta_2 = 0,56 - 0,18^\circ$ különbözetnek megfelelő nyomáskülönbség ellenében, hanem Δ_2 eleinte szintén $0,56^\circ \text{C}$ -hoz áll közel, úgy, hogy a különbség minimális s csak legvégül lesz $\Delta_2 = 0,18^\circ$, csak ekkor szerepel a Dreser által feltételezett nyomáskülönbség.

A munka itt is a térfogatnak s a megfelelő nyomáskülönbségnek szorzatából adódik. Hogy ezt kiszámíthassuk, a nyomáskülönbséget mint a térfogat függvényét kell kifejeznünk. A véroszm. nyomása 37°C -nál, $p_0 = 7,7 \text{ atm.}$, ugyanennyi a glomerulus filtratumé is kezdetben: $p_1 = 7,7 \text{ atm.}$; midőn azonban az 1 liter filtratumhoz még 1 liter víz préseltetik, a térfogat kétszeresre

növekedvén, a nyomás felényire csökkent $p = \frac{7,7}{1+1} \text{ atm. s}$

végül 2 liter kisajtolása után $p = \frac{7,7}{1+2} = \frac{7,7}{3} \text{ atm.}$ Általában a

nyomás és térfogat szorzata mindig $p v = 7,7 \text{ liter atm.}$, tehát $p = \frac{7,7}{v} \text{ atm.}$ Valamely dv vízmennyiségnek a $p_0 - p$ nyomás-

különbség ellen való kisajtolásához $dA = (p_0 - p) dv$ munka szükséges, tehát $v_2 - v_1$ térfogatához

$$A = \int_{v_1}^{v_2} (p_0 - p) dv = \int_{v_1}^{v_2} p_0 dv - \int_{v_1}^{v_2} p dv$$

p_0 állandó lévén, az integraljel elé emelhető, továbbá jelen esetben a térfogat $v_1 = 1$ literről $v_2 = 3$ literre változván,

tehát $\int_{v_1}^{v_2} dv = v_2 - v_1 = 3 - 1 = 2 \text{ liter}$

$$p_0 \int_{v_1}^{v_2} dv = 7,7 \cdot 2 = 15,4 \text{ liter atm.}$$

** A fehérjék és szőlőcukor visszatartatnak ugyan, azonban ezek az összes concentrationnak oly csekély részét teszik (a kettőnek együttesen csak körülbelül $0,01^\circ \text{C}$ fagyáspontcsökkenés felel meg), hogy a partialis tensiojuk ellenében végzett munka elhanyagolható.

A második tagban $p = \frac{7,7}{v}$ értéket helyettesítve

$$\begin{aligned} - \int_{v_1}^{v_2} p dv &= - 7,7 \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = - 7,7 \cdot 2,3 \cdot \log \frac{v_2}{v_1} \\ &= - 7,7 \cdot 2,3 \log 3 \text{ liter atm.} \\ &= - 7,7 \cdot 1,1 = - 8,5 \text{ liter atm.} \end{aligned}$$

s így az egész munka

$$A = 15,4 - 8,5 = 6,9 \text{ liter atm.}$$

holott Dreser szerint $+ \left(7,7 - \frac{7,7}{3} \right) 3 = 15,4 \text{ lit. atm. lett volna.}$

(Természetesen ugyanezen eredményre jutunk akkor is, ha nem egyszerre választjuk le az 1 liternyi glomerulus filtratmot, hanem amint az a tényleges viszonyoknak jobban megfelel, először csak egy minimális dv térfogatot, ezt kipréselés, által felhigitjuk a megfelelő mértékben s azután az így nyert minimális vizeletmennyiségek készítéséhez szükséges munkamennyiségeket összegezzük.)

Mkgokra átszámítva a 3 liternyi, $\Delta = 0,0,186^\circ \text{ C}$ fagyáspont-csökkenésű (a vérnél 3-szor hígabb) vizelet készítésének munkája $A = 6,9, 10,33 = 71,3 \text{ mkg.}$

Dresernek a híg vizeletre vonatkozó okoskodását Köppe teljesen félreértette „Hiemit verwischt Dreser die Einheitlichkeit seines Begriffes der osmotischen Nierenarbeit.” (l. c. 818. l.)

Ezért ő itt is az előbbi $A = n RT \log. \text{ nat. } \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ képletet alkal-

mazza, ami ez esetben, minthogy $\Delta_2 < \Delta_1$, munkanyereséget szolgáltat. „Daraus geht ohne Weiteres hervor, dass die osmotische Arbeitsleistung der Niere sich nicht so glatt berechnen lässt, wie es den Anschein hatte.” Azt hiszem, a fentebbiekből eléggé kitűnik, hogy ez az ellenvetés teljesen alaptalan.

Köppe azután így okoskodik tovább: Ha elképzeljük, hogy a húgyutakból minden vizelet lefolyt, akkor nem lehet szó a vizeletnek osmoticus kiválasztásáról. „Osmotische Energie ist nicht im Stande, von einer Flüssigkeit einen Teil in einen nicht von Flüssigkeit erfüllten Raum abzuscheiden.” Tehát teljesen félreérti „a vesék osmoticus munkája” kifejezést. Ez ugyanis csak azt jelenti, hogy a vesék az osmoticus nyomás ellenében végeznek munkát, s így ezen munka nagysága az osmoticus nyomás

törvényeinek alapján meghatározható, de nem jelenti, hogy a vesék osmoticus erők segítségével készítik váladékukat. Ellenkezőleg, az osmoticus erők a vizeletproductio ellen működnek, tehát felesleges azon legalább is kérdéses eshetőséghez folyamodni, mikor a húgyutakból minden vizelet lefolyt; a vesék munkája mindig concentratio-különbségek előidázásében áll s így az osmoticus nyomás, mely a különbségek kiegyenlítésére irányul, ezen folyamatoknak mindig ellene működik, tehát osmoticus erők a veseműködés lényegét semmiképpen sem magyarázzák. Azon erők, melyek a concentratio-különbségeket létrehozzák, előttünk teljesen ismeretlen természetűek, de ennek dacára munkájuk nagysága meghatározható azon körülmény folytán, hogy az az osmoticus nyomás ellenében végeztetik.

Miután Köppe az „osmoticus energia” szerepét ily módon kizárta, annak helyébe a vérnyomást teszi. Ez azonban elenyésző csekély lévén az osmoticus nyomással szemben, a következő hypothesis felállításával segít a bajon:

Ha oldat és víz állnak egymással szemben semipermeabilis fal által elválasztva, akkor ahhoz, hogy a víz beáramlása megakadályoztassék, az oldatra egy az osmoticus nyomással egyenlő, általában magas értékű nyomásnak kell nehezednie. „Soll aber nun von der Lösung noch Wasser abgepresst werden, so ist *ausserdem* dazu ein Arbeit nötig, welche nach der Formel $A = n \cdot RT \cdot \log$

nat. $\frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ berechnet werden kann. Diese Arbeit ist *äusserst gering*

im Vergleich zum osmotischen Druck der Lösung” (l. c. 819). Ezért, ha a semipermeabilis fal olyan volna, hogy vizet csak egy irányban, az oldattól a víz felé bocsátana át, de fordítva nem, akkor az osmoticus nyomás az által ellensúlyoztatnék s a víz kipréseléséhez csak fennebbi „*äusserst geringe Arbeit*” volna szükséges. Ez a munka abból állna, hogy a vesébe áramló 0,55° C Δ -jú vér összenyomatnék p. o. 0,56° C Δ -jává, ily módon

minden liter vízből $\frac{1}{55}$ rész = 18 cm³ préseltetnék ki.

$$A = 25,45 \cdot \frac{0,55 \cdot 1}{1,85} \cdot 2,3 (\log 0,56 - \log 0,55) \text{ lit. atm. munkával;}$$

$$\begin{aligned}\log 0,56 &= 0,7482 - 1 \\ -\log 0,55 &= 0,7404 \pm 1\end{aligned}$$

0,0078 és így az ehhez szüksé-

ges munka $A = 0,136$ lit. atm., ami helyett Köppe éppen 10-szer kevesebbet, $0,0136$ lit. atm-t számít s ezt egyszerűen atmosphaerának tekintve, a 760 mm Hg $= 1$ atmosphaera összefüggés alapján $10,3$ mm. Hg-mal teszi egyenlővé. Tehát csak ekkora vérnyomás szükséges 18 cm³ víznek 1 liter vérből való kipréseléséhez s ez csakugyan rendelkezésre is áll.

Ha Köppe legalább számítási hibákat nem követne el, akkor 10 mm Hg helyett 103 mm-t kapott volna s kétségtelenül elment volna a kedve attól, hogy egy egész táblázatot számítsa ki, a vérnek $0,55^{\circ}$ C Δ -ról egész $0,62^{\circ}$ C Δ -nak megfelelő compressiójára, mert ehhez már 688 mm Hg vérnyomás volna szükséges, aminek felvételét talán még ő sem tartaná plausibilisnek.

Ezen szerény számítási hibánál azonban sokkal súlyosabbak a logikaiak. Először is Köppe állandóan összecseréli a nyomást és a munkát, holott a kettő két teljesen különböző physikai fogalom: a nyomás alatt valamely 1 cm²-es felületre ható nyomó erőt értünk, ez tehát csak a térfogattal (ill. térfogatváltozással) szorozva lesz munkává. A kettő tehát egymással össze nem hasonlítható s az oly kifejezésnek „Diese Arbeit ist äusserst gering im Vergleich zum osmotischen Druck” egyáltalában semmi értelme nincs.*

Még súlyosabb tévedés azonban azt hinni, hogy a $0,55^{\circ}$ C Δ -jú oldatnak $0,56^{\circ}$ C. Δ -jává való összenyomásához a feltételezett egy irányban vízátbocsátó fal segélyével csak a két oldat osmotikus nyomáskülönbségének megfelelő 103 mm Hg (amit Köppe tévesen 10 mm-nek számít) nyomás szükséges. Ez épp oly tévedés, mintha valaki azt hinné, hogy egy oly kazánba, melyben 10 atmosphaera nyomású gőz van, annyi újabb gőznek beszorításához, hogy a nyomás 11 atmosphaerára emelkedjék, csak a különbségnek megfelelő 1 atmosphaera nyomásra van szükség. A Köppe-féle hypothesis, hogy a fal csak egy irányban legyen átjárható, itt nagyon jól realizálható, ha a kazánra egy oly szelepet alkalmazunk, mely csak befelé nyílik, úgy, hogy a beszorí-

* A fennebbi példában szereplő 103 mm. Hg (melyet Köppe tévesen 10 mm-nek vesz) a $0,55^{\circ}$ C és $0,56^{\circ}$ C Δ -val bíró oldatok osmotikus nyomásainak különbsége 37° C-nál (általában oly oldatoké, melyeknek Δ -ja $0,01^{\circ}$ C-kal különbözik).

tott gőz útja visszafelé el van zárva.* Azt hiszem senki sem képzeli, hogy egy ily szelep segítségével a fentebbi feladat: gőznek 1 atmosphaera nyomással a 10 atmosphaerás kazánba való szorítása megvalósítható lenne. Ez épp oly absurdum, mint a 7,7 atmosphaera osmotikus nyomású vérnek 10 mm, vagy akár

103 mm Hg $\left(= \frac{1}{7,4} \text{ atmosphaera} \right)$ vérnyomás segélyével való

compressiója. Ezek után a Köppe-féle felfogásnak egyéb hibái közül csak éppen azt említjük még fel, hogy a vázolt folyamat szerint csak víz préseltetnék ki a vérből, tehát csak a vérnél higabb vizelet keletkezhetnék ily módon, holott a nehézséget főképpen a tömény vizelet keletkezésének magyarázata okozza.

Ez esetben — a partialis tensiókat teljesen figyelmen kívül hagyva is — a glomerulus-filtratumból kellene víznek visszafelé préseltetni a vérbe, tehát az ureternyomásnak kellene a vérnyomást felülmúlnia. Ilyenkor nagyon jó szolgálatot tesz néhány hangzatos kifejezés, melyet a profanum vulgus nem ért ugyan, de többnyire elhiszi, hogy az, aki odavezette őket, érti a dolgot. Halljuk tehát Köppe-t (l. c. 819. l.): „Bei geeigneter Anordnung verschieden durchlässiger Wände, Berücksichtigung der Partialdrucke der einzelnen Blutbestandteile, der verschiedenen Diffusionsgeschwindigkeit, der Dissociation, der Hydrolyse, Bildung complexer Molecule lässt sich theoretisch wohl erklären, dass zwischen zwei Flüssigkeiten, die an einander vorbeifliessen, durch *osmotische Energie (!) eine erhebliche osmotische Druckdifferenz* zwischen beiden sich einstellt und bestehen bleibt.” Talán felesleges mondanunk, hogy ezen nagyszámú tényező közül egyetlenegy sem alkalmas osmotikus nyomáskülönbség előidézésére. Complex moleculák képződése csökkenti, hydrolysis és dissociatio növeli ugyan a molekularis concentratiót, de — ceteris paribus — complex moleculák képződésére inkább concentrált, dissociációs és hydrolytikus folyamatokra pedig inkább híg oldatokban számíthatunk, úgy hogy valamennyien inkább a concentratiókülönbségek csökkenését idézik elő, nem növeke-

* Mint minden hasonlat, úgy ez is sántít annyiban, hogy Köppe esetében az oldószer kipréseléséről, itt pedig (az oldott anyag szerepét játszó) gőznek beszorításáról van szó.

Ez azonban nem érinti a kérdés lényegét, amennyiben a munka végezése mindkét esetben ugyanazon célra, az oldott anyagnak, illetőleg a gőznek összenyomására szükséges, s ennek az oldott anyag, illetőleg a gőz mindig teljes nyomásával szegül ellene.

dését. Egyensúly pedig csak akkor lehetséges, ha úgy a complex moleculák, mint a hydrolysis- és dissociatiotermékek concentrációja is egyenlő a két oldatban.*

Mindezek alapján azt hiszem, hogy nem sokan fogják osztani Köppenek azon nézetét, miszerint „Wir haben klare, übersichtliche Vorstellungen gewonnen” a vesék működésére vonatkozólag. A vesesecretiónak mechanizmusát illetőleg — valljuk be őszintén — teljes homályban vagyunk. Azonban épp ezért becomes minden módszer, mely lehetővé teszi — ezen titokzatos mechanizmus ismerete nélkül is — a vese működésének quantitativ vizsgálatát. Ilyen módszer a vesék osmotikus munkájának meghatározása is, minthogy ezen munka nagysága független az úttól, melyen át végeztetett, s csupán a kezdeti és végső állapottól függ. Ezért törekedtek Dreser és Galeotti ezen munka értékének lehetőleg exact meghatározására. Az ő számításuk, mint számítás, kétségkívül helyes s a baj, mint már a bevezetésben említettük, egészen más körülményben rejlik, t. i. abban, hogy ők az egyes anyagok partialis concentrációi helyett csupán az összes concentratiót vették figyelembe, minek folytán nem a vizelet készítésének, hanem csupán egy, a vizelettel egyenlő concentrációjú, condensált vérsavó előállításának munkáját számították ki.** A tényleges minimális munka meghatározásához ismer-

* A concentratiókülönbségek létrejöttének megértéséhez a Köppe által is említett Gurwitsch-féle vizsgálatok kétségtelenül egy lépessel közelebb vittek, de amíg nem tudjuk azt, hogy az a hypothetikus lipidféle oldószer, mely nagy oldóképessegenél fogva egyes véralkatrészeket magasabb concentratióban vesz fel az epithelsejteknek a vérrel érintkező oldalán, hogyan tűnik el ismét, mire a vacuola a húgycsatornáknak felső oldalra ér, addig a veseműködést physikai vagy chemiai szempontból megmagyarázotttnak nem tekinthetjük.

** Galeotti, úgy látszik, érezte, hogy a számításnak valami hibája van, de rossz helyen kereste ezt. Ugyanis a reversibilitás feltételének említésekor azt mondja, hogy a vizelet kiválasztása irreversibilis, mert nem víz kipréselése, hanem egyes moleculáknak a vérből a vesesejtekbe felvétele, majd a vizeletbe való leadása útján történik „Ein solcher Process ist ersichtlich irreversibel” (l. c. 204. l.). Csak ha kicsiny a concentratiókülönbség a vér és a vizelet között, csak akkor reversibilis szerinte a folyamat, csak akkor alkalmazható a Dreser-féle képlet a munka kiszámítására. Ezen ellenvetés azonban nem helyes. A vizelet igenis előállítható a vérből reversibilis úton megfelelő semipermeabilis dugattyúk segítségével. Minden egyes alkotórészt a vérbeli concentrációjáról a vizeletbelire comprimálhatunk oly dugattyú segítségével, mely csupán az illető alkatrészre nézve impermeabilis, a vizet és a többi mind átbocsátja. Ilyen dugattyúkat elméleti physikalisch chemiai levezetéseknél gyakran alkal-

nünk kellene úgy a vér, mint a vizelet minden egyes alkotórészének koncentrációját, s mindegyikre külön kellene kiszámítanunk a koncentrációváltozás munkáját. Az ily számítás azonban az analitikai adatok hiánya folytán kivihetetlen, másrészt a vizelet összetételének ingadozása folytán a teljesen pontos számításnak nem is volna sok értelme. Ezért a következőkben csupán egy rendkívül egyszerű példa kapcsán akarom illusztrálni, mily lényeges befolyással van a compressio munkájának kiszámítására a partialis koncentrációk figyelembe vétele. E célból a vizeletnek csupán két legfontosabb alkotórészét vegyük tekintetbe: a Na Cl-t, mely az anorganikus alkotórészeknek körülbelül $\frac{2}{3}$ -át teszi és a huyanyt, mely mellett egyéb organikus alkotórészek bátran elhanyagolhatók.

A vér Na Cl-tartalmát 0,6 %-nak véve, ez 1 literben $\frac{1}{10}$ mol-nál (5,85 gm.) valamivel többnek s a körülbelül 80 % disszociatio számbavételével $c_{1 \text{ NaCl}} = 0,18$ osmotikus koncentrációnak felel meg. A vizelet átlagos Na Cl-tartalmát 1,2 %-nak, azaz $c_{2 \text{ NaCl}} = \frac{1}{10}$ 0,36-nak vehetjük (a disszociatio fokának megváltozása bátran elhanyagolható).

A huyanytartalmat a vérben 0,06 %-nak vehetjük, ami (mol. súly 60) 1 literben $\frac{1}{100}$ mol.-nak, tehát $c_{1 \text{ ur}} = 0,01$ -nek, a vizelet 2,4 % huyanytartalma pedig ezen érték 40-szeresének, $c_{2 \text{ ur}} = 0,4$ osmotikus koncentrációnak felel meg.

Ezen egyszerűsítés mellett a vér összes koncentrációja

$$c_1 = c_{1 \text{ NaCl}} + c_{1 \text{ ur}} = 0,18 + 0,01 = 0,19$$

volna, a vizeleté pedig

$$c_2 = 0,36 + 0,40 = 0,76$$

Ezen vizelet 1 literének előállításához (8) szerint

$$A = RT \cdot n \cdot \left(2,3 \log \frac{c_2}{c_1} - \frac{c_2 - c_1}{c_2} \right)$$

munka szükséges a Dreser-Galeotti-féle számítás szerint. Mint-hogy $c_2 = 0,76$, a vizelet 1 literében $n = 0,76$, mol foglaltatik, továbbá minthogy $RT = 262,9$ mkg.

maznak, ezeknek segélyével minden egyes alkatrészt külön a megfelelő mértékben comprimálva sikerül reversibilis úton is a vizeletnek a vérből való előállítás, tehát az ehhez szükséges munka mennyisége is kiszámítható.

$$A = 262,9 \cdot 0,76 \left[2,303 \log \frac{0,76}{0,19} - \frac{0,57}{0,76} \right] = 262,9 \cdot 0,484 = \\ = 127,2 \text{ mkg.}$$

Ha e helyett a Na Cl és a hügany compressiojához szükséges munkákat külön-külön számítjuk ki: a Na Cl-ra nézve $c_1 = 0,18$, $c_2 = 0,36$, $n = 0,36$, tehát ahhoz, hogy a Na Cl-t a vérbeli concentratiojáról a vizeletbelire comprimáljuk (egy oly dugattyú segítségével, mely csak a Na Cl számára átjárhatatlan)

$$A_{NaCl} = 262,9 \cdot 0,36 \left[2,303 \log \frac{0,36}{0,18} - \frac{0,18}{0,36} \right] \\ = 262,9 \cdot 0,0695 = 18,27 \text{ mkg.}$$

A hüganyra nézve $c_1 = 0,01$ $c_2 = 0,40$ $n = 0,4$,

$$\text{tehát } A_{ur} = 262,9 \cdot 0,4 \left[2,303 \log \frac{0,40}{0,01} - \frac{0,39}{0,40} \right] \\ = 262,9 \cdot 1,103 = 290,0 \text{ mkg.}$$

E szerint az egész munka

$A = A_{NaCl} + A_{ur} = 18,27 + 290 = 308,27 \text{ mkg.}$ szemben a Dreser-Galeotti szerint számított 127,2 mkg-mal, tehát körülbelül $2\frac{1}{2}$ -szer nagyobb annál.

Látjuk tehát, hogy — bár kissé fáradságos módon — mégis képesek vagyunk a vesék osmotikus munkájának nagyságát tet-szész szerinti pontossággal meghatározni. Ez magában véve nem nagy eredmény ugyan, de nem szabad felednünk, hogy — Mulder hasonlata szerint — a szervezet energiaforgalmának vizsgálatával olyan helyzetben vagyunk, mint az az ember, aki egy háznak bezárt kapuja előtt állva, abból akarná megtudni a házban történeteket, hogy mit adogatnak be a házba az ablakon s milyen füst távozik a kéményen át. Miután a szervezetbeli folyamatok lényegéről mitsem tudunk, kétszeres örömmel kell meg-ragadnunk minden alkalmat, mely módot nyújt arra, hogy ezen folyamatok quantitativ viszonyaiba betekintést nyerjünk, ha már azoknak miként való lefolyását pontosan nem ismerhetjük.

Ily módon meghatározható mennyiség az összes energia változása, mely a thermodynamika I. főtétele értelmében csak a kezdeti és végső állapottól függ, de független az úttól, melyen a változás végbement. Ismeretes, hogy a szervezet összes energia-forgalmának vizsgálata egész külön tudománnyá fejlődött az utóbbi időkben. A másik ilyenmű mennyiség a thermodynamika II. főtétele értelmében a szabad energia, azaz a valamely folya-

mattal járó maximalis (illetőleg minimális) munka nagysága, mely szintén csak a kezdeti és végső állapottól függ. Ugyanazon számítás, mely a fentebbiek szerint a vesék osmotikus munkájának meghatározására vezetett, alkalmazható mindazon folyamatoknál, melyek concentratio-különbségek létrehozására irányulnak, tehát pl. az összes mirigy-secretióknál. Ezen munkának kóros körülmények közt való meghatározása szilárd alapot fog nyújtani az illető functio zavarának megítéséhez s egykor talán képesek leszünk a szervek physiologikus és pathologikus functióit quantitative, számokban is kifejezni s akkor az orvosi tudomány exactság tekintetében is egyenrangú lesz a többi természettudománnyal, a physikával és chemiával.

A vesék osmotikus munkájáról

(Rhorer László leghíresebb munkájának rövid ismertetése.)

Néhai Rhorer László professzor munkáinak fő célkitűzése volt, hogy a szervek fiziologiás és pathologikus functióit quantitative számértékekben fejezze ki és ezáltal exaktság tekintetében egyenlővé tegye az orvostudományt a többi természettudománnyal, pl. a fizikával, kémiával. Ezen törekvésének jelentősége nyilvánvaló. Természetesen biológiai objektumok esetében a functiók sokkal összetettebbek, bonyolultabbak, mint a leegyszerűsített laboratóriumi kísérleteknél, hiszen az élő minőségben különbözik az életteltől. Tehát nyilvánvaló, hogy a szervek, így a vesék működésének quantitativ összefüggéseit megismerni komoly feladatot jelent. E téren vitte előre tudásunkat sok tekintetben néhai Rhorer László. A kérdésnek mind a klinikumban, mind pedig elméletileg nagy jelentősége van. A vizelet fagyáspontcsökkenésének meghatározásából a gyakorló orvos kielégítő következtetéseket vonhat le. Elméletileg azonban sok kérdés várt megoldásra.

Dreser, Hamburger, Köppe, Galeotti voltak azok a kutatók, akik a kérdéssel behatóbban foglalkoztak. Eredményeik eltérőek, ellentmondóak. Különös hiányosságuk az, hogy nem a vizelet készítésének munkáját adják meg, hanem csak azt a munkát, amelyik a vérből egy a vizelettel azonos osmotikus concentrációjú oldatnak, tehát egy besűrített vérsavónak előállításához szükséges. A vér és vizelet közti concentráció különbség létrehozására fordított munka kiszámításánál a különböző vizeletalkatrészeket egyenként tekintetbe kell venni, hangsúlyozza Rhorer László. Hogy a vérből vizelet legyen, az egyes alkotóré-

szeket különböző mértékben kell sűríteni és ezért a felhasználás munkamennyisége is más lesz.

A számítás gondolatmenetét Dreser és Galeotti adták meg és ezt módosította Rhorer a fentiek értelmében.

A vesék a vérből rendes körülmények között háromszor koncentráltabb vizeletet készítenek, az oldott anyagokat háromszor kisebb térfogatra komprimálják. Ehhez munka szükséges. A számítás alapja az a tétel, mely szerint a munka nagysága független az úttól, melyen át a változás történik és ismerve a kezdeti és végállapotot, meghatározható a munka nagysága. Tehát a vese működés részletes mechanizmusát nem ismerve is kiszámíthatjuk a vizeletkészítés munkáját. Erre az összefüggés a következő:

$$A = n RT \left[2,3 \cdot \log \cdot \frac{c_2}{c_1} - \frac{c_2 - c_1}{c_2} \right]$$

ahol n jelenti a molekulák számát, c_2 ill. c_1 pedig a vizelet ill. vér osmotikus koncentrációját molekulákban.

E képlettel dolgozva Dreser napi 1,5 l vizelet készítésének munkáját kerekén 200 mkg-nak, ill. 460 caloriának adta meg.

Rhorer szerint a számítás menete lényegében helyes, de nem elég csak az összes, szummáris koncentrációt figyelembe venni, hanem ismernünk kell a vér és vizelet egyes alkotórészeinek koncentrációját külön külön is. Mindegyikre külön ki kellene számítani a munkát, hogy közelítőleg helyes eredményt kapjunk. Mivel azonban az analitikai adatok hiányosak és az egyes alkotórészek mennyiségében komoly ingadozások vannak, ezért Rhorer csak a NaCl és karbamid koncentrációját veszi figyelembe számításánál.

A vér NaCl tartalma 0,18 mol osmotikus koncentrációnak felel meg.

A vizelet NaCl tartalma 0,36 mol osmotikus koncentrációnak felel meg.

A vér karbamid tartalma 0,01 mol osmotikus koncentrációnak felel meg.

A vizelet karbamid tartalma 0,4 mol osmotikus koncentrációnak felel meg.

Ezekkel az adatokkal számolva Dreser szerint a vese osmotikus munkája 127,2 mkg.

Rhorer e helyett helyesen a munkákat külön külön kiszámolva a következő eredményre jutott:

$$A_{NaCl} = 18,27 \text{ mkg}$$

$$A_{ur} = 290 \text{ mkg}$$

Tehát összesen az egész munka 308 mkg., ami kb. $2\frac{1}{2}$ -szer nagyobb a Dreser szerint számítottnál.

Rhorer érdeme, hogy erre felhívta a figyelmet és korrigálta a megelőző számításokat.

Ilyen módon minden munka kiszámítható, ahol koncentráció különbségek létrehozása történik a szervezetben pl. az összes mirigy szekrécióknál. Rhorer ezen számításokra egy szellemes hasonlatot talált: „A szervezet energiaforgalmának vizsgálatával olyan helyzetben vagyunk, mint az az ember, aki egy háznak bezárt kapuja előtt állva, abból akarná megtudni a házban történeteket, hogy mit adogatnak be, a házba az ablakon s milyen füst távozik a kéményen át.”

Amíg nem ismerjük meg teljesen a szervezetbeni folyamatok lényegét, kétségtelenül ez a mód alkalmas arra, hogy ezen folyamatok quantitativ viszonyaiba betekintést nyerjünk.

EGYÉB MUNKÁI

A Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

A Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

A Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

A Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

A Magyar Nemzeti Múzeum Értéktárána

MATHEMATIKAI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉRTESÍTŐ

A M. Tud. Akadémia III. osztályának folyóirata.

Szerkeszti: *König Gyula* osztálytitkár.

Különlenyomat a XX. kötet 3. füzetéből.

A KICSAPÁSI MÓDSZER ALKALMAZÁSÁRÓL

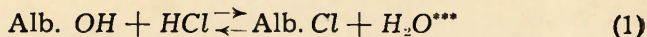
A FEHÉRJÉK SAVKÖTŐ KÉPESSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁRA.*
RHÖRER LÁSZLÓ-tól.

A fehérjéknek szavakkal (és bázisokkal) képezett vegyületei kétféle szempontból is figyelemre méltók. Először elméleti fontossággal bírnak, amennyiben egy lépéssel közelebb visznek a fehérjék chemiai szerkezetének megismeréséhez; másodsor practikus jelentőségűek a gyomornedv vizsgálatánál, miután ebben a gyomorsav egy része fehérjék által megkötött állapotban fordul elő. A fehérjéknek savakkal képzett vegyületeit *Sjöquist*** vizsgálatai óta sóknak tekintjük, p. o. a sósavas fehérjét az ammoniumchloridhoz hasonló vegyületnek, melynek képződése a következő egyenlet értelmében történik:

* A m. k. állatorvosi főiskola vegytani laboratóriumában készült dolgozat.

** Skandin. Arch. f. Physiolog. 5. 277 (1894) és 6. 255 (1895).

*** Fentebbi analogia alapján magát a fehérjét mint basist, az NH_4OH -hoz hasonlóan egy pozitív gyök (*albuminium Bugarszky és Liebermann* szerint) hydroxyl vegyületének kell tekintenünk, és pedig minden valószínűség szerint többsavú basisnak, tehát a fentebbi egyenlet teljes alakja volna: $Alb.(OH)_n + nHCl \rightleftharpoons Alb.Cl_n + nH_2O$. Lehetne továbbá a fentebbi reactiót nem neutralisatióknak, hanem egyszerű molecularis additióknak tekinteni, azonban az aminbázisokkal való analogia, valamint *Bugarszky és Liebermann* azon tapasztalata, hogy a fehérje a H és Cl ionokat nem egyenlő mennyiségben köti le, inkább az első feltevés mellett szólnak. Egyébként az egyensúly feltételeit mindkét feltevés alapján a (2) egyenlet fejezi ki, csak az első esetben hydrolysisról, a másodikban egyszerű (nem elektrolytes) dissociációról kell beszelnünk.



s az egyensúlyi állapotot a

$$C_{\text{fehérje}} \cdot C_{\text{HCl}} = K \cdot C_{\text{sósavas fehérje}}^1 \quad (2)$$

egyenlet fejezi ki; a hydrolysis állandója *Sjöquist* azon adata alapján, hogy a sósavas tojásalbumin $1/20$ normal oldatban 18,5 százalékra hydrolyzál, $K = 0,0021$ -re tehető.

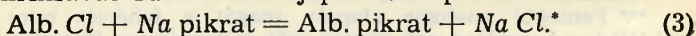
A fehérjék által megkötött sav mennyiségének meghatározására alkalmazott kísérleti módszerek két csoportba oszthatók:

1. *Physikalisch-chemiaiak*: az elektromos vezetőképesség,² az inversiosebesség,³ valamint az elektromotoros erő és fagyáspontcsökkenés⁴ meghatározásán alapuló módszerek. Ezek végeredményben mindig a valamely sav és fehérje oldatában levő szabad sav mennyiségét, tehát a hydrolyzált rész és az esetleges savfőlösleg összegét adják meg. A fehérjével *aequivalens* savmennyiség ezen módszerekkel csak a hydrolysis visszaszorítása, tehát a savnak nagy főlösege (tízszeres savfőlösege a fentebbi esetben a hydrolysis $1/2$ %-ra, tehát *practice* elhanyagolható értékűre szorítja vissza) mellett határozható meg.

2. *Chemiaiak*: a) egyszerű titrálás,⁵ mely a hydrolysis miatt pontos eredményeket nem szolgáltat; b) az ún. kicsapási módszer.⁶

Miután ezen kicsapási módszert illetőleg az irodalomban határozottan téves nézetekkel találkozunk, szükségesnek tartottam azt úgy elméleti, mint kísérleti szempontból behatóbb vizsgálatnak alávetni.

E módszer lényege abban áll, hogy, ha ismert mennyiségű savhoz fehérjét adunk s azután a fehérjét (szokás szerint valamely alkaloidreagenssel) kicsapjuk, a szűrletben a savnak csak egy része található, a hiányzó részt a fehérje kötötte le. A kicsapás valamely nehezen oldható fehérjesó képződésén alapszik, p. o. az (1) alatti egyensúlyi állapotban levő sósavas fehérje oldatából pikrinsavas Ca-mal fehérjepikrat csapadék keletkezik:



¹ Illetőleg $C_{\text{fehérje}} \cdot C_{\text{HCl}} = K \cdot C_{\text{sósavas fehérje}}$

² *Sjöquist* l. c.

³ *Cohnheim*, Zeitschr. f. Biolog. N. F. 15. 489 (1896).

⁴ *Bugarszky és Liebermann*, Pflügers Arch. 72. 51 (1898).

⁵ *Danilewsky*, Centralbl. f. med. Wiss., 1880. Nr. 51.

⁶ *Cohnheim és Krieger*, Zeitschr. f. Biol. N. F. 22. 95 (1900).

* *Cohnheim* és *Krieger* kimutatták, hogy kicsapás után az oldatban az összes Cl feltalálható, hogy tehát a reactio tényleg egyszerű cserebomlás. Ez egyúttal a sósav-fehérje só-természetének is újabb bizonyítéka.

Ismeretes, hogy a kicsapás csak sav jelenlétében történik; a szükséges sav mennyiségének meghatározására végzett kísérleteimből kiderült, hogy a tökéletes kicsapáshoz legalább is a *fehérjével aequivalens* sav jelenléte szükséges, minek magyarázata a következő: az albuminiumpikrat csapadék alakjában való kiválásához szükséges, hogy az albuminium- és a pikrat-ionok koncentrációinak szorzata az illető hőmérséknek megfelelő oldhatósági szorzat (Löslichkeitsproduct) értékét meghaladja. A fehérje azonban igen gyenge basis, (a $K_{hydrolysis} = \frac{K_{víz}}{K_{basis}}$ összefüggés

alapján $K_{fehérje} = 6,10 \cdot 10^{-12}$ -re tehető, ebből) az albuminiumionok koncentrációja $C_{alb} = 5 \cdot 10^{-7}$ volna $\frac{1}{20}$ n. oldatban, tehát az ionkoncentrációk szorzata rendkívül csekély. Ha az oldathoz *HCl*-t adunk, albuminiumchlorid képződik, amely mint só csaknem teljesen disszociál, $C_{alb} = 0,05$ -re, azaz majdnem százezer-szeresre emelkedik, az ionconc. szorzata az oldhatósági szorzatot meghaladván, a csapadék kiválik.

A (3) reactio azonban megváltoztatja az (1) egyensúlyi állapotot; ez ugyanis az Alb. Cl eltávolítása folytán úgy tolódik el, hogy a lekötés teljessé válik, tehát a szűrlet titrálása is a teljes lekötésnek megfelelő értéket, azaz a fehérjével aequivalens sav mennyiségét fogja szolgáltatni.** Kivételt csak azon eset képezne, ha a *HCl* és fehérje egyesülése a vizsgáló reactio (a kicsapás) sebességéhez képest elhanyagolható volna. Hogy ez nincs így, már a priori feltehető, mert különben a hydrolysis foka egy mérhetetlenül gyors lefolyású reactióval, tehát egyszerű titrálással is meghatározható volna. Mindazonáltal a feltevés helyességét a következő kísérletekkel is igazoltam:

15 cm³ 1,2 %-os dialyzált tojásalbumint és 10 cm³ $\frac{1}{10}$ n. *HCl*-t változó (t) ideig engedtem egymásra hatni, aztán K_2HgJ_4 -tal kicsapva azt találtam, hogy a fehérje lekötött:

t = 0	perc múlva (rögtön kicsapva)	—	—	2,6	cm ³ -t
t = 1	nap	„	—	—	2,6 „
t = 3	„	„	—	—	2,6 „

** Nem így áll a dolog, ha a fehérje eltávolítása oly módon történik, mely a fehérjebasist és fehérjesót egyaránt eltávolítja, mint az a *Cohnheim* (l. c.) és *Spiro* és *Pemsel* (Z. f. physiol. Chem. 26. 233. 1898.) által alkalmazott, ammoniumsulfáttal való kísérésnél történik. Miután ez a módszer a telített ammoniumsulfátos oldat titrálásával járó nehézségek miatt újabb alkalmazást nem nyert, szükségietlennek tartottam vele bővebben foglalkozni.

vagyis a leköttött sav mennyisége három napi behatás után sem szaporodott. Miután esetleges változás főleg az első percekben várható, megvizsgáltam a sósavas fehérjeoldat elektromos vezetőképességét [mely a fokozatos lekötésnek legérzékenyebb indicatora volna] a sav hozzátétele után azonnal, 10 perc, $\frac{1}{2}$ és 1 óra múlva s azt a kísérleti hibák határán belül teljesen állandónak találtam. A *Kohlrausch*-féle berendezés mellett a minimum az 1000 részre osztott hengerhíd 1 osztályrészén belül maradt, a 0,012 normaloldat specif. vezetőképessége (*K*) a következő volt 18° C-nál:

0 perc múlva	—	—	—	—	—	0,001610
10 „ „	—	—	—	—	—	1606
30 „ „	—	—	—	—	—	1610
1 óra „	—	—	—	—	—	0,001615

reciprok Ohmokban kifejezve. A fehérje és sósav egyesülése tehát mérhetetlenül gyors lefolyású reakció s így a kicsapási módszer az (1) alatti hydrolysis fokának megállapítására nem használható. *Erbnek** ily irányú dolgozata teljesen téves alaphól indul ki, azonkívül a kísérleti és számítási hibák egész sorozatát tartalmazza, melyekre itt nem reflectálhatok. Hasonlóképpen téves eredményekre jutnak *Cohnheim* és *Krieger* (l. c.), akik azt állítják, hogy

1. a leköttött savmennyiség függ a kicsapó szer minőségétől. P. o. ugyanazon fehérjemennyiség:

phosphorwolframsavas *Ca*-mal kicsapva lekött $5,1 \text{ cm}^3 \frac{1}{10} \text{ n. HCl-t}$,

pikrinsavas *Ca*-mal kicsapva lekött $3,6 \text{ cm}^3 \frac{1}{10} \text{ n. HCl-t}$,

kaliumjodomercurattal kicsapva lekött $3,9 \text{ cm}^3 \frac{1}{10} \text{ n. HCl-t}$,
 ugyanaz + telít. CaCl_2 kicsapva lekött $4,6 \text{ cm}^3 \frac{1}{10} \text{ n. HCl-t}$.

Az eltérések oka következő: a kicsapás után az oldatban marad fölös *HCl* és *PW*-savas *Ca*. A két sav „osztozik” a *Ca*, mint basis fölött s miután a *HCl* jelentékenyen „erősebb” sav, nagy része leköttetik CaCl_2 alakjában, úgy hogy a szabad sav, melyet titrálunk, *PW* sav. Ez pedig pontosan nem titrálható, az átmenet más és más különböző indicatorok használata mellett s egy esetben sem éles.* Kétségtelen azonban, hogy, ha *PW*-savas

* Zeitschr. f. Biolog. N. F. 23. 369 (1901).

* A szerzők által használt 4% *PW* sav 10 cm^3 -ének neutralisációjához methylorange mellett $5,6$, phenolphtalein mellett $31,0 \text{ cm}^3 \frac{1}{10} \text{ n. lúg}$ szükséges.

Ca-hoz HCl -t teszünk, s visszatitráljuk, mindig kevesebb savat találunk, azaz a jelen esetben a lekötött savmennyiséget a ténylegesnél nagyobbak találjuk. Ezen körülmény a K_2HgJ_4 és pikrinsavas Ca-nál nem fordul elő, az ezeknek megfelelő savak jól titrálhatók. Ezekkel végzett kísérleteim tényleg jól egyező értékeket szolgáltatottak, p. o. $15\text{ cm}^3\ 1,2\text{ ‰}$ -os tojásalbuminoldat leköt (4—4 kísérlet középértékei):

K_2HgJ_4 -val kicsapva $2,56\text{ cm}^3\ 1/10\text{ n. HCl}$ -t
pikrinsavas Ca-mal kicsapva $2,53\text{ cm}^3\ 1/10\text{ n. HCl}$ -t

Sósav hozzáadása nélkül, a fehérjét szabad pikrinsavval csapva ki, ebből lekötött $2,50\ 1/10\text{ n.}$ savnak megfelelő, tehát az előbbiekek szintén jól egyező mennyiséget. A telített $CaCl_2$ -nál mutatókozó eltérés oka egyszerűen az, hogy a kereskedésbeli $CaCl_2$ kissé alkalikus. Ennek számbavételével ismét az előbbiekekkel egyező értékeket nyerünk, tehát

a lekötött sav mennyisége független a kicsapó szer minőségétől. Ugyancsak Cohnheim és Krieger állították.

2. hogy a lekötött savmennyiség arányos a savfölösleggel. Ezt valószínűleg a physikalís chemiai módszerekkel nyert eredményekből merítették s iparkodtak a kicsapási módszerrel is igazolni. Miután azonban e módszer a fehérjével aequivalens savmennyiséget adja, ennek a savfölöslegtől függetlennek kell lennie. Szerzők kísérleteiket ismét PW-savas Ca-mal végezték s eredményeik az előbbiekhez hasonló, de complicáltabb kísérleti hibákra vezethetők vissza. Valamennyi kicsapó szernél fennforog továbbá azon zavaró körülmény, hogy a voluminosus fehérjecsapadék teljesen ki nem mosható, hanem annál több savat absorbeál, minél concentráltabb a szűrlet, azaz minél több a savfölösleg. A hiba természetesen annál kisebb, minél alaposabb a kimosás, p. o. 20 cm^3 tojásalbuminoldat lekötött

	2-szeri kimosás	2-szori kimosás után	
$4\text{ cm}^3\ 1/10\text{ n. HCl}$ -ből	$3,34\text{ cm}^3$ -t	3,10	$3,06\text{ cm}^3$ -t
10 „ „ „	4,0 „	3,19	3,28 „
35 „ „ „	4,75 „	3,10	3,28 „

Mint látható, lehetőleg teljes kimosás után a kísérleti hibák (melyek ez esetben legalább $0,2\text{ cm}^3$ -nyire tehetők) határain

belül egyező értékeket nyerünk, azaz: *a lekötött savmennyiség független a sav fölöslegétől**

Legyen szabad végül a fehérjék chemiai természetéről néhány szót szólnom. Azon tulajdonságuk alapján, hogy a neutralis fehérjeoldat neutralis marad egy aequivalens sav vagy lúg hozzátétele után is („abnormes Neutralisationsphänomen”), *Cohnheim* és *Krieger* a fehérjéket a *Hantzsch*** által leírt pseudo-vegyületek közé sorozzák. Ezen vegyületek lényege abban áll, hogy magukban igen gyenge basisok vagy savak (p. o. a nitroäthan), valamely erősebb sav, ill. basis hozzáadására azonban oly constitutio-változáson mennek keresztül, hogy ily módon keletkezett sok sóik (isonitroäthan *Na*) már erős basisnak, ill. savnak felelnek meg. Éppen jellemüknek ezen megváltozása folytán nevezte őket *Hantzsch* pseudobasisoknak, ill. savaknak. A fehérjék sói azonban, mint láttuk, oly nagy mértékben hydrolyzálódnak, hogy az ezen sóknak megfelelő basist semmi esetre sem lehet a szabad fehérjénél erősebbnek tekinteni, továbbá abnormis neutralisatio sincs, mert a fehérjeoldat a hydrolysis folytán sav hozzátétele után savanyúan, lúg után alkalikusan reagál; semmi ok sincs tehát a fehérjéket a pseudo-vegyületek közé sorolni. Ellenben azon tulajdonságuk alapján, hogy úgy savakkal, mint basisokkal is egyesülni képesek, határozottan a *Bredig** által leírt „amphoter elektrolytek” közé sorozandók. Megfelel ennek, hogy a fehérjék bomlástermékei között feltalálható a glycoll, egyike a *Bredig* által vizsgált amphoter elektrolyteknek, tehát kétségtelenül tartalmaznak oly atomcsoportokat, melyek az amphoter jellem előidézéséhez szükségesek.

Végül őszinte köszönetemet fejezem ki *dr. Liebermann Leo* és *dr. Bugarszky István* tanár uraknak, a szíves érdeklődésért, melyet munkám iránt mindenkor tanúsítottak.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1902 március 17-én tartott üléséből.)

* Fentebbi esetben $4 \text{ cm}^3 \frac{1}{10} n. \text{HCl}$ körülbelül azon minimumnak felel meg, mely mellett a kicsapás még teljes, amellyel tehát a kísérleteket kezdeni lehet, 35 cm^3 pedig több mint tízszeres fölösleg, mely mellett a hydrolysis már practice elhanyagolható.

** Ber. d. D. chem. Ges. 32. 575. és 3066. (1899).

* Z. f. Elektrochemie. 6. 33. (1899).

KÖZLEMÉNYEK AZ ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉLET- ÉS KÖRTAN KÖRÉBŐL

VI. kötet. 1906. január 20. 4. füzet.

Szerkesztik. *Dr. Hutya Ferenc és Rátz István.*

KÜLÖNLENYOMAT.

A m. kir. állatorvosi főiskola vegytani intézetéből.

OLDATOK RESORPTIÓJA A BÉLBEN

Dr. Rhorer László-tól.

A bélresorptio kérdésének azon részét szándékozom az alábbiakban tárgyalni, mely az ún. egyoldalú resorptiós áramra (einseitiger Resorptionsstrom) vonatkozik. Ezen egyoldalú resorptiósáram korántsem valamely kisebb jelentőségű részletkérdése a bélresorptiónak, mint azt talán első tekintetre gondolni lehetne, hanem ellenkezőleg, a legszorosabb kapcsolatban áll azon fundamentalis jelentőségű kérdéssel, amely minden, az élő szervezeteken észlelt „életjelenség” tárgyalásánál első sorban kell, hogy felmerüljön ti. vajon elegendők-e az illető jelenség megértéséhez, létrejöttének magyarázatához az eddig ismert physikai és chemiai erők vagy pedig kénytelenek vagyunk-e e célból — legalább egyelőre — ismeretlen ún. vitalis erők felvételéhez folyamodni?

A kérdést ilyen értelemben talán legszebben világítja meg Heidenhain¹-nek következő — éppen a bélresorptio tárgyalásánál alkalmazott metaphorája:

„Ein Dampfschiff fahre neben einem Holzkahn auf einem Flusse stromabwärts. Ein unbefangener Zuschauer am Ufer, noch unbekannt mit dem Dampfer, würde beim ersten Anblicke

¹ Pflüger's Archiv 56. 562. 1894.

ohne Zweifel geneigt sein, die Strömung allein für die Bewegung beider Fahrzeuge verantwortlich zu machen, bis er die Leistungsfähigkeit beider genauer vergleicht. Beide schwimmen ja in der Richtung des Stromes; beide fahren schneller bei starker, langsamer bei schwacher Strömung; die Bewegung beider wird also durch die lebendige Kraft des Wassers beeinflusst. Da sie die ausreichende Ursache für die Bewegung des Holzkahnes ist, könnte sie auch die alleinige Triebkraft für den Dampfer sein. Erst genauere Untersuchung beider Fahrzeuge zeigt, dass das Dampfschiff zu andern Leistungen befähigt ist, als der Holzkahn. Denn jenes kann mit dem Strome schwimmen, schneller als die Wassermasse vorwärts treibt oder langsamer oder auch gegen den Strom; der Holzkahn schwimmt im Strome mit dessen eigener Geschwindigkeit. In dem Dampfer sind also besondere Triebkräfte vorhanden ...”

A resorptióra alkalmazva: kétségtelen, hogy ezen jelenségnél egyszerű fizikai folyamatok ún. diffúzio, oszmosis és filtratio nagy szerepet játszanak; a kérdés csupán az, vajon elegendők-e ezek a resorptio összes tüneténeinek megmagyarázására?

A múlt század derekán, úgy látszik, az volt az általános nézet, hogy igen is, elegendők s csak a nyolcvanas évek elején látszanak ez iránt kételyek felmerülni. Az első ezen kételkedők közt Hoppe-Seyler: „Seit ungefähr 30 Jahren ... haben sehr viele Physiologen sich der Täuschung hingeeben, dass auch die Vorgänge der Resorption vom Darmcanal in Chylus und Blut ohne grosse Schwierigkeit nach bekannten mechanischen Prinzipien schon jetzt zu verstehen seien” mondja Hoppe-Seyler,² aki azután azon nézetének ad kifejezést, hogy a bélhám a resorptiónál activ szerepet játszik, azonban anélkül, hogy a kérdést bővebben részletezné. Azon — jóformán egyetlen — érv, melyet a mechanikai magyarázat ellen felhoz, hogy ti. izgatásra, különböző anyagokkal való mérgezésre a resorptio csökken vagy ellenkező irányú secretióvá alakul át, már abnormis viszonyokra vonatkozik.

Az, aki az oldatok Van't Hoff-féle elméletének ismerete alapján először kezdte a kérdést behatóbban vizsgálni, az Heidenhain volt.

Az ő kísérleteinek megvitatása azonban túlságosan belevinne a bélbeli diffúzio és oszmosis részletjelenségeinek tárgyalásába

² Physiol. Chem. 1881. S. 348.

s ezért ezt egy későbbi alkalomra hagyva, ezúttal csak a Cohnheim-féle resorptiós áram kérdésével akarok foglalkozni. Cohnheim³ azt akarja bizonyítani, hogy míg holt állat belében csak a diffusio és osmosis jelenségei constatalhatók, addig élőben activ resorptio is van. Hogy a circulatio hiánya által okozott különbségeket kiküszöbölje, az összehasonlítást úgy végzi, hogy a holt állat beleit 0,95 % *Na Cl* oldattal áramoltatja át. Ily módon vizsgálva cukoroldatoknak resorptióját, azt találja, hogy elhalt állat belében úgy hypertonicus (6 %) mint iso- (4,4 %) és hypotonicus (2,3 %) szőlőcukor-oldatok térfogata szaporodik, a mit helyesen magyaráz a szőlőcukornak a *Na Cl*-énál jóval kisebb diffusióképességéből. Ezenkívül a bélben kb. 0,6 % *Na Cl* is található, ami az erekben áramló oldatból diffundált át. Ezzel ellentétben eleven kutyanál az összes oldatok térfogata csökken, a concentratio mindig az isotoniához közeledik, *Na Cl* és *Na₂ CO₃* oly kis mennyiségben lépnek ki, hogy az a bélváladékból származottnak tekinthető.

Mindezek alapján arra a következtetésre jut, hogy az ép és eleven bélhámiban egy Heidenhain-féle „physiologische Triebkraft” székel, ami az iso- és hypertonicus oldatok felszívódását idézi elő, másrészt pedig meggátolja a vér alkotórészének (*Na Cl*) kilépését s így az eleven bélfal csak egy irányban, a lumentől az erek felé járható át, ellenkező irányban nem.

Az említett különbségek magyarázatához azonban ilyen vitalis erők felvétele teljesen szükségtelen. Cohnheim megfigyezte arról, hogy eleven állat ereiben nem physiologicus *Na Cl* oldat, hanem vér kering. Ez pedig lényeges különbség, dacára annak, hogy a két oldat osmoticus nyomása közel egyforma. Ugyanis, mint ezt egy más alkalommal⁴ részletesen kifejtettük, a resorptiós áram létrehozásánál nem annyira az összes osmoticus nyomás, mint inkább azon anyagoknak partiális nyomása az irányadó, melyekre nézve az elválasztó fal teljesen vagy legalább nagy mértékben átjárhatatlan, mert csak ezek érvényesítik osmoticus nyomásukat osmosis vízáram (resorptio) előidézésére, ellenben a falon könnyen áthatoló anyagok concentratio különbsége diffusio útján egyenlítődik ki. Így Cohnheim kísérleteiben a holt állat ereiben keringő *Na Cl* egyszerűen átdiffundál a bélben lévő cukoroldatba, míg a nehezebben diffundáló szőlőcukor-

³ Zeitschr. f. Biol. 36. N. F. 18. 129. 1898.

⁴ Rhorer és Hári: Magy. Orv. Arch. VI. 532. és köv. old. továbbá u. o. 546. és köv. old. (1905.).

oldat resorptió nyomást (Oker-Blom) fejt ki s így térfogata szaporodik. Viszont élő állatban a vér fehérjéi a legnehezebben diffundálók, ezek idézik elő partialis nyomásuknál fogva a cukoroldatok felszívódását. Az is érthető, hogy ez esetben sokkal kevesebb $NaCl$ lép ki az erekből a bélbe. Ugyanis egyrészt a vér $NaCl$ tartalma (0,6 %) kisebb a Cohnheim által használt 0,95 % koncentrációnál, másrészt pedig a $NaCl$ diffúziója holt állatnál a folyadékárammal egy irányban, élőknek ezzel ellenkező irányban kell hogy történjék.

Ugyanez áll a holt állaton $NaCl$ oldat átáramoltatása nélkül végzett kísérletekre. Itt ugyanis (Hamburger⁵ hasonló kísérleteivel egyezőleg) szintén resorbeálódnak — bár csak kisebb fokban — úgy iso- mint hypertonicus oldatok is és csak kevés $NaCl$ lép ki. A mire Cohnheim azt mondja: itt is meg kellene (!) szaporodni a bélben lévő folyadéknak és $NaCl$ -nak kilépnie, ez azonban az erekben lévő vér csekély mennyiségénél fogva észre nem vehető. Ismét figyelmen kívül hagyja, hogy öblítés nélkül a vér s annak fehérjéi az erekben maradván, az élőhöz hasonló viszonyokat teremtenek.

Egy későbbi dolgozatában⁶ Cohnheim azt akarja bizonyítani, hogy az egyirányú átjárhatóság nem valamely morphologiai berendezésnek, hanem az élő bélhám vitalis tevékenységének az eredménye, mert ha az epithel ezen funkcióját NaF vagy As mérgezés által bénítja, a folyadék resorptio erősen csökken s egyúttal több $NaCl$ is lép ki (a mi nem lobos exsudatio eredménye, mert a fehérjetartalom nem szaporodik). Részemről azt hiszem, hogy a dolog egyszerűen az epithelnek a mérgezés folytán megváltozott permeabilitásából magyarázható: a csökkent permeabilitás folytán csökken a folyadékresorptio, ami lehetővé teszi, hogy az ily módon gyengült ellenárammai szemben a $NaCl$ a csökkent permeabilitás dacára is nagyobb mennyiségben lépjen ki. Egyébként az sem következik szükségképpen, hogy a permeabilitás víz és $NaCl$ számára egyenlő mértékben csökkenjen. Ez mindenesetre kevésbé túlzott hypothesis, mint Cohnheim azon további feltevése, hogy az activ felszívóképeség a bélhámnak, a $NaCl$ visszatartó képesség a capillarisok endotheljének sajátossága, miután mérgezésnél az első korábban bénul, mint a második (l. c. 480. l.). Hogy a capillaris endothel $NaCl$ számára átjárhatatlan: ezt állítani még senkinek sem jutott eszébe, jöllehet

⁵ Du Bois Arch. 1896. 428. Osmot. Druck und Ionenlehre II. 171.

⁶ Zeitschr. f. Biol. 37. N. F. 19. 443. 1899.

a physikalis chemiának az orvostudományokra való alkalmazásai bővelkednek merésznél merészebb hypothesisekben.⁷

A resorptió áram létezésének közvetlen bizonyítékát Cohnheimnak⁸ a túlélő macskabélen végzett kísérletei képeznék. Ezen kísérleteinél Cohnheim a frissen kivágott macskabélet 37° C hőmérsékű 0,9 % Na Cl fürdőbe (v. Ringer-féle folyadékba) helyezte, melyben azonkívül a serumtól megmosott vörös vérsejtek voltak s melyen O-t áramoltatott keresztül. Ilyen körülmények között a bél állítólag 5—6 óráig megtartja peristalticus mozgását s mintegy 2 óra hosszat fölszívóképességét is. A bélbe 0,9 % Na Cl oldatot vitt, úgy, hogy az kívül-belül ugyanazon concentrációjú oldatban volt; mégis a bélhám vitalis működése folytán folyadékáram jött létre a bél lumene felől kifelé, mert a bélben lévő

36 cm ³ -ből	115 p. alatt	eltűnt	21 cm ³	
35	„	90	„	23
40	„	30	„	23
37	„	25	„	14
				„ stb.

Bár a külső folyadék mennyiségét az O áramban történő gyors párolgás miatt nem határozhatta meg, mégis következteti, hogy ez a hiányzó mennyiség resorptio útján az erekbe s innen a táguló edénynyílásokon át a külső fürdőbe jutott, mert a bél súlya kísérlet közben csak 1—2 grammal szaporodott, holott a bélürből 21—23 cm³ hiányzik.

Mindenekelőtt azt kell konstatálnunk, hogy ezen kísérletek — még ha kifogástalanok volnának is — akkor sem bizonyítanak azt, amit belőlük Cohnheim következtet.

Ugyanis nagyon természetes, hogy a bél ereiben lévő vér, a fehérjék partiális nyomásánál fogva, a környező isotonikus sóoldatból bizonyos mennyiséget felvesz magába, úgy amint ez Hamburgernek említett kísérleteiben holt kutyánál is kimutatható volt. Az is valószínű, hogy a folyadékfelvétel elsősorban a mucosa oldalán, a lumen felől történik, miután itt közvetlenül a jól átjárható epithel alatt terül el a bő capillaris-hálózat. Végül az sem volna lehetetlen, hogy az ily módon megtelő edényhálózatból az említett élénk peristalticus összehúzódások a (felhigult)

⁷ Határozottan megcáfolják ezen állítást Klikovicznak, Magnusnak, Hamburgernek stb. infúziós kísérletei, melyek szerint a vérbe vitt Na Cl-nak nagy része rövid pár perc alatt kilép az erekből a szövetekbe (i. említett dolgozatunkat Magy. Orv. Arch. VI. 557, 568 stb.).

⁸ Zeitschr. f. Biol. 38, N. F. 20. 419. 1899.

vért a mesenterium lemetzése helyén tátongó edénynyílásokon át kipréseljék. A bélben lévő folyadék mennyiségének csökkenése tehát semmiképpen sem bizonyítaná egy vitalis hajtóerő létezését.

Azonban arra is van okunk, hogy a kísérletek helyességét kétségbevonjuk. Reid⁹ azon tapasztalata, miszerint az invers kísérlet nem sikerül, t. i. a kifordított macskabélben lévő folyadék mennyisége nem szaporodik, amint ez Cohnheim felfogása szerint várható volna: még magyarázható abból a körülményből, hogy a kifordításnál az erek összenyomatrajnak. De megingathatja bizalmunkat az, hogy a pedansan lelkiismeretes kísérletezéséről híres Hamburger¹⁰ nem volt képes az állítólagos folyadékhiányt constatałni: szerinte a bél súlygyarapodása pontosan megfelel a lumenből eltűnt folyadék mennyiségének.

Miután Cohnheim kísérleteivel szemben Hamburgernek egyetlen adata áll csak, szükségesnek tartottam a kérdésnek újból való megvizsgálását és pedig egy kis methodikai változtatással. Ugyanis a Cohnheim-féle kísérletek megismétlésénél azt találtam, hogy ezen módszer szerint megbízható eredményhez jutni nem lehet. Az ő eljárása szerint a kívágott belet mindenekelőtt kiöblítjük *Na Cl*-oldattal s úgy mérjük le a súlyát. Már itt bizonytalanná teszi az eredményt az, hogy az öblítő folyadékot miként távolítjuk el. Szükséges e célból a — közben peristalticus contractiókat végző — bélnek egész hosszában való többszörös végigsimítása s ezen simítások száma és intenzitása szerint változik természetesen a bélfalhoz mégis odatapadó folyadék mennyisége. Még nagyobb hibát okoz azonban ugyanezen körülmény a kísérlet végén, midőn az epithel sejteket borító nyák a *Na Cl*-oldattól megduzzadt, úgy, hogy ezen felazult nyálkás tömegből a kísérletező tetszésétől függő mennyiség szorítható ki, minek következtében úgy a kiürített folyadék mennyisége, mint a bél súlya is csak néhány grammot is kitevő hibával határozható meg.

Hogy az ily módon származó kísérleti hibákat csökkentsem, nem a bélbe vitt s újból kiürített folyadék mennyisége közötti különbséget határoztam meg, hanem lemértem a már 0,9 % *Na Cl*-oldattal megtöltött s aztán két végén lekötött belet a kísérlet elején s ugyanezt a kísérlet végén.

⁹ Journ. of physiology 26. 436. 1901.

¹⁰ Osmot. Druck u. Ionenlehre II. 209.

Ezen eljárás mellett, ha a kivágott belet az előzetes kiöblítés alatt is 38°C hőmérsékű sóoldatban tartjuk a kihülés elkerülése végett s aztán a sóoldatból kivéve, a reátapadó folyadéktól lehetőleg egyformán, enyhe rázogatóssal szabadítjuk meg tehát mindkét mérés előtt lehetőleg egyformán kezdjük, a mérési hibák körülbelül $\frac{1}{2}$ gr-ig csökkenthetők, az előbbi eljárás több gr-ot kitevő hibáival szemben. [Ennél nagyobb pontosságra nem számíthatunk, a 38°C hőmérsékletű nedves bél csupán párolgás folytán 1—2 perc alatt 0,1—0,2 gr-ot veszít súlyából.]

Ha Cohnheim állítása helyes s az élő bélfal tényleg egyoldalú folyadék áramot tart fenn a lumentől a periphéria felé, akkor az átvitt folyadékmennyiségnek megfelelő különbségnek kell mutatkoznia a kísérlet előtt és után végzett két mérés eredménye között. A kísérletek azonban azt mutatták, hogy az ily módon kezelt béldarab nemcsak nem veszít súlyából, hanem ellenkezőleg gyarapodik egy keveset, mert — akár osmosis, akár imbibitio folytán — a külső folyadékból felvesz magába néhány gr-nyit. Így pl.:

1. 1904. XII. 1. 11 ó. Macska tarkószerűással leölve, a kivágott vékony bél ca 2 lit. 0,9 % 38°C hőm. *Na Cl*-oldattal kiöblítve (egy taenia), az alsó részből egy 27 gr súlyú darab levágva

a) a többi 86,98 gr súlyú rész megtöltve 87,45 gr 0,9 % *Na Cl*-oldattal s aztán thermostatban 38°C hőmérsékű ugyancsak 0,9 % *Na Cl*-oldatba helyezve, melyben physiologicus *Na Cl*-oldattal kimosott (a serum fehérjeitől mentesített) vörös vérszövetek (lóvérből) voltak suspendálva. A béldarab 40 percig maradt a thermostatban, miközben a külső folyadékon élénk levegőáramot buborékolttam keresztül. Ezen 40 p alatt a bél + benne lévő oldat együttes súlya 174,43 gr-ról 175,83 gr-ra, tehát 1,4 grammal gyarapodott. A bélből 83,3 gr oldat volt kiüríthető, tehát 4,15 gr-mal kevesebb a bevitt mennyiségnél. Az üres bél súlya kísérlet után 92,53 gr, tehát 5,55 gr-mal több, mint kísérlet előtt. Az 5,55 gr-ból a bél 1,4 gr-ot a külső, 4,15 gr-ot a belső (beléje zárt) *Na Cl*-oldatból vett fel;

b) a kisebb, 27 gr súlyú darabot két végén lekötve megtöltés nélkül helyeztem ugyanazon thermostatba. Súlya 30 p. alatt 1,0 gr-mal gyarapodott.

2. 1904. XI. 22. d. e. 10 ó. 50 p. Macska tarkószerűással leölve stb., a vékonybélből egy 35 gr-os darab levágva.

a) a 83,53 gr súlyú bél 50 gr 0,9 % *Na Cl*-oldattal megtöltve, $1\frac{1}{2}$ óra múlva belőle 58,15 gr, sok nyákkal kevert folyadék üríthető.

Itt tehát a bélbe zárt folyadék mennyisége nem hogy fogyott volna, hanem ellenkezőleg, gyarapodott, ami kétségkívül a hámot borító nyálkaréteg fellazulásának és kiürülésének a következménye. Ennek megfelelőleg a bél súlya kiürítés után 76,93 gr, tehát 6,6 gr-mal kevesebb, mint kísérlet előtt. A megtöltött s két végén lekötött béldarab súlya a kísérlet alatt 295,45 gr-ról 297,0 gr-ra, tehát 1,55 grammal gyarapodott.

b) a 35 gr-os darab töltetlenül, két végén lekötve ugyanezen idő alatt 1,1 gr-mal gyarapodott.

3. 1905. X. 9. 5 ó. Fiatal macska tarkószerűséssel leölve. 0,9 % $NaCl$ helyett 0,6 % $NaCl + 0,4\%$ $NaHCO_3$ -at tartalmazó oldat kívül-belül. Az egész, 69 gr. súlyú vékonybél 60 gr oldattal megtöltve s lekötve 45 perc múlva 2,65 gr súlygyarapodást mutat. A kiürülő folyadék mennyisége 69,45 gr, tehát 9,45 gr-mal több a bevittnél, az üres bél súlyvesztése 8,4 gr (a kívülről felvett 2,65 gr-ot is beleszámítva, a bél súlyvesztése $8,4 + 2,65 = 11,05$ gr, tehát 1,6 gr-mal több, mint amennyi a kiürülő folyadék 9,45 gr-nyi többletének megfelelné. Ez az eltérés mutatja, hogy mily tekintélyes hibákkal jár a Cohnheim-féle számítás a legnagyobb elővigyázat dacára is).

4. 54,04 gr súlyú macskabél 40 gr 0,9 % $NaCl$ -oldattal megtöltve, 1 ó. alatt kívülről felvett 3,6 gr-ot.

5. 99,7 gr súlyú kutyabél 70 cm³ 0,9 % $NaCl$ -oldattal megtöltve, 1 1/2 ó. alatt kívülről felvett 0,4 gr-ot. Egy kisebb 37,35 gr súlyú darab üresen lekötve ugyanezen idő alatt 2,3 gr gyarapodást mutat, tehát a kutyabélnél is, mint azt a macskabelekre nézve láttuk, az üresen a thermostatba helyezett darabok — mint az előre várható volt — relative többet vettek fel a külső oldatból, mint azok, melyek belülről is ily oldattal voltak körülvéve.

Összegezve az eredményeket, a négy macskabél a külső folyadékból 1,4, 1,55, 2,65, illetőleg 3,6 gr-ot vett fel, az üresen lekötött darabok 1,0, illetőleg 1,1 gr-ot s hasonló viselkedést tanúsított a vizsgált kutyabél is.

Mindezek alapján, még ha a felsorolt egyes számértékekre az említett kísérleti hibák folytán nem sok súlyt helyezünk is — bár ezen számok a Cohnheim-féléknél jóval megbízhatóbbak — annyit mindenesetre joggal következtethetünk, hogy, miután a

¹¹ Ezen kísérletet még az eredeti Cohnheim-féle eljárás szerint végeztem s ezért az itt közölt 3,6 gr. súlygyarapodás nem közvetlenül mért, hanem más kísérleti adatokból számított érték.

kívül-belül ugyanazon oldatba helyezett béldarabok (bél + a beljük vitt oldat) összes súlya kivétel nélkül minden esetben gyarapodott, ahelyett, hogy fogyott volna: ennek folytán egy egyoldalú, a bélbe vitt folyadékot a lumenből a falon át kifelé hajtó resorptiós áram felvételére semmi alap sincsen.

Ezek után csak röviden említem még azon tapasztalatokat, melyek esetleg egy ilyen egyirányú áram létezésének bizonyítékául volnának felhozhatók:

Ugyancsak Cohnheim¹² Holothuriák kivágott belét tenger-vízbe helyezi s a bélbe is tengervizet töltve, két végén leköti. Bár így kívül-belül ugyanazon oldat veszi körül a bélfalat, mégis a belső 20 cm³-ből 24—48 ó. m. csak 3—4 cm³ marad vissza, néha a bél egészen üres. De az ily bél Cohnheim állítása szerint még másnap is élénk peristalticát mutat s így a peristalticus összehúzódások által előidézett nyomás elegendő lehet a csekély mennyiségű folyadéknak filtratio útján való kiszorítására. Hogy itt nincs szó egyoldalú permeabilitásról, azt maga Cohnheim konstatálja, miután a testürbe vitt cukor stb. átmegy a bél lumenébe (tehát ellenkező irányban).

Cohnheim macskabeles kísérletének támogatására W. Reid¹³ felújítja saját régebbi (1892) kísérletét: 452 mm² nagyságú nyul-belet kettős baudruche¹⁴ réteg közé fogva, oly edénybe helyez, melyben a belet mindkét oldalról phys. Na Cl-oldat környezi s az oldatok térfogatváltozását beosztott csöveken méri: 45 p. alatt a mucosa oldalán 17 mm csökkenés, a serosáén ugyanannyi emelkedés. Hasonlóképpen teknősbéka (toad) gyomornyálkahártyája emésztésben lévő állatnál 19 mm emelkedést ill. süllyedést mutat a resorptio irányában.

Diarrhoeás nyúlnál v. ha a sóoldat 0,025 % pilocarp, nitricumot tartalmaz, az áram ellenkező irányú: (3 ill. 5 mm) emelkedés a mucosa, süllyedés a serosa oldalán.

Ezen csekély számú (összesen az említett 4) kísérlet bizonyító erejét nagyon megingatja az a körülmény, hogy a calibrált csövek 1,64 mm² keresztmetszetéből számítva a 17 mm emelkedés csupán 28 mm³ folyadék átvitelének felel meg, tehát 0,028 cm³-nek, azaz egyetlen cseppnél is kevesebbnek. Ily csekély differentiát az is előidézhet, hogy a kifeszített béldarab a physiologicus sóoldatban kissé megduzzad és pedig az egyik ol-

¹² Zeitschr. f. physiolog. Chem. 33. 9. 1901.

¹³ Loc. cit és British medical journal 1892. 1133. 1.

¹⁴ Tüllhöz hasonló finom szövet.

dalón, a mucosa oldalán erősebben. Miután pedig két szövet-réteg közé van szorítva, amelyek az asymmetricus duzzadás dacára is symmetricusan megtartják a középhelyzetben: a mucosa oldalán látszólag csökkenés, a serosaén emelkedés észlelhető.

Ugyancsak Reid¹⁵ a bél vitalis tevékenységét azzal akarja bizonyítani, hogy míg *pergamenten át* glucose 1,76-szor gyorsabban diffundál, mint maltose (mindkettő 2 % oldatban), addig narcotizált kutyák beléből a kettő közel egyenlő (1 : 1,05) sebességgel szívódik fel. (Hasonló különbséget talált pepton és glucose között). A mire Hamburger¹⁶ helyesen jegyzi meg, hogy pergament helyett más anorganicus hártát használva, szintén más arányt talált volna s hogy a permeabilitásban mutatkozó különbségek nem jogositanak fel activ sejtműködés felvételére.

Egy még későbbi dolgozatában Reid¹⁷ Cohnheimnek azon — a fentebbiek szerint már helytelennek bizonyult — tapasztalattól indul ki, hogy az ép bélhám sókat nem bocsát át a vérből a lumen felé; ennek folytán, ha a resorptio osmoticus folyamat, a vér *Na Cl*-tartalmának emelésével a resorptio gyorsaságának is fokozódnia kell. Sikerül neki infúziókkal a vér *Na Cl*-tartalmát kutyáknál átlag 0,6 %ról 0,7 %-re fokozni, azonban a bélbe vitt szőlőcukor-oldatok resorptiója ennek dacára változatlan marad, amiből azután azt következteti: ime a resorptiót nem lehet osmossal megmagyarázni. Természetes, hogy a helytelen kiindulás helytelen conclusióra is vezet.

Végül még egy körülményről kell megemlékeznünk, amely ilyen resorptiók áram létrejöttét érthetővé s egyúttal plausibillissé is tenné. Az egész csak theoreticus okoskodás ugyan, de súlyt kölcsönöz neki az, hogy szerzője és képviselője Höber, a szervezet physiko-chemiai viszonyainak egyik legalaposabb ismerője¹⁸ — a régi Engelmann f. hypothesisnek felújításával — a titokzatos hajtóerőnek (melynek létezését Cohnheim és Reid említett kísérleteiből következteti) forrását azon elektromotoros erőben keresi, amelyet a resorbeáló hárták nagy része fejleszt. A bőr, valamint a gyomor és bél nyálkahártyája állítólag a felületről a mélyebb rétegek felé irányuló elektromos áramot produkál, amely Höber szerint képes volna kataphoresis útján vizet v. oldatokat magával ragadni. Az elektromotoros erő az által jön

¹⁵ Journ. of physiolog 26. 427. 1901.

¹⁶ Osmot. Druck u. Jonenlehre II. 210.

¹⁷ Journ. of physiology 28. 241. 1902.

¹⁸ Pflüger's Arch 101. 607. 1904.

létre, hogy a sejtek plasmaburka az őket környező elektrolytekből csak az egyik ionfajt, p. o. a kationt bocsátja át, az aniont nem, miáltal a diffúziós potentialkülönbség a maximális értéket éri el, a plasmaburok egyik fele állandóan pozitív, a másik negatív töltésű s az ily módon létrejött potentialkülönbség idézi elő az elektromos áramot, amely (közelebbi speciális feltevések szerint l. c. 624. l.) a sejtek belsejében a vizet a resorptiós áram irányában szállítja, míg a sejteken kívül az ellentétes irányú áram vezetése nem kataphoresis, hanem az ott lévő elektrolytek útján történik, úgy, hogy ez a belső áram kataphoreticus hatását le nem ronthatja. A körülmények annyiban is kedvezők, hogy az áram útjának mikroskopikus rövidsége folytán a sűrűség relative nagy lehet, a folyadék vezetőképessége pedig, mint a vízéhez közel álló, igen kicsiny (l. c. 609, l. cit. Engelmannból és 627. l.). Hogy a galvanometer mégis csak néhány milliampérenyi áramot mutat, azt abból magyarázza, hogy a galvanometerhez vezető elektrodok csak néhány eltévedt áramszálat fognak fel, nem a főáramot, mely a mélyben székel.

Ezzel szemben az én véleményem az, hogy a szóban forgó áram tényleg csak minimális intenzitású s így annak kataphoreticus hatása sem lehet számottevő. Hogy az áram intenzitása a felhozott kedvező körülmény t. i. a pálya rövidsége dacára sem lehet jelentékeny, az az áram keletkezésének módjából következik. Az itt feltételezett áramforrás egy diffúziós potentialkülönbség, mely oly módon jön létre, hogy valamely elektrolytnek két különböző koncentrációjú (az egyik conc, esetleg O is lehet) oldata áll szemben egymással, egy semipermeabilis hártya (a sejtnak plasmaburka) által elválasztva, tehát az egyik oldatnak a sejtben, a másiknak azon kívül kell lennie. A két különböző koncentrációjú oldat osmoticus nyomása között fennálló különbség az elektromos energia tulajdonképpen forrása, mert ez hozná létre az elektrolytnek a magasabb koncentrációjú helyről az alacsonyabbra való diffúzióját, ami azután a plasmaburoknak feltételezett tulajdonsága mellett (t. i. ha az csak az egyik ionfajt bocsátja át, a másikat nem) az elektromos töltéseknek minimális mennyiségben való szétválasztása útján idézné elő azt a potentialkülönbséget, mely a kataphoreticus áramot szolgáltatná. Azonban mihelyt ily áram tényleg létrejönne, azonnal meg is szűnnék az előbb említett polarisatio, mert az áram által szállított (s a hypotheticus vízmolecula complexumokhoz kötött) töltések a szétvált ionok szabad elektromosságát közömbösíték. Hogy az ily módon közömbösített ionokkal mi történik,

annak csak a hypothesis szerzője lesz a megmondhatója. Annyi azonban bizonyos, hogy a létrejött áram a concentratiókülönbség csökkenését fogja előidézni. Amiből viszont következik, hogy stationär áram csak az esetben jöhetne létre, ha a hártya két oldalán a concentratio különbség állandóan fenntartatnék, azaz ha az áram által okozott concentratio csökkenés az egyik oldalon állandóan pótoltatnék, a concentratio emelkedés a másik oldalon valami módon folyton elhasználnódnék. Már pedig bajos volna feltételezni, hogy egy sejt belsejében valamely elektrolyt akár termeltessék, akár elfogyasztassék állandó, stationär módon és számottevő mennyiségben.

Részemről az említett potentialkülönbség fennállását csak oly módon tudom elképzelni, hogy az az említett semipermeabilitas által okozott rossz vezetés folytán ki nem egyenlítődik. Ha az elválasztó réteg vezetőképessége megengedné oly áram keletkezését, mely számbavehető kataphoreticus hatást képes kifejteni, akkor a potential különbség is azonnal kiegyenlítődnék.*

Mindezek alapján azt hiszem, hogy egy külön resorptiós folyadékáram felvételére a bélben sem kísérleti adatok, sem theoreticus megfontolások fel nem jogosítanak.

Végül köszönetemet fejezem ki Wetzl tanársegéd úrnak, aki az állatok leölésénél volt szíves segédkezni.

* Mint azóta levélbeli közlés útján tudomásomra jutott: Höber maga sem tekinti kísérleteit és okoskodását „zwingender Grund”-nak egy epithelialis hajtóerő felvételére.

(Aus dem chemischen Laboratorium der königl. ungar. tierärztlichen Hochschule in Budapest.)

DIE ROLLE DER PARTIELLEN KONZENTRATIONEN BEI DER OSMOTISCHEN ARBEIT DER NIEREN

Von Ladislaus v. Rhorer.

In einem früheren Aufsatz wies ich darauf hin, daß bei der Berechnung der sogenannten osmotischen Arbeit der Nieren, d. h. bei demjenigen Anteil der Nierenarbeit, welche speziell zur Hervorrufung der Konzentrationsdifferenzen zwischen Blut und Harn aufzuwenden ist, die verschiedenen Harnbestandteile einzeln zu berücksichtigen sind. Bei der bisher gebrauchten Rechnungsweise bestimmte man nämlich nur diejenige Arbeitsmenge, welche gegen den osmotischen Druck angewendet werden muß, um eine Lösung, deren molekulare Konzentration gleich derjenigen des Blutes ist ($\Delta = 0,56^\circ \text{C}$) auf eine, dem Harn entsprechende Konzentration ($\Delta = \text{ca. } 1,85^\circ \text{C}$) zu komprimieren. Bei einer derartigen Kompression erhält man aber keinen Harn, bloß ein (enteiweißtes und) eingedicktes Blutserum. Um aus Blut Harn zu erzeugen, müssen die einzelnen Bestandteile in ganz verschiedenem Maße komprimiert werden und dadurch wird auch die aufzuwendende Arbeitsmenge ganz anders ausfallen. Um dies zu zeigen, berechnete ich „das ungemein vereinfachte“ (l. c. 388 Beispiel von einem Harne mit bloß zwei Bestandteilen, dem NaCl, das ca. $\frac{2}{3}$ der anorganischen Bestandteile bildet und dem Harnstoff, neben dem die übrigen organischen Bestandteile vernachlässigt werden können, da nicht nur deren absolute Konzentrationen, sondern auch die Konzentrationsänderungen, die sie zwischen Blut und Harn erleiden, im allgemeinen geringer sind, als beim Harnstoff,

welcher auf eine ca. 40mal höhere Konzentration gebracht wird. Es ergab sich, daß die Berücksichtigung der beiden partiellen Konzentrationen in diesem Falle einen ca. $2\frac{1}{2}$ mal größeren Wert für die aufzuwendende Arbeit ergibt, als die übliche Rechnungsweise. Ich betonte dabei l. c. 388, daß „behufs der Bestimmung der tatsächlichen minimalen Arbeit sämtliche Bestandteile“ berücksichtigt werden müßten, bemerkte aber zugleich, daß eine solche Berechnungsweise wegen Mangel analytischer Daten kaum ausführbar, anderseits infolge der Schwankungen der Zusammensetzungen des Harnes ziemlich problematisch wäre. Mein Bestreben war, bloß darauf hinzuweisen, daß die übliche Rechnungsweise nicht das gewünschte Resultat liefern kann und gleichzeitig ein angenähertes Abschätzen der Abweichung zu geben. Gegen diese Erwägungen sind seitens Galeotti (Zentralbl. f. Physiol. XXI, S. 265, 1907) Einwände erhoben worden, auf welche einzugehen ich mich um so mehr veranlaßt fühle, als auch Bottazzi sich denselben anzuschließen scheint (in Korányi und Richters Handbuch: Physikalische Chemie und Medizin, Leipzig 1907, Bd. I, S. 573 u. ff., durch welches ich auf Galeottis Aufsatz aufmerksam geworden bin).

Das Wesen dieser Einwände ist, daß meine Berechnungen auf willkürlichen Hypothesen bezüglich der Harnabsonderung beruhen. Es sei mir gestattet, zu bemerken, daß ich nicht nur keine willkürliche, sondern überhaupt keine Hypothesen¹ bezüglich der Harnabsonderung aufgestellt habe, und zwar einfach darum, weil ich dieselben nicht benötigte. Zur Berechnung der maximalen (respektive minimalen) Arbeit, die gewonnen werden kann (respektive aufgewendet werden muß), wenn ein System bei konstanter Temperatur vom Zustande A in den Zustand B übergeführt wird, braucht man den Weg, den Mechanismus dieser Überführung gar nicht zu kennen, da der Wert der betreffenden Arbeit laut dem II. Hauptsatze der Thermodynamik durch den Anfangs- und Endzustand eindeutig bestimmt und vom Wege gänzlich unabhängig ist. Der Betrag dieser minimalen Arbeit kann mit Hilfe irgend eines isothermen und reversiblen Prozesses berechnet werden (auch wenn der-

¹ Außer der bei allen derartigen Überlegungen stillschweigend gemachten Annahme, daß die Gesetze der Thermodynamik auch auf Vorgänge in lebendigen Organismen anwendbar sind.

selbe mit dem wirklichen Vorgange nichts zu tun hat), wenn er nur vom selben Anfangs- zu demselben Endzustand führt.²

Um also die minimale osmotische Arbeit der Nieren zu berechnen, braucht man sich die Niere gar nicht mit semipermeablen Stempeln ausgerüstet, Wasser- und Salzabsonderung nicht einer bestimmten Reichenfolge oder an eine bestimmte Stelle in der Niere lokalisiert zu denken und doch ist die richtig definierte osmotische Arbeit gleich der, mit Hilfe von semipermeablen Stempeln oder durch irgend einen beliebigen reversiblen Mechanismus erzeugten. Die von Dreser und Galeotti benutzten Formeln beruhen ebenfalls auf Ableitungen mit Hilfe von semipermeablen Stempeln, wie die meinen und dies ist denselben ebensowenig vorzuwerfen, wie den Meinigen.

Daß die so berechnete Arbeit durch die Berücksichtigung mehrerer Bestandteile stets verändert wird¹, also eigentlich nie definitiv bestimmt werden kann, kann nicht wundernehmen, da wir die zur Konzentrationsänderung einer Lösung nötige Arbeit eben nur in dem Maße berechnen können, als wir deren Zusammensetzung kennen und in Rechnung setzen. Die Berücksichtigung der Gesamtkonzentration allein kann Werte ergeben, die den richtigen je nach Umständen mehr oder weniger nahe kommen, durchschnittlich aber um einige Hundert Prozente davon differieren.

* Diese idealen Überführungsprozesse, die in der Thermodynamik so oft Anwendung finden, können eben wegen ihrer idealen Natur in der Wirklichkeit nie vollkommen ausgeführt werden. Stets vorhandene Reibungen, Wärmeverluste usw. wirken darauf hin, daß die tatsächlich zu verrichtende Arbeit immer größer als die (eben deshalb so genannte) minimale Arbeit wird. Diese sekundären Einflüsse sind im höchsten Grade vom Wege abhängig, sie lassen sich thermodynamisch nicht berechnen. Auch in unserem Falle wirken sie darauf hin, daß die gesamte Arbeit der Nieren (wie sie z. B. nach dem Vorgange von Barcroft und Brodie, [Journ. of Physiology XXXIII, 52. 1905] vom Gaswechsel der Niere geschätzt werden kann) höher ausfällt, als die osmotische Arbeit, welcher Ausdruck bisher von sämtlichen Forschern und auch von Galeotti ausschließlich zur Bezeichnung der minimalen Konzentrationsarbeit benutzt worden ist.

¹ Es können bei der algebraischen Summation auch Glieder mit negativen Vorzeichen auftreten (z. B. in Bezug auf Eiweiß und Zucker), deren Berechnung etwa derart ausgeführt werden müßte, wie ich es am Beispiel der sehr verdünnten Harnre zeigt habe (l. c. S. 383).

DIE SENSIBILISIERUNGSFRAGE IN DER STRAHLENTHERAPIE.

Von Dr. Ladislaus v. Rhorer,

Prof. der Physik an der Veterinär-Hochschule in Budapest.

In Nr. 1 1920 dieser Zeitschrift unterwirft L e n k die von mir empfohlene (D. m. W. 1918 S. 1394) Methode der intratumoralen JK-Injektionen einer e i n g e h e n d e n Prüfung und spricht ein vernichtendes Urteil darüber aus. Die experimentelle Prüfung bezieht sich auf einen einzigen Lymphomkranken, bei dem zwei symmetrische Lymphome, von welchen eines injiziert, das andere ohne Injektion mit Röntgenstrahlen behandelt wurde, und welche ungefähr gleich schnell zurückgingen; die Injektionen hatten also keine befördernde Wirkung hervorgebracht. Ich glaube jedoch, daß diesem „exakt durchgeführten Vergleichsversuche“ doch keine absolute Beweiskraft zuzuschreiben sei. Es besteht nämlich keine genaue Proportionalität zwischen Strahlendose und Wirkung in dem Sinne, daß z. B. ein Lymphom, welches auf eine bestimmte Dosis in 6 Wochen zurückgeht, auf die doppelte Strahlenmenge in der Hälfte der Zeit reagiere. Es ist also wohl möglich, daß beträchtliche graduelle Unterschiede sich der makroskopischen Beobachtung entziehen. Wahrscheinlich wären solche durch systematische histologische Untersuchungen, wie sie z. B. K e h r e r bei seinen Karzinombestrahlungen vorgenommen hat, eher nachzuweisen. Zur Zeit bin ich mit Versuchen beschäftigt, welche bezwecken, eine Karzinomdosis zu bestimmen, einmal mit Injektionen, dann ohne diese.

Wie ich nämlich l. c. auseinandergesetzt habe, halte ich die Lymphome und deren gebräuchliche Bestrahlungsmethode (bei L e n k die gleiche wie bei mir) für wenig geeignet zur Aufdeckung einer eventuellen Sensibilisierungswirkung, weil die mit 3 mm Al filtrierte mittelharte Strahlung schon durch einige Zentimeter Gewebe praktisch vollkommen absorbiert wird, eine

Erhöhung der Absorption also nicht erwartet werden kann. Ich machte deshalb neuere Versuche mit der „überharten“ Strahlung¹ der Lilienfeld-Röhren (Filter 0,5 mm Messing oder 0,1 mm Blei, Halbwertschicht 12—15 mm Al).

Leider sind meine diesbezüglichen Versuche durch äußere Umstände derart gehemmt worden, daß ich noch weit entfernt davon bin, ein hinreichendes Material liefern zu können. Es sei mir aber gestattet, einen Fall zu beschreiben, in dem ich eine sehr rasche Zurückbildung eines großen Karzinoms beobachten konnte:

M. H.², 60 Jahre alter Maurer. Seit 2 1/2 Jahren sich immer erneuernde Exulzerationen unter dem linken Ohr, aus welchem sich eine seit November 1918 immer schneller wachsende Geschwulst entwickelt. Seitdem stark abgemagert. St. pr.: Handtellergroßer karfiolartig hervorwuchernder, exulzerierter Tumor unter dem linken Ohr haselnußgroße Supraklavikulardrüsen. Probeexzision: Karzinom. Als inoperabler Fall zur Röntgenbehandlung verwiesen.

28. II. 1919. Tumor und Drüsen möglichst gleichmäßig infiltriert mit 10 ccm 30 %iger JK-Lösung und gleich nachher bestrahlt (Lilienfeld-Röhre, Filter 0,1 mm Blei, Dosis 800 R (= Erythemdosis) auf den Tumor, 600 R auf die Drüsen). Am 4. April zum zweitenmal (700 R), am 17. Mai zum drittenmal (300 R) bestrahlt.

6 Wochen nach der zweiten Bestrahlung:

Die Geschwulst ist verschwunden bis auf eine mandelgroße, mit Schorf bedeckte Stelle und einige erbsengroße Erhabenheiten. Drüsen nicht tastbar, Körpergewicht zugenommen. Auf briefliche Anfrage antwortet der Patient vom 6. März 1920: „Geschwulst gänzlich verschwunden, ich bin wieder vollkommen arbeitsfähig.“

Es steht fern von mir, auf Grund dieses und einiger ähnlicher Fälle die Vorteile der JK-Injektionen als bewiesen zu betrachten, und ich möchte nur erreichen, daß die Methode in weiteren Kreisen und an möglichst großem Material erprobt wird.

Wenn ich somit den experimentellen Teil als eine noch offene Frage betrachte, steht es mit der von Lenk ebenfalls

¹ Dann werden auch die auf die Schirmwirkung der absorbierenden Substanz bezüglichen Einwände Lenks hinfällig.

² Auszug aus der Krankengeschichte der II. Chirurgischen Klinik in Budapest. (Direktor: Prof. v. Kuzmik.)

in Angriff genommenen theoretischen Begründung der Methode ganz anders.

Wenn jemand schreibt (L e n k l. c.): „Die im Jod absorbierten Strahlen können natürlich nur in diesem selbst, in jedem Jodmolekül Veränderungen hervorrufen und niemals in der Körperzelle. Das neben dem Jodmolekül gelegene Eiweißmolekül absorbiert wegen dieser Nachbarschaft keineswegs mehr Strahlen, den es ist dadurch spezifisch nicht schwerer geworden“, so zeigt er nur, daß ihm der Begriff der optischen Sensibilisation vollkommen unbekannt ist. Dieses in der photographischen Praxis sehr verbreitete Verfahren besteht bekanntlich darin, daß man die Empfindlichkeit der Platten gewissen Strahlen gegenüber durch Zugabe eines diese Strahlen absorbierenden Farbstoffes erhöht. Will man z. B. gegen Rot empfindliche Platten herstellen, so badet man sie in einer Lösung von Pinachrom, Pinazyanol usw., wodurch deren Sensibilität auf das mehrfache erhöht wird. In solchen Fällen ist es immer das Farbstoffmolekül (resp. eine kleine Atomgruppe desselben), welches die roten Strahlen absorbiert, und es wird doch das Silberbromidmolekül verändert! Diese Wirkung kann nicht irgendeiner sekundären Wellenstrahlung (Fluoreszenz) zugeschrieben werden, denn diese müßte laut dem Stokes'schen Gesetze langwelliger als die erregende rote Strahlung sein, also noch weniger auf das AgBr einwirken können. Das scheint vielleicht im ersten Augenblick sehr überraschend zu sein, es ist aber eine wohlbewiesene Erfahrungstatsache, welche durch theoretische Spekulationen nicht geändert werden kann. Und es ist auch nicht gar so unverständlich, wenn man den Mechanismus der Strahlenwirkung näher ansieht. Nach der heute allgemein angenommenen Rutherford-Bohr'schen Auffassung bestehen die Atome aus einem kleinen, positiv geladenen Kern, welcher, wie die Sonne von Planeten, von den negativen Elektronen umschwärmt wird. Die Elektronen können aber nicht beliebig, sondern nur an gewissen, durch die Quantenbeziehung bestimmten Bahnen den Kern umkreisen. Durch Absorption von Strahlungsenergie (einerlei, ob es sichtbare oder Röntgenstrahlen usw. sind) können Elektronen von einer niedrigquantigen Bahn in eine höhere erhoben resp. aus dem Atomverband gänzlich herausgeworfen werden (lichtelektrische Elektronen, sekundäre Kathodenstrahlen). Diese Wirkung wurde bei den Röntgenstrahlen durch die bekannten Nebelversuche und photographische Aufnahmen C. T. R. Wilsons ad oculos demonstriert,

und ich glaube, daß die Mehrzahl der Forscher³ geneigt ist, das Wesen der Röntgenstrahlenwirkung in diesem elektronenbefreienden Mechanismus zu sehen.⁴

Diese hinausgeworfenen Elektronen sind identisch mit jenen, aus welchen die β -Strahlung der radioaktiven Substanzen besteht, nur besitzen sie eine geringere Anfangsgeschwindigkeit. Die Wirkung der Röntgenstrahlen würde demnach darauf zurückzuführen sein, daß sie bei ihrer Absorption eine weiche β -Strahlung hervorrufen, welche im Inneren des absorbierenden Körpers entsteht und dasselbe gleichmäßig ausfüllt. Nach dieser Auffassung ist es leichtverständlich, daß die aus dem Jodatome stammenden Elektronen oder β -Strahlen auch die umgebenden Eiweißmoleküle treffen und verändern können, ebenso wie die aus dem Farbstoffmolekül hinausgeworfenen das Silber reduzieren. Die Anfangsgeschwindigkeit (also auch die Durchdringungsfähigkeit) dieser sekundären β -Strahlen ist um so größer, je härter die Röntgenstrahlung, durch welche sie hervorgebracht werden.

Obwohl die Absorption der β -Strahlen ein sehr komplizierter Vorgang ist, kann man doch die Reichweite derselben, wenigstens in roher Annäherung, abschätzen. Die Anfangsgeschwindigkeit (v) ist von derselben Größenordnung, wie diejenige der Kathodenstrahlen in der Röhre, wo die Röntgenstrahlen entstanden sind, also bei Anwendung von 100 000 Volt Spannung, wenn man die kinetische Energie der Elektronen ($m v^2 : 2$) der Arbeit der elektrischen Kräfte ($e \cdot V$) gleichsetzt

$$v = \sqrt{2 V e : m} = 1,88 \cdot 10^{10} \text{ cm : sec}$$

$$(V = 100\,000 \text{ Volts} = 10^{13} \text{ el. mag. Einh.}, e : m = 1,77 \cdot 10^7)$$

Die Anfangsgeschwindigkeit der durch Röntgenstrahlen von dieser Härte befreiten sekundären Kathod- (β)-Strahlen erreicht somit beinahe zwei Drittel der Lichtgeschwindigkeit. Die Absorption derselben erfolgt nach Wilson⁵ einfach proportional

³ Siehe z. B. Krönig und Friedrich, Physik. u. biol. Grundl. d. Strahlenther. S. 210.

⁴ Bei der Rückkehr der Elektronen in den Atomverband entsteht eine auf die betreffende Substanz charakteristische sekundäre Röntgenstrahlung, deren Wirkung sich derjenigen der primären Strahlen addiert und diese wesentlich zu verstärken vermag.

⁵ Rutherford, Radioaktive Substanzen S. 196. — Das Resultat würde nicht wesentlich geändert, wenn man andere Absorptionsgesetze anwenden würde.

der Schichtdicke so, daß die Intensität eines Bündels von β -Strahlen, welche die berechnete Geschwindigkeit von $1,8 \cdot 10^{10}$ cm-sec besitzen, nach Durchlaufen von 0,14 mm Aluminium auf Null sinkt. In anderen Medien ist die Absorption deren Dichte proportional, sodaß die Reichweite unserer sekundären Kathodenstrahlen in Wasser und Gewebe auf $0,14 \cdot 2,7 = 0,38$ mm geschätzt werden kann. Diese rund 0,4 mm bilden eine nicht nur in der Welt Molekel, sondern auch in der Histologie beträchtliche Distanz und machen es verständlich, daß die Wirkung der Röntgenstrahlen nicht auf das absorbierende Molekül beschränkt ist, sondern sich auf eine Sphäre von einigen Zehntelmillimeter Radius erstreckt.

Ich glaube, daß hierdurch die Richtigkeit der theoretischen Grundlagen meiner Methode als gesichert erscheinen wird.

MORGENROTH-FÉLE CHININSZÁRMAZÉKOK TEJCONSERVÁLÓ HATÁSARÓL

Rhorer László-tól.

(Különlenyomat a Magy. Orv. Archivum XXIII. köt. 3. füzetéből.)

Morgenroth és mások^{*} szerint bizonyos chininszármazékok es pedig a hydrocupreinnek alkylgyökökkel alkotott homolog származékai rendkívül erős desinficiens hatást fejtenek ki a legkülönbözőbb mikroorganizmusokkal: strepto-staphylo—meningo—pneumococcusokkal, diphteriabacilusokkal stb.-vel szemben és ezt a hatást fehérjenemű anyagok oly kevésbé gátolják, hogy az az élő szervezetben is jól érvényesíthető, főleg a sebészi gyakorlatban a fertőzések továbbterjedésének megakadályozása. Így p. o. *optochin* (äthylhydrocuprein) streptococcusokat elől 1 : 5000, *eucupin* (isoamylhydrocuprein) 1 : 40.000 és *vuzin* (octylhydrocuprein 1 : 80.000 hígításban. A fejlődést gátló concentratiók még sokkal csekélyebbek, p. o. diphteriabacilusokkal szemben 1 : 500.000—1 : 2.000.000 stb. Minthogy *Mayer*^{**}, *Böhme*^{***} és mások tapasztalatai szerint ezen vegyületek belsőleg nyújtva még napi 0.5—1 g. adagokban sem fejtenek ki semminő káros hatást a szervezetre, megkísérletem, nem volnának-e a tej conserválására alkalmazhatók. E célból a központi tejszarnokból beszerzett tejből 10—10 cm³-t steril kémcsövekbe téve, a fenti vegyületekből annyit adtam az egyes próbákhoz, hogy concentratiójuk az alább feltüntetett értékkel birjon, aztán a kémcsöveket vattával bedugaszolva 20° C körüli szotahőmérsékleten állani hagytam. A chininre emlékeztető keserű íz az optochinnál 1 : 50.000 hígításban már igen kellemetlen, az eucupin- és vuzin-

^{*} *Morgenroth* és *Tugendreich* Biochem. Zeitschrift 79. 257. 1917. *Schaffer* u. o. 83. 269. 1917., *Morgenroth* Deutsch. Med. Woch. 1919. 505. stb.

^{**} D. M. W. 1919. 173.

^{***} U. o. 1919. 157.

nál ily concentratióban még egyáltalán nem érezhető. Összehasonlítás kedvéért 2—2 ellenőrző próbán kívül bórsavval és formaldehyddel és végzetem kísérleteket. — Így p. o.

VI. 23. d. e. 10 órákor elkészítve a következő keverékeket:

	Eucupin			Vuzin			Ellen- őrző I. II.	Borsav		Formaldehyd		
	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	5000	10000	25000	5000	10000	25000		500	1000	2000	5000	10000
24. d. e. 9 ó.	—	—	—	—	—	—	— —	—	—	—	—	—
12 ó.	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
25. d. e. 9 ó.								—	+	—	—	—
d. u. 4 ó.								+		—	—	—

A keresztek a tej megalvadását jelölik, a formaldehyddel conservált próbák egy hét múlva még mind változatlanok, a leghigabb 1 : 10.000 concentratiójú is csak 10 nap múlva coagulál. Egy másik hasonló kísérlet a következő:

	Optochin			Eucupin			Vuzin			Ellen- őrző I. II.	Borsav		Formaldehyd	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
	5000	10000	25000	5000	10000	25000	5000	10000	25000		5000	5000	10000	10000
28. 8 ó.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
29. 8 ó.											—	—	—	—
30. 8 ó.											+	—	—	—

Az összes kísérletek azt mutatták, hogy a chininszármazékokkal conservált próbák az ellenőrzőkkel egyidejűleg alvadnak meg, azaz hogy ezen vegyületek még az alkalmazott, aránylag igen magas (1 : 5000—1 : 25.000) concentratiókban sem képesek a tej megalvadását megakadályozni.

A RÁKOS MEGBETEGEDÉSEK RÖNTGENKEZELÉSE

Irta: Dr. Rohrer László egyet. nyilv. rendes tanár

(Különlenyomat „A rákbetegségek” című munkából)

1895-ben Röntgen, ki akkor a würzburgi egyetemen volt a fizika tanára, az elektromosságnak ritkított gázokban való ki-sülését tanulmányozva egyszerre azt vette észre, hogy egy ú. n. fluoreszkáló ernyő a fekete papírral teljesen beburkolt kisülési cső közelébe tartva, világítani kezd. Ez a megfigyelés volt a ki-induló pontja a röntgensugarak felfedezésének. Az ernyő felvil-lanásának okát kutatva Röntgen megállapította, hogy azt egy új, addig teljesen ismeretlen sugárzás idézi elő, amely a ritkított gázokkal megtöltött ú. n. *Geissler*-féle csövekben keletkezik, ha az azoknak negatív sarkáról kiinduló és — főleg *Lenard* vizs-galatai alapján már jól ismert — katódsugarak valamely szilárd anyagba: az üvegcső falába vagy pedig egy külön erre a célra a csőbe beforrasztott fémdarabba: az antikatódba ütköznek. Az új sugarak legfeltűnőbb tulajdonsága az volt, hogy azok nem-csak a cső falán és az azt borító fekete papíron, hanem a leg-különbözőbb átlátszatlan anyagokon: fán, fémeken, sőt az emberi testen is áthatolni képesek s így segítségükkel a test belsejében lévő szerveket, elsősorban az erős árnyékot adó csontokat úgy a fluoreszkáló ernyőn, mint a fényképező lemezen megfigyelhet-jük s azoknak rendellenes elváltozásait felismerhetjük. Ez a körülmény az orvostudományokra nézve óriási jelentőségű, amennyiben azokat egy új, ma már szinte nélkülözhetetlen diagnosztikai eljárás birtokába juttatta. Nem csekélyebb fontos-ságú azonban orvosi szempontból a röntgensugaraknak az a tu-lajdonsága sem, hogy az élő szervezetekre igen erős, ú. n. bioló-giai hatást gyakorolnak, amely végső fokon az élő sejteknek és szöveteknek elhalását idézi elő. Igen jól észlelhető ez a biológiai hatás fejlődésben lévő szervezeteken: csírázó növényi magva-kon (borsó, lóbab), békaporontyokon, *ascaris* petéken, stb. A su-

garak hatásának kitett példányok és ellenőrzésül szolgálókkal szemben fejlődésükben erősen visszamaradnak, esetleg teljesen el is halnak.

Az emberi bőrön a röntgensugarak a napsugárhoz hasonló, de annál sokkal súlyosabb *felégést* idéznek elő, ami azonban, mint általában az összes biológiai hatások, nem jelentkezik azonnal a besugárzás után, hanem csak 10—20 napi lappangási időszak elteltével. Mérsékelt erősségű besugárzás után 10—14 nappal a sugarak által ért felületen a bőr megpirosodik, ú. n. erythema keletkezik, amely 5—10 nap múlva fokozatosan megszűnik, illetőleg a bőrnek megbarnulásába (pigmentatio) megy át, a besugárzás után 4—5 héttel felületes hámlás (desquamatio) észlelhető. Az a sugáradag, amely a most vázolt enyhe reakciót váltja ki a bőrön, kísérletileg aránylag könnyen meghatározható s ezért *Seitz* és *Wintz* javaslatára ezt az ú. n. bőregységadagot (Hauteiheitsdosis, 1 HED) szokták alapul venni a terápiás besugárzásoknál. Ha a sugáradagot növeljük, akkor ezen enyhe elsőfokú reakciónál súlyosabb elváltozások lépnek fel: a bőr skarlátpiros lesz, duzzadt, fájdalmas, rajta hólyagok keletkeznek, éppúgy, mint égési sebeknél (másodfokú reakció). Még erősebb besugárzásra a hólyagok alapján szövetelhalás következik be, mély és igen fájdalmas fekélyek keletkeznek, amelyek minden orvosi kezeléssel dacolva, hónapokig, sőt éveken át is fennállhatnak. A röntgensugarak felfedezése utáni években, mikor még a sugaraknak ezen káros hatásait, melyek lappangva és lassan összegeződve léphetnek fel, nem ismerték: az orvosok közül is számosan szenvedtek ily súlyos sérüléseket, melyeknek következtében egyeseknek ujjait, vagy egész karját is amputálni kellett, sőt voltak esetek (a német *Albers-Schönberg*, a magyar *Holzwarth Jenő*), midőn a tudománynak ezen áldozatai sérüléseikbe belehaltak. *Míg ezen kivételes esetekben a röntgensugarak ily szomorú következményeket idézhetnek elő, addig másrésztől áldásos hatásokat fejtenek ki, ha a szervezetet megtámadó rosszindulatú daganatok, elsősorban a rák ellen alkalmazzuk őket megfelelő módon.* Hogy ezen megfelelő módot megtalálhassuk, előbb kissé meg kell ismerkednünk a sugarak természetével s különösen azoknak mérési és adagolási módjával, mert könnyen érthető, hogy ilyen veszedelmekkel járó gyógyeljárást csak akkor alkalmazhatunk sikerrel, ha azt pontosan tudjuk szabályozni és adagolni.

A fizikusok megállapították, hogy a röntgensugarak a fényhez hasonló éterrezgések, melyeknek hullámhosszúsága azoní-

körülbelül még tízezerszer rövidebb, mint a fényhullámoké. A látható fény esetében, mint ismeretes, a hullámhosszúság a fény színe szerint más és más: a leghosszabb t. i. 800 milliommód milliméter ($m\mu$) a vörös színű és legrövidebb ($400 m\mu$) az ibolyaszínű féynél; a fehér fény ezeknek s a közéjük eső más színeknek keverékéből áll. Ugyanilyen kevert fényt, kevert sugárzást bocsátanak ki magukból a röntgenlámpák is, úgyhogy rendszeren csak egy átlagos hullámhosszúságról beszélhetünk, ami a rák elleni küzdelemben alkalmazott sugárminőségénél kereken egy század millimikronnak ($0.01 m\mu$) felel meg. A látható fény színének a röntgensugaraknál az áthatoló képesség (keménység) felel meg: minél rövidebb a hullámhosszúság, annál vastagabb rétegeken tudnak a sugarak áthatolni, annál kevésbé nyelik azt el a különböző anyagok.¹ Érthető tehát, hogy különösen azokban az esetekben, mikor a test mélyében fekvő daganatokat p. o. méh-rákot akarunk besugározni, erre a célra nagy áthatoló képességű, rövid hullámhosszúságú sugarakat alkalmazunk. Ezt a hullámhosszúságot a ma használatos ú. n. izzó katódos röntgenlámpák-nál elsősorban a lámpára ható elektromos feszültség határozza meg. Minél nagyobb feszültségű áramot szolgáltat a készülékünk (transzformátorunk) annál rövidebb hullámhosszúságú sugárzást bocsát ki a lámpa.²

A gyakorlatban a sugárzás keménységét vagy áthatoló képességét az ú. n. felező réteg F segítségével szoktuk kifejezni. P. o. ha azt mondjuk, hogy a lámpánk sugárzása $F = 5$ cm víz-rétegben feleződik, ez azt jelenti, hogy 5 cm vastag vízrétegen a sugaraknak épp a felényi mennyisége képes áthatolni, a másik felét a víz elnyeli. Ha a vízréteg ennél vastagabb, akkor a második 5 cm-nyi réteg a beléje jutó sugárzásnak felét, azaz a felszínre esőnek csupán egynegyedrészt bocsátja át. Minthogy az

¹ A sugarak elnyeletése ugyanis egyrészt a sugárzás minőségétől függ: arányos a hullámhosszúság köbével, másrészt az elnyelő réteg anyagi minőségétől: arányos az anyag fajsúlyával és az őt alkotó elemek atomsúlyának (pontosabban: az elemek ú. n. rendszámának) köbével, tehát a nagy fajsúlyú anyagok (csontok) és különösen azok, amelyek nagy atomsúlyú anyagokból állnak, a röntgensugarakat erősen abszorbeálják.

² Ha V a lámpára ható feszültség voltokban kifejezve, akkor az előállítható legkeményebb sugárzás hullámhosszúsága $\lambda = 1230 : V$ millimikron, tehát a fentebb említett $0,01 m\mu$ -os sugárzás előállításához legalább 123000 volt feszültség szükséges. Ennek a sugárzásnak vízben körülbelül 4 cm vastag felező réteg felel meg.

emberi szövetek (t. i. a lágy részek, a csontok kivételével) közelítőleg ugyanolyan mértékben nyelik el a sugarakat, mint a víz, azt mondhatjuk, hogy ha az említett sugárzást a test felületére bocsátjuk, akkor 5 cm mélybe annak csupán fele, 10 cm mélybe csak egynegyedrésze fog behatolni, tehát a sugárzás erőssége a mélyebb rétegekben fokozatosan csökken az elnyelés következtében. Ezenkívül azonban azért is csökken a sugárzás erőssége, mert minél távolabb jut a lámpától (annak fókuszától, az antikatódtól), annál nagyobb felületre oszlik szét ugyanazon sugármennyiség. Ez a körülmény a sugárzás erősségének a távolság négyzetével való csökkentését idézi elő: kétszer nagyobb távolságból ugyanazon (1 cm^2 -nyi) felületre négyszer kevesebb sugárzás jut. Ha még azt is tekintetbe vesszük, hogy a szöveteken való áthatolás közben a sugarak egy része eredeti irányától eltérítve szét is szóródik, azaz az elnyelésen és a távolsággal való változáson kívül a sugárzás erősségét még a szóródás is csökkenti, akkor megérthetjük, mily nehéz a mélyebben fekvő daganatokhoz a három különböző okból bekövetkező veszteségek után is eljutó sugármennyiséget számítás útján meghatározni. Szerencsére ma már vannak jó táblázataink, amelyek ú. n. vízfantomokon való közvetlen mérések alapján megadják a különböző feltételek (adott sugárkéménység, fókusz-távolság, mezőnagyság) mellett a különböző mélységekig eljutó sugármennyiségeket s így elegendő, ha csupán a test felületére eső sugárzás erősségét mérjük meg.

Lássuk tehát, hogyan lehet ezt a kezelés szempontjából legfontosabb adatot, a sugárzás erősségét meghatározni? A fizikus minden sugárzást energia-áramlásnak tekint s ennek megfelelően a sugárzás erősségét (intenzitását) úgy definiálja, hogy az: az illető helyen 1 cm^2 felületen 1 mp alatt átáramló energiámennyiség. Ha ezt megszorozzuk a besugárzás időtartamával, a másodpercek számával, akkor, kapjuk a besugárzott test 1 cm^2 -ére jutó egész sugármennyiséget, az ú. n. felületi dózist s ebből a már említett táblázatok segélyével a különböző mélységekbe jutó sugáradagot. A sugárzás erősségét legszabatosabban az ú. n. ionizáló hatás alapján lehet mérni, ami abból áll, hogy a levegő, melyet közönséges állapotában szigetelőnek szoktunk tekinteni, a röntgensugarak hatása alatt a sugárzás intenzitásával arányos elektromos vezetőképességet nyer. Ezen ionizáló hatás alapján állapították meg a röntgensugárzás egységét (R)

is³ és megfelelő eszközöknek, az ú. n. ionométereknek segélyével bármely sugárzás erőssége ily R egységekben könnyen meghatározható. Viszont ez a fizikai egység a már említett biológiai egységgel, a HED-vel a legkülönbözőbb klinikákon végzett és egymással elég jól egyező nagyszámú meghatározás szerint abban az összefüggésben van, hogy a mélytherapiában használatos röntgensugárzásból (egyszerre adva) 1 HED-nek 550—600 R felel meg.

Térjünk most újból vissza a sugaraknak az élő szervezetekre gyakorolt hatásához. Láttuk, hogy *a röntgensugarak főleg a fejlődésben lévő, gyorsan oszló sejteket támadják meg. Minthogy a rosszindulatú daganatok sejtjei éppen ebbe a csoportba tartoznak: közelfekvő a gondolat, őket ilyen besugárzásokkal tönkretenni.* A röntgentherapia első feladatául tehát azt tekintették: a daganatsejtek elpusztításához szükséges sugármennyiséget juttatni a daganatra. A már említett kutatók, Seitz és Wintz úgy találták, hogy a rák sejtjeinek elpusztításához a bőregységszámnak 1,1-szerese, azaz 110 % HED szükséges⁴. Felületesen fekvő és különösen kifehélyesedett daganatoknál semmi akadály sincs annak, hogy ezt a sugaradagot — a környezetnek ólomin-gumival vagy más védőanyaggal való letakarása mellett — a daganatra bocsássuk. Elérhető azonban ugyanez a legtöbb esetben mélyebben fekvő daganatoknál is, ha kellő átható képességű sugarak állnak rendelkezésünkre. A mai transzformátorok és lámpák segélyeivel 180—200.000 voltos, azaz egészen 0.006 $m\mu$ hullámhosszúságig keményített sugárzást állíthatunk elő. Minthogy lámpáink kevert sugárzást bocsátanak ki, az említett igen kemény sugárzáshoz is keverednek jóval lágyabbak is, amelyek már a felületes rétegekben, a bőrben elnyelődve, itt fejtik ki ez esetben káros hatásukat, míg a daganat mélységéig el sem jutnak. Azért a sugárzást ú. n. szűrőkön (rendesen 0.5—1 mm vas-

³ Az 1928-ban Stockholmban tartott kongresszus határozata szerint a röntgensugárzás nemzetközi egysége r az a sugárzás, amely 0° C hőmérséklet és 1 atm. nyomás mellett 1 cm^3 levegőt oly mértékben ionizál, hogy a rajta (még, közelebből meghatározott körülmények között) áthaladó ú. n. telítési áram erőssége 1 elektrosztatikai egységnek felel meg. A gyakorlatban a méréseket szobahőmérsékleten (18° C-nál) végezzük, az ennek megfelelő német egység $R = 1.066 r$, a különbség tehát csupán 6.6 %.

⁴ További vizsgálatok kimutatták, hogy ez az ú. n. rákdózis csak durva átlagnak tekinthető, a valóságban a rák különböző fajai meglehetősen különböző ellenálló képességet mutatnak a sugárzással szemben.

tag réz vagy cinklemezen) bocsátjuk keresztül, melyek a keverék puha komponenseit elnyelik s csak az értékes kemény sugárzást engedik át. Ilyen sugárzásból megfelelő fókusztávolság mellett⁵ 10 cm mélységbe is sikerül a felületi dózisnak 30--40 %-át eljuttatni. Ez magában kevés volna; azonban éppen a mélyen fekvő daganatok nemcsak egy, hanem több irányból is elérhetők p. o. méhrákokat be lehet sugározni a has jobb- és baloldaláról, a keresztcsont jobb- és baloldaláról és a hüvely felől, tehát öt (esetleg még több) különböző irányból. Ha a bőrt nem is terheljük a teljes HED-vel, hanem óvatosságból annak csupán 80 %-ával s ennek 30 %-a, azaz mezőnként 24 % HED jut is magára a daganatra: az öt különböző irányból mégis sikerül 120 % HED-t a kívánt helyre juttatnunk (ú. n. keresztűz).

A fentiek alapján azt kell várnunk, hogy a röntgentherapia eredményei abban a mértékben fognak javulni, amily mértékben fejlődtek a technikai eszközök, a transzformátorok és röntgenlámpák, melyekkel a kellő keménységű és erősségű sugárzást előállíthatjuk. A tapasztalás ezt a várakozást nem igazolja. Azok a klinikák, melyek hatalmas készülékek birtokában ú. n. intenzív mély terapiával kezelték a rákos betegeket, semmivel sem tudtak jobb eredményeket elérni, mint a mérsékeltabb adagokkal dolgozók, sőt egyes helyeken (Freiburg) a recidivák száma az erősebb besugárzások után még emelkedett is. Ennek a feltűnő körülménynek oka, mint azt először Opitz hangsúlyozta, abban rejlik, hogy *a betegség meggyógyításához nem elég a ráksejteket elpusztítani, ehhez az is szükséges, hogy a beteg szervezete, elsősorban a rákot környező szövetek, a daganat ágya ép és regenerációra képes maradjon.* Ellenkező esetben a gyorsan széteső ráksejtekből kiszabaduló mérges anyagok (toxinok) elárasztják a szervezetet, annak ellenállóképességét aláássák, a daganat csak a középső részekben pusztul el, a széleken ellenben annál gyorsabban növekszik és hatol be a gyengült életképes-

⁵ Ha a bőrnek a lámpa fókusztól való távolsága 25 cm, akkor 10 cm mélybe, tehát 35 cm távolságra az említett négyzetes törvény szerint csak a felületi dózisnak $(25/35)^2 = \text{kb. } 50\%$ -a jut; ellenben 50 cm bőr-fókusztávolság mellett ugyancsak 10 cm mélyre, tehát 60 cm távolságra $(50/60)^2 = \text{kb. } 70\%$ jut, tehát a távolság négyzetével való csökkenés annál kisebb, minél nagyobb a fókusztávolság.

Viszont a szóródásos veszteség főleg keskeny nyaláboknál érezhető erősen; széles nyaláboknál tehát ú. n. nagy mezőknél (p. o. $15 \times 20 \text{ cm}^2$) a szóródás befolyása mindinkább háttérbe szorul.

sügü környezetbe. Tehát két, egymással ellentétes követelménynek kell egyszerre eleget tennünk: a rákot el kell pusztítani, azonban a környezet, amelybe a daganat rák vagy polyp módjára belekapaszkodik, amelybe csápjait minden irányban beleküldi: ezt a környezetet lehetőleg kimélnünk kell. Ez a két ellentétes követelmény a Scylla és Charybdis, amelyek között gyógyító törekvéseink oly sokszor hajótörést szenvednek.

Sokszor, de nem mindig! Szerencsére, mint már láttuk, a daganatoknak gyors oszlásban lévő sejtjei a sugárzással szemben általában kissé érzékenyebbek, mint a normális szövetek. Ez a különbség főleg akkor válik észrevehetővé, ha a besugárzást nem egyszeri erős (masszív) adagokkal végezzük, hanem elosztva. Az elosztás módjára vonatkozólag a nezetek még sok tekintetben eltérők, a legkülönbözőbb besugárzási tervek merültek fel és állnak kipróbálás alatt. Annyi kétségtelennek látszik, hogy ha a napi adagot a HED 30 %-a (200 R) körüli értékben szabjuk meg, ez az adag 10—12-szer egymásután alkalmazható anélkül, hogy a bőrön vagy a nyálkahártyákon komolyabb elváltozás keletkezne. Igaz, hogy ez az elosztott (helyesebben *superponált*) besugárzás a ráksejteket is kevésbé támadja meg, mint a masszív dózisok, az eltolódás azonban mégis a szervezet javára és a rák hátrányára történik. Sokszor az a benyomásunk, mintha a normális szövetek az anyagszervezettel való érintkezésükben Antheusként folyton új erőre kapnának s így a sugarak által szenvedett károsodást kihevernék, míg az idegen szövet, a daganat a meg-megújuló csapások súlya alatt lassan elpusztul. *Ez az ideális lefolyása a gyógyulásnak: körülbelül két héttel a besugárzások megkezdése után a daganat lassan kisebbedni kezd, szinte elolvad, mint tavasszal a hó és néhány hét, esetleg 1—2 hónap alatt teljesen eltűnik.* Ha a daganat már ki volt fekélyesedve, akkor sikeres kezelés esetén a szélek felől egészséges sarjadzás indul meg, a fekélynek rendesen elhalt szövetcafatokkal, bűzös gennyes váladékkal fedett alapja lassanként feltisztul s végül tenyérnyi kiterjedésű fekélyek is teljesen begyógyulhatnak, *szép síma bőrfelület keletkezik, úgyhogy az előbbi ijesztő folyamatnak jóformán nyoma sem marad.* Az 1. ábra 76 éves férfibetegről készült fényképet mutat, ki 1930 május 9-én jelentkezett kezelésre. A jobb fül előtt a fültömírigyből kiinduló rákos daganat látható, amely az egész fülkagylóra is ráterjedt. A beteg magas korára és a hosszantartó gennyedés folytán erősen legyengült állapotára való tekintettel, csak óvatosan fogunk a kezeléshez: igen kemény sugárzásból 30 % HED-nyi adagokat kap négy

nap egymásután. Hat hét múlva jelentkezik újabb kezelésre, a 2. ábrán látható, lényegesen javult állapotban. Ismét ugyanazon adagokat kapja most is és júliusban harmadszor is. Augusztus 30-án a 3. ábra szerint teljesen eltűnt fekélyrel látjuk újból viszont s ezután csak elővigyázatosságból részesítjük még néhány besugárzásban: 1 évvel a kezelés megkezdése után is teljesen tünetmentes. Csak tünetmentesnek nevezzük és nem gyógyultnak, mert a rák igen rosszindulatú betegség, amely évek múlva is kiújulhat, miért is gyógyulásról csak akkor szoktunk beszélni, ha a beteg öt éven át mentes marad a recidivától. — Hasonló szép javulást látunk a 4., 5., 6. ábrán egy bórrákos betegnél, ki-nek kiterjedt fekélye szépen begyógyult annak ellenére, hogy egy régi sósavmarásos területen, tehát nagyon rosszul táplált bőrfelületen keletkezett.

Természetes, hogy elpusztult testrészek nem nőnek ki újra, 1927-ben jelentkezett egy betegünk az orrán székelő rákkal, amely a jobb orrszárnyat teljesen lerágta. A fekély pár hét alatt sima heggel begyógyult és 4 évvel későbbben még mindig tünetmentes, de a hiány megmaradt.

Már említettük, hogy *a rák különböző fajtái nagyon eltérő módon reagálnak a sugárzásra.* Aránylag legkedvezőbbek a viszonyok a bórrákoknál, ahol a külföldi nagy intézetek (*Miescher*) lelkiismeretes statisztikái szerint az esetek 80—90 százaléka gyógyul tisztán röntgenbesugárzásokra. Már sokkal kedvezőtlenebb az arány az ajak- és pofarákoknál, még inkább a nyelvrákoknál (itt újabban rádiumkezeléssel érnek el szép eredményeket) s jóformán csak kivételes a gyógyulás a gyomor- és nyelőcsőrák-oknál. Általában azt mondhatjuk, hogy egy *ilyen rosszindulatú betegséggel szemben az orvosi tudomány összes fegyvereit fel kell használnunk e küzdelemben.* A ma általánosan elfogadott felfogás szerint ott, ahol ez lehetséges, elsősorban a műtéti eltávolítást kell megkísérelni. Ahol a betegség előrehaladott állapota vagy bármely más körülmény folytán a daganat inoperabilissá vált, ott a röntgen- és rádiumkezelés, esetleg ezeknek megfelelő kombinációja alkalmazandó. Ugyancsak sikeresen alkalmazhatók besugárzások műtét után, a recidivák veszedelmének csökkentésére (ú. n. profilaktikus besugárzás). Nem lehet eléggé hangsúlyozni annak a fontosságát, hogy a beteg, ha csak legkisebb gyanuját érzi is valamilyen daganat keletkezésének, azonnal forduljon orvoshoz. De ha bárminő körülmény folytán is elkésett, baja nem operálható, akkor sem kell kétségbe esnie: a sugaras

kezelés sokszor a legkétségbeejtőbbnek látszó esetekben is sikeres lehet s még ott is, ahol gyógyulás nem következik be, lényegesen javít a beteg állapotán: az úgy reá, mint környezetére igen terhes bűzös váladékok elapadnak, a fekélyek feltisztulnak, a fájdalmak szűnnek, a beteg erőbeli állapota gyarapodik, szóval a sugaras kezelés még az ily esetekben is áldásos hatású lehet.

TARTALOM

1. A sugárkezelés története és jelentősége	1
2. A sugárkezelés módszerei	2
3. A sugárkezelés alkalmazása a különböző betegségeknél	3
4. A sugárkezelés hatásai	4
5. A sugárkezelés ellenjavallatai	5
6. A sugárkezelés mellékhatásai	6
7. A sugárkezelés előkészítése	7
8. A sugárkezelés utókezelése	8
9. A sugárkezelés értékelése	9
10. A sugárkezelés jövője	10

1998

TARTALOM

Előszó	— — — — —	5
Rhorer László	— — — — —	7
Dr. Rhorer László munkásságának jegyzéke a szerző saját összeállítása szerint	— — — — —	10
Könyvek tartalomjegyzékei	— — — — —	12
Orvosi physikai chemia	— — — — —	12
Az elektromosság tanának haladásáról	— — — — —	15
Atomok, molekulák, kristályok	— — — — —	15
Physika	— — — — —	16
Über die osmotische Arbeit der Nieren	— — — — —	22
A vesék osmotikus munkájáról	— — — — —	39
A vesék osmotikus munkájáról (Rhorer László leghíresebb munkájának rövid ismertetése)	— — — — —	60
<i>Egyéb munkái</i>		
A kicsapási módszer alkalmazásáról a fehérjék savkötő képességének meghatározására	— — — — —	65
Oldatok resorptiója a bélben	— — — — —	71
Die Rolle der partiellen Konzentrationen bei der osmotischen Arbeit der Nieren	— — — — —	83
Die Sensibilisierungsfrage in der Strahlentherapie	— — — — —	86
Morgenroth-féle chiniszármazékok tejconserváló hatásáról	— — — — —	91
A rákos megbetegedések röntgenkezelése	— — — — —	93

1998



Kiadja a Pécsi Orvostudományi Egyetem

Felelős kiadó: dr. Ernst Jenő

Készült 300 példányban

