I.

Zur Kenntniss der natürlichen Ernährung des Säuglings.

Von

Max Rubner und **Otto Heubner.**

Einleitung.

Die Ernährungsvorgänge im Leben des Säuglings bedürfen zweifellos eines weiteren und eingehenderen Studiums, da vor allem die methodische Feststellung des Stoff- und Kraftwechsels verschieden alter Kinder noch immer zu wenig Ausdehnung gewonnen hat. Das statistische Verfahren, welches in der Bestimmung der genossenen Milchmenge gipfelt, allenfalls auch die flüssigen und festen Abgänge heranzieht, hat manche bedeutungsvolle Thatsache im Ernährungsleben des Kindes aufgedeckt und wird auch für die Zukunft ein dankbares Feld der Thätigkeit gewähren. Das beste Verfahren bleibt aber doch die genaue Erforschung des ganzen Stoff- und Kraftwechsels nach der Methodik, die wir bereits für derartige Fragen mehrfach innegehalten und ausgebildet haben und deren Ergebnisse in früheren Arbeiten bereits mitgetheilt worden sind.[1])

Der Grund, warum diesen Untersuchungen keine grosse Basis gegeben werden kann, liegt neben anderem in den nicht zu unterschätzenden technischen Schwierigkeiten; nur ein tadelloses Functioniren complicirter Einrichtungen und ein richtiges Ineinandergreifen der verschiedenen analytischen Methoden verbürgt ein brauchbares Resultat.

Ein volles Verständniss des ganzen Werdeprocesses des wachsenden Menschen wird also nur allmälig gewonnen werden können, die Bausteine müssen langsam zusammen getragen werden.

Die von uns geübte Methodik hat den garnicht hoch genug einzuschätzenden Vorzug, dass sie ein möglichst vollständiges Bild des ganzen Stoffwechsels und der Kraftwechselvorgänge liefert und zugleich den Wasser-Stoffwechsel mit zur Betrachtung heranzieht.

Der Eine von uns (R.) hat zu wiederholten Malen auf den Nachtheil, den Theiluntersuchungen haben, hingewiesen.

1) S. Zeitschr. f. Biol. XXXVI. S. 1 u. XXXVIII. S. 315.

Die alleinige Untersuchung der Harnausscheidung oder der festen und flüssigen Ausgaben, die alleinige Erforschung der respiratorischen Vorgänge, das Studium der Nahrungsaufnahme für sich haben die Kenntniss auf diesem Gebiete ganz gewiss gefördert und sind nothwendig; aber wir können uns aus solchen, unter verschiedenen Lebensbedingungen, unter verschiedenen Ernährungsverhältnissen, bei verschiedenen Individuen gewonnenen Ergebnissen nimmermehr ein wirklich sicheres Bild des thatsächlichen Ablaufs des Ernährungsprocesses machen.

Nach je umfassenderer Methodik wir aber den Einzelfall erforschen, desto klarer wird das Gesammtbild, desto deutlicher die Beziehungen der einzelnen Details des Ernährungsprocesses zu einander. An diesem Gesichtspunkt, den wir immer wieder betonen wollen, halten wir auch im Folgenden fest.

Unsere neuen, im Nachfolgenden mitzutheilenden Untersuchungen betreffen einen Knaben, über dessen Lebensgeschichte kurz Folgendes mitgetheilt sein mag:

Es handelte sich um einen ungewöhnlich kräftigen und wohlentwickelten Knaben, das Kind einer der an der Kinder-Klinik angestellten Ammen. Die Mutter, eine grosse, kräftige, wohlgebildete, immer gesunde Frau, hatte schon einmal geboren; das Kind war nach 14 Tagen unter Krämpfen gestorben.

Zum zweiten Male wurde sie am 11. Februar 1903 von dem männlichen Kinde entbunden, das wir zu beobachten Gelegenheit hatten. Es wog bei der Geburt (in der gynäkol. Klinik der Charité) 4,06 kg und kam mit der Mutter am 18. Februar in die Kinderklinik. Da wog es 3,78 kg.

Der Knabe bekam während der ersten zwei Monate fast ausschliesslich die Brust (zu $^8/_9$, $^1/_9$ anfangs Thee, von Mitte der 3. Woche Mehlsuppe, von der 5. Woche an Buttermilch). Die Zusammensetzung der Milch erwies sich bei wiederholten Untersuchungen als eine recht gleichmässige. Die Analysen der Klinik stimmten mit den später im hygien. Institut vorgenommenen überein. Erst vom 5. Monat an wurde die Nahrung annähernd zur Hälfte künstlich (Buttermilch).

Der Energiequotient belief sich bis Ende des 3. Monats auf 100 Calorien, stieg nur an ganz einzelnen Tagen über 105 oder 106, sank im 4. Monat auf 90, im 5. auf 80 und später auf 70. Das Volumen der zugeführten Nahrung betrug in den ersten Wochen 600 ccm (bezw. das Gewicht der getrunkenen Milch die analoge Menge von Grammen), stieg allmälig bis zu einem Liter in der 12. Woche des Lebens und hob sich erst Ende des 6. Monats über diesen Betrag (auf 1200). — Die während des nachstehenden Versuches aus der Brust getrunkenen Mengen Muttermilch übersteigen die sonst täglich zugeführten Volumina etwas.

Bei dieser Ernährung zeigte das von der Geburt her kräftig veranlagte Kind Zunahmen von einer Intensität, dass man einen zu grossen Fettansatz fürchtete und 4—5 mal einige Tage lang die Zufuhr so heruntersetzte, dass keine Zunahme erfolgte. Es nützte dieses aber nichts. Das Kind wurde bei der knappen Diät verdriesslich und schlaff, und wenn man dann zum früheren Energiequotienten zurückging, so er-

folgte die Zunahme in um so rascherem Tempo. Aehnlich war es auch nach dem beim Versuche interpolirten Fasttage (Zunahme in 18 Tagen um 650 g).

Das Kind wog	Ende der	4.	Woche	4180	g
	„ „	8.	„	5070	g
	„ „	12.	„	6340	g
	„ „	16.	„	7510	g
	„ „	20.	„	8640	g
	„ „	24.	„	10140	g
	„ „	28.	„	11090	g
	„ „	32.	„	11860	g.

Der Gewichtszunahme entsprechend verhielten sich aber auch die sonstigen Wachsthumsverhältnisse und die körperlichen und psychischen Functionen. Man konnte nicht von einem nur einseitigen Fettansatz, von Adiposität oder pastösem Habitus sprechen. Das Kind hatte immer ein blühendes, frisches Aussehen, rosige Wangen, lebhafte, blitzende Augen, energische, kräftige Muskelbewegungen.

Am 3. August 1903 (Ende des 6. Monats) hat das Kind eine Körperlänge von 71 cm, Kopfumfang 46 cm, Fontanelle 2,3×2 cm, Brustumfang 49 cm, Bauchumfang 49 cm. Kein Zeichen von Rachitis bis auf eine ganz geringe Verkrümmung des Unterschenkels.

Ende der 33. Woche (bei der Entlassung) beträgt die Körperlänge 77 cm, der Kopfumfang 48 cm, Brustumfang 52 cm, ebenso der Bauchumfang. Festes, derbes Fleisch. Kind sitzt mit gradem Rücken und Kopf, steht, leicht unterstützt, fest auf den Beinen. Nirgends Zeichen von Rachitis, nirgends Drüsenschwellung.

Intelligenz sehr gut entwickelt. Kennt alle Personen der Umgebung, beschäftigt sich sogleich mit jedem vorgehaltenen Gegenstand, fixirt und beobachtet mit gespannter Aufmerksamkeit und ist ununterbrochen in vergnügter, selbst übermüthiger Stimmung.

Wir hatten es also mit einem ganz besonders kräftigen und rasch wachsenden, aber sonst normalen Kinde zu thun, bei Beginn des Versuches war es $5^1/_2$ Monat alt.

I. Der Stoffwechsel.

Es handelt sich um die Ernährungsprocesse eines gesunden, aussergewöhnlich starken Kindes, das, wie gesagt, auch geistig weit vorgeschritten war, von der Mutter viel auf dem Arm getragen wurde, und schon zu spielen begann.

Das Ruhen im Bettchen des Respirationsapparats war ihm daher nicht ganz zusagend und dem entsprechend gab es sein Missbehagen deutlich kund, namentlich am ersten Tage, aber auch noch späterhin, wenn schon in verminderter Kraft.

Wir beginnen die Darstellung unserer Ergebnisse mit der Schilderung der Stoffwechselvorgänge.

Als ausschliessliche Nahrung hat das Kind nur Muttermilch erhalten, von welcher stets ein Theil für Analysenzwecke der Brust

mitentnommen wurde. Die Zahlen der vom Kinde getrunkenen Tagesmenge der Milch schwanken nicht sehr erheblich, immerhin aber ergeben sich im Zusammenhalte mit der wechselnden Zusammensetzung der Milch doch nicht ganz belanglose Unterschiede in der Zufuhr der Trockensubstanz und Nahrungsstoffe an den einzelnen Tagen.

Am 5. Tage hatte das Kind nur Thee erhalten, dessen Nährwerth so gering zu veranschlagen ist, dass dieser Tag sozusagen als Fasttag gerechnet werden darf. Es dürfte immerhin von Interesse sein, auch diesen Tag, der methodisch wie die anderen untersucht wurde, für die Ueberlegungen, welche sich an die Milchdiät knüpfen, heranzuziehen.

Die Milch ist nach verschiedenen Richtungen hin analytisch untersucht worden. Folgende Tabelle giebt die Menge an Gesammtstickstoff, an Casein-N, an anderweitigen Eiweissstoffen und an Extractstickstoff.

Tabelle 1.

	Gesammt-N	Casein-N	Globul.- u. Album.-N	Coagulabl. N. No. II	Extractiv-N gefunden	Extractiv-N berechnet
I. Versuchst. 28.-29. 7.	0,168 pCt.	0,077 pCt.	0,042 pCt.	0,018 pCt.	0,033 pCt.	0,031 pCt.
II. „	0,171 „	0,067 „	0,042 „	0,035 „	0,025 „	0,024 „
III. } „ Milch vereinigt	0,154 „	0,056 „	0,038 „	0,027 „	0,031 „	0,034 „
IV. }						
V. „	0,168 „	0,049 „	0,062 „	0,038 „	0,029 „	0,02 „

An der Ausführung der Versuche hat sich Herr Dr. Langstein (Berlin) und Dr. Stähelin (Basel) betheiligt; ersterer hat im Wesentlichen die chemischen Analysen, der letztere die Respirationsversuche ausgeführt.

Betreffs der Analyse sei folgendes bemerkt:

Zur N-Bestimmung nach Kjehldal wurden je 5 ccm Milch benutzt, für Casein, Albumin, Globulin, Extractiv-N je 20 ccm Milch.

Casein ausgefällt durch Einleiten von CO_2 in die verdünnte, mit Essigsäure angesäuerte, auf 40° erwärmte Milch.

Albumin und Globulin wurde erhalten durch Aufkochen des Filtrates vom Casein.

Wird das Filtrat von Casein, Globulin und Albumin eingeengt, so scheidet sich ein zweiter Eiweissniederschlag aus (Nucleon Siegfrieds?), der abfiltrirt wurde. Der N dieses Niederschlages wurde als coagul. N No. II bezeichnet. Im Filtrat von diesem, das niemals Biuretreaction zeigte, wurde der Extractivstickstoff nach Kjehldal bestimmt.

Die Resultate der Milchuntersuchung zeigen, dass von dem Gesammt-N dieses Nahrungsmittels[1])

37,6 pCt. im Casein enthalten sind,
27,6 „ „ Globulin und Albumin,
17,9 „ „ sogenannten Extract.

1) Der Rest, d. h. die Differenz bis 100 entspricht den in der Tabelle als „coagulabel“ bezeichneten Eiweissstoffen S. 46, Zeitschr. f. Biol. Bd. XXXVI.

In unserem früher publicirten Fall zeigte der Ertractivstickstoffgehalt der Muttermilch sich zwischen 12,4—20,2 pCt. des Gesammtstickstoffes schwankend. Welche Bedeutung diese (s. Tabelle 1) 4 leicht trennbaren Formen der N-Zufuhr haben, ist bei dem heutigen Stande des Wissens eine ganz offene Frage. Die genaue Verfolgung der Milchzusammensetzung während der ganzen Lactationsperiode wird uns vielleicht Fingerzeige geben können. Freilich darf man nicht erwarten, dass es eine Grundformel für die Milchzusammensetzung geben wird, die einzig und allein die Nahrung für das Kind darstellen sollte; unser Organismus hat in allen seinen Functionen einen Spielraum und ein ausgebildetes Accommodationsvermögen an die Bedürfnisse, die das äussere Leben stellt. Er wird und muss sich mit manchem weniger Bekömmlichen und Zusagenden auch in der Ernährung abfinden, aber nichts desto weniger wird man doch in der Composition der Muttermilch das finden können, was für den Organismus ein Optimum der Ernährungsbedingungen darstellt.

Für die sonstigen Milchbestandtheile ergab sich für 100 Theile Milch:

	Fett pCt.	Kohlehydrat pCt.	Trockensubstanz pCt.	Asche pCt.
I. Versuchstag	3,36	6,55	11,54	0,14
II. „	2,9	6,40	10,77	0,16
III. u. IV. „	3,06	6,50	9,96	0,15
V. „	1,76	6,4	9,84	0,10

Die Fettbestimmung wurde nach Trocknen in Hofmeister'schen Schälchen im Soxhletapparat vorgenommen, der Zucker mittelst Fehling titrirt, die Milch im Platintiegel verascht.

Die Mischungen der Milchproben (I—IV) enthielten 1,52 pCt. N; mit Bleichromat im Rohr verbrannt wurde 49,69 pCt. C gefunden.

In 100 Theilen Trockensubstanz fand sich an Fett, welches in neutralen Aether überging 25,99 pCt.
und 3,97 „ welche von saurem Aether aufgenommen wurden = 29,96 pCt. im Ganzen.

Es wird hier die Thatsache, auf welche der eine von uns (R.) zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt hat, nämlich, dass aus getrockneter Milch nach dem Erschöpfen durch Aether, nach dem Ansäuern noch Reste von Extract gewonnen werden können, wieder bestätigt[1]).

Der Aschegehalt der Trocken-Milch war im Durchschnitt 1,41 pCt.

Die Einnahmen des Kindes lassen sich, was die einzelnen Nahrungsstoffe betrifft, berechnen und sind in folgender Generaltabelle zusammengestellt.

Nach diesen Analysen hat das Kind am 2., 3., 4. Tage, die für unsere weiteren Betrachtungen allein maassgebend sein können, aufgenommen im Mittel pro Tag:

1) Siehe Zeitschr. f. Biol. XXXVI. S. 70 und ebendas. S. 48.

1,99 g Gesammtstickstoff, wovon waren
1,63 „ Eiweissstickstoff; ferner
37,73 „ Fett,
80,5 „ Milchzucker.

Verzehrt wurden 1258 g Milch mit je 128,2 g Trockensubstanz und 1130 g Wasser.

Tabelle 2.

Nahrungsaufnahme an den einzelnen Tagen in g.

Tag	Milch aufgen.	N aufgen. insges.	Eiweiss-N	Fett	Zucker	Asche	Trocken-substanz	C
1.	(1200)	2,02(?)	1,62	40.3	78,6	1,68	138,4	68,8
2.	1180	1,98	1,72	34,2	75.5	1,78	127,4	63,3
3.	1240	1,91	1,52	37.9	78,6	1,86	123,5	61,4
4.	1345	2,07	1,65	41.1	87,4	2,02	133.9	66.5
5.	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Ausgaben wurden in der in früheren Abhandlungen erwähnten Weise bestimmt; nur machten sich bei dem grossen und allzu beweglichen Kinde manche technische Schwierigkeiten, die überwunden werden mussten, fühlbar.

Was die Ausgaben im Einzelnen betrifft, so war die Harnmenge sehr gleichmässig, auch die Kothausscheidung verlief innerhalb der üblichen Schwankungen, und jedenfalls haben wir in der 4tägigen Reihe den auf die Fütterungszeit treffenden Koth wohl genügend genau erhalten, weil am 5. Tage, als nur Thee gereicht wurde, nur noch 9 g frische Fäces ausgeschieden wurden, von welchen jedenfalls nur ein Theil von der vorhergehenden Nahrung herrühren konnte.

Ueber das analytische Detail ist wenig zu sagen, da wir uns darüber auch schon an anderer Stelle ausgesprochen haben.

Die nachfolgende Tabelle giebt die Harn und Koth betreffenden Zahlen wieder.

Tabelle 3.

Ausgabe von N und C in Harn und Koth in g pro Tag.

Tag	Harn-menge * ccm	N Harn	C Harn	$\frac{C}{N}$	Koth feucht	Koth trock.	N Koth	N im Mittel	C ** im Mittel Koth	N Harn Koth-Summe
1.	580 (?)	1,42	1,63	1,15	27	5,08	0,47			1,82
2.	571	1,27	1,68	1,33	43	3,25	0,26	0,40	2,71	1,67
3.	620	1,13	1,48	1,31	57	8,33	0,54			1,53
4.	670	1,00	1,08	1,08	37	4,91	0,32			1,40
5.	550	1,18	1,42	1,21	9	(1,55)	(0,15)	(0,15)	—	(1,33)

* Reinharn ohne Waschwasser. — ** Nach früherer Analyse 100 Thl. trocken = 50,5 C; pro Tag rund 5,4 g trockener Koth = 2,7 g C.

Von diesen Werthen wollen wir zunächst nur die den Harn betreffenden besprechen.

Der Harn und das Spülwasser wurden getrennt belassen und in beiden für sich die N-Bestimmungen ausgeführt. Die Zahlen der Tabelle geben die Summen des im Harn und Spülwasser ausgeschiedenen Stickstoffes, in den Volumen aber nur den Reinharn ohne Spülwasser. Das Ablaufen des Harnes erfolgt wie aus dem Verhältniss zwischen Reinharn und Spülwasser sich ergab, sehr befriedigend und es macht der N des Spülwassers nur wenige Procent des Reinharnes aus.

Ueber die N-Ausscheidung wird im Zusammenhang mit dem ganzen Eiweissumsatz später gesprochen werden.

Neben dem N-Gehalt des Harnes wurde noch wie schon in früheren Fällen auch der C-Gehalt desselben festgestellt, und dabei Ergebnisse erzielt, die ganz bemerkenswerth sind.

Für die Beziehungen zwischen C u. N haben wir als charakteristisch den Quotienten $\frac{C}{N}$ in Stab 5 eingetragen, aus diesen Werthen geht wieder der von uns zuerst erwiesene Kohlenstoffreichthum des Säuglingsharns mit Sicherheit hervor. Wir haben bei dem Brustkinde zuerst diese hohen Quotienten gesehen, dann hat Oordt im Laboratorium des Einen von uns weitere Beiträge zu dieser Frage geliefert.[1])

Der Gedanke an eine alimentäre Glykosurie liegt nahe. Der Uebergang von Zucker in den Harn erfolgt ja vielfach recht leicht, der des Milchzuckers bei Wöchnerinnen z. B. ist unschwer zu erweisen.

Alle aber daraufhin gerichteten Untersuchungen des Säuglingsharnes haben uns bisher — auch im vorliegenden Falle — negative Befunde erbracht.

Beim Hunde lässt sich, abgesehen von der alimentären Glykosurie, die der Eine von uns (R.) früher näher verfolgt hat, eine Anreicherung des Harnes an Kohlenstoff, auch rein alimentär, erzielen durch ausschliessliche Fütterung mit Fleischextract.

Bei diesen ist durch soeben publicirte Versuche von Bürgi[2]) der schon früher von Rubner[3]) angegebene, von Fräntzel und Toriyama bestrittene Befund eines Ueberganges der Fleischextractstoffe in den Harn neuerdings vollauf bestätigt worden.

Ob solche Erscheinungen des Ueberganges von Extractiv-Stickstoff auch bei anderen Nahrungsmitteln eintreten, wissen wir zur Zeit nicht, hätte aber an sich nichts Befremdendes.

Am 5. Tag bei Theefütterung wurden ähnliche Quotienten gefunden, wie bei Milchkost, woraus man entweder auf eine Nachwirkung der Milchdiät oder auf einen analog sich geltend machenden Einfluss des Theeextracts schliessen müsste, wenn man an der alimentären Ursache des hohen Quotienten $\frac{C}{N}$ festhalten will.

---

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. XLIII. S. 46.

2) Archiv f. Hyg. LI. S. 1.

3) Zeitschr. f. Biol. Bd. XIX. S. 535 und Archiv. f. Hyg. LI. S. 19.

In dem Harn eines Säuglings, der reichlich Eiweiss ansetzt, muss sich voraussichtlich viel von dem Extractivstickstoff (in relativen Werthen zum Gesammtstickstoff) finden. Leider kennen wir dessen Natur zu wenig, um diesem Gedanken der Betheiligung kohlenstoffhaltiger Körper desselben an der Zusammensetzung des Säuglingharnes näher treten zu können.

Immerhin beachte man, dass in unserem Falle auf 1,13 N im Harn 0,46 Extractstickstoff entfallen können, wenn dieser seinen Weg insgesammt durch die Nieren genommen hat, was kaum zu bezweifeln sein dürfte; somit wären unter dieser Annahme von dem vom Harn ausgeschiedenen Stickstoff möglicherweise 40,7 pCt. Extract-N. Hiermit soll aber nicht gesagt sein, dass der Träger des N ausschliesslich die Ursache für die Kohlenstoffmehrung sein muss. Die Quotienten $\frac{C}{N}$ würden unter dieser Annahme mit dem Ansatz von N, sofern dieser eben aus Eiweiss besteht, Variationen zeigen müssen. Wir verweisen hierauf, da es erwünscht ist, falls sich für andere Autoren Gelegenheit geben sollte, Material für diese nicht ganz unwichtige Frage zu erhalten, die Angelegenheit zu verfolgen.

Für die Bestimmung der respiratorischen Ausgaben dieses ungewöhnlich grossen und schweren Kindes haben wir einen besonderen Respirationskasten bauen lassen. Im Uebrigen hat sich in den Bedingungen, welche für die Respirationsverhältnisse massgebend sind, nichts geändert und dürfen wir daher diesbezüglich auf unseren früheren Versuch verweisen.

Temperatur und Feuchtigkeit wurden im wesentlichen durch die klimatischen Verhältnisse der Sommermonate bedingt und waren sehr gleichmässig.

Wie bei der Unruhe des Kindes zu erwarten, ergaben sich Schwankungen in den respiratorischen Ausgaben. Gewöhnt von der Mutter auf dem Arm getragen zu werden, konnte es sich mit dem Ruhigliegen im Respirationskasten durchaus nicht befreunden, zappelte, warf sich hin und her und schrie am ersten Tage periodenweise sehr heftig.

Es gewöhnte sich aber am 2., 3., 4. Tag an die neue Lage insofern, als es seinen Unmuth in vermindertem Grade zu erkennen gab.

Mit diesem ungefähren Eindruck über die Muskelleistung aus dem Benehmen des Kindes erschlossen deckt sich das Versuchsergebniss

Tabelle 4.

Tag	Gewicht Anfang	Gewicht Ende	Differenz	CO_2 in 24 Std. g	H_2O in 24 Std. g
1.	9760	9510	—250	278,8	640,0
2.	9510	9740	+ 230	219,9	519,6
3.	9740	9730	— 10	228,1	478,6
4.	9730	9760	+ 30	231,1	382,1
5.	9760	9500	—160	218,2	322,5

Tabelle 5.

Tag	C-Resp. g	C-Harn g	C-Koth g	Gesammt-C g
1.	76,02	1,63	2,71	80,36
2.	60,00	1,68	2,71	64,39
3.	62,20	1,48	2,71	66,39
4.	63,02	1,08	2,71	66,81
5.	59,50	1,29	—	60,79

insofern nicht ganz, als man auf recht schwankende Kohlensäurewerthe gefasst sein durfte, wenn man die Unruhe des Kindes sah. Ueberraschender Weise sind aber die 24 stündigen Kohlensäurewerthe (2., 3., 4. Tg.) sich sehr ähnlich.

Offenbar tritt hier wie so oft im Leben eines Tages ein compensatorischer Einfluss auf, indem der Periode übersprudelnder Lebhaftigkeit, der Zappelei und Unruhe als regulatorisches Gegengewicht ein tiefer, ruhiger Schlaf folgt.

Es wäre sonst geradezu unverständlich, dass bei der anscheinenden Regellosigkeit in der Unruhe des Kindes schliesslich die 24-Stundenwerthe so wenig differiren. Immerhin aber ist und bleibt natürlich das ganze Bild, welches uns sich hier darbietet, das eines unruhigen Kindes, dessen vermehrte Ansprüche an den Stoffwechsel, worauf wir später näher eingehen werden, gar nicht zu verkennen sind.

Aehnliche Vorgänge compensatorischer Art sieht man zweifellos im Ablauf der Lebensprocesse häufig. Die mechanische Arbeitsleistung braucht nicht in ihrem ganzen Umfang in den chemischen Umsetzungen im Muskel oder im respiratorischen Gasverbrauch überhaupt sich geltend machen, weil sie mit ihren Leistungen zum Theil für Umsetzungen eintritt, die auch sonst im Ruhezustande z. B. aus thermischen Gründen hätten erfolgen müssen[1]).

Zu den Ergebnissen des 5. Tages mag bemerkt sein, dass die Unruhe des Kindes bei Theekost (Fasttag) zunächst sich steigerte, weshalb wir mit der Einschaltung der Barytröhren warteten, bis eine wenigstens relative Beruhigung des Kindes eingetreten war. Die Zahlen mussten daher aus einer geringeren Stundenzahl als Mittel abgeleitet werden wie sonst.

Da uns nunmehr die gesammte N-Bilanz und Kohlenstoffbilanz zu Gebote steht, lässt sich ein Gesammtbild der stofflichen Vorgänge gewinnen.

Nachstehende Tabelle 6 giebt die Resultate.

Dazu möchten wir vorerst bemerken, dass die N-Ausgaben um eine allerdings recht kleine Menge N, die in dem zeitweilig gebildeten Schweiss enthalten sein könnte, vermehrt werden müsste. Wir haben beim Kinde zuerst diese Quelle des N-Verlustes in unseren früheren Experimenten in

1) S. bei Rubner, Zeitschr. f. Biol. Bd. XXI. S. 383.

Betracht gezogen[1]), glauben aber hier bei dem fast 10 kg schweren Kinde, bei dem die Ausserachtlassung dieser Verlustquelle relativ noch viel weniger ausmacht, von einer Mitberücksichtigung absehen zu können.

Tabelle 6.
Bilanz (Durchschnitt) pro Tag.

Tag	N in der Kost	N im Harn	N im Harn u. Koth	N-Bilanz	C in der Kost	C in Resp. Harn u. Koth	C-Bilanz
2., 3., 4., **Milch**	1,99	1,13	1,53	+ 0,46	63,7	65,8	— 2,1
5. **Thee**	—	1,18	1,18	— 1,18	—	60,8	—60,8

Die Schlussfolgerungen ergeben sich aus der Bilanztabelle ohne Weiteres. Für die Periode der Brusternährung ergiebt sich:

1. Das Kind hat täglich N angesetzt, und zwar 0,46 g im Mittel, es hatte also ausreichend Eiweiss für seine Bedürfnisse zur Verfügung.

2. Trotzdem es täglich Eiweiss angesetzt, hat es aber mit der Kohlenstoffzufuhr nicht ausgereicht, sondern täglich 2,1 g C von sich abgegeben.

Das Kind hat sein Wachsthum fortgesetzt, obschon es nicht im Kohlenstoffgleichgewicht war, und die N-freien Stoffe zur Ernährung nicht ausreichten. Das Wachsthum geht zunächst unbeeinflusst von den andern Ernährungsvorgängen seinen Weg.

Die Abgabe von 2,1 g C täglich ist zwar eine bescheidene Grösse. Dieser Verlust wurde bei dem grossen Reichthum an Kohlehydraten (Glykogen), der sich in einem gut genährten Säugling findet, zweifellos zunächst durch dieses gedeckt.

3. Das Körpergewicht betrug zu Ende des 4. Tages 9760 g, zu Ende des ersten Tages 9510 g, also haben wir einen Zuwachs von 250 g = 83 g pro Tag. Damit stehen die eben sub 1 und 2 angegebenen Veränderungen am Körper nicht in Einklang.

0,46 g täglicher N-Ansatz können kaum mehr als 15 g Gewichtssubstanz (als frische Substanz, Organ berechnet) bedingen, davon geht jedoch noch der den 2,1 g C entsprechende Gewichtsverlust durch Glykogen (2,1 × 2,25) = 4,7 g ab. Es ergiebt sich also höchstens für den Tag ein Gewichtszuwachs von 15 — (rund) 5 = 10 g. Die beobachtete Gewichtsdifferenz beträgt 83 g. Sie lässt sich nur durch Wasseransatz erklären. Das Nähere findet sich in dem späteren Abschnitt — Wasserumsatz.

4. Das 10 kg schwere Kind hat seine ganze Ernährung bestritten durch die Gesammtmenge aller in der Milch enthaltenen Stoffe und durch eine Kohlehydratmenge, welche 2,1 g C entspricht[2]), z. B. 5 g Milchzucker.

---

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. XXXVI. S. 34.

2) Milchzucker 41,12 pCt. C; 1 C = 2,37 Milchzucker; 2,1 C = 4,977 Milchzucker.

Also durch: 1,99 g N (Gesammt-N)
oder 1,63 „ Eiweiss-N
37,73 „ Fett
85,5 „ Milchzucker.

Zieht man von dieser Nahrungsmenge noch die angesetzte N-Menge = 0,46 ab, so ergiebt sich offenbar die einfache Erhaltungsdiät (ohne Wachsthum), welche also hingereicht haben würde, alle Bedürfnisse des Kindes — abgesehen vom Wachsthum — zu bestreiten. Diese wären sonach:

1,53 N = 9,6 Eiweiss (nach üblicher Berechnung)
37,7 Fett
85,5 Milchzucker.

Ueber die Rolle des Eiweisses bei der Ernährung hatte man früher offenbar recht unzutreffende Vorstellungen. Man glaubte — und irriger Weise geschieht dies von Einigen noch heute — in der Zufuhr von Eiweiss in der Kost möglichst hoch greifen zu müssen. Beim Erwachsenen wie beim Kinde wurden so geradezu widersinnig hohe Eiweissrationen empfohlen. Der Eine von uns (R.) hat zuerst gezeigt, wie sehr man die Betheiligung des Eiweisses am Kraftwechsel zurückdrängen kann. Eine Reihe von Beobachtungen und practischen Erfahrungen, welche von Seiten verschiedener Autoren inzwischen mitgetheilt worden sind, lassen alle erkennen, dass auch monatelange Beschränkung auf eine eiweissarme Kost nicht im geringsten die Gesundheit zu stören braucht und die volle Erhaltung der Körpermuskulatur, der Arbeitsfähigkeit Gewähr leisten kann.

Noch überraschender waren die Ergebnisse des Studiums der Kinderernährung. Vorerst hatte man auf Grund fehlerhafter Analyse der Muttermilch den Eiweissbedarf für das Kind überschätzt und beherrscht von den sonstigen unrichtigen quantitativen Vorstellungen über den Eiweissbedarf der Erwachsenen einen falschen Weg in der Kinderernährung betreten.

Es ist, seitdem man die Ernährungsvorgänge in der Natur genauer betrachtet und sich weniger von Voreingenommenheit und theoretisirenden Ueberlegungen, als vielmehr durch die objectiven Thatsachen der direct auf das Ziel gerichteten Untersuchungen leiten lässt, alles klarer und durchsichtiger geworden. Die Kinderernährung giebt uns geradezu manchen wichtigen Fingerzeig für die Ernährung der Erwachsenen.

Mit jeder neuen eingehenden und exacten Untersuchung auf diesem Gebiete zeigt sich, dass thatsächlich die Verhältnisse ganz anders liegen, als man sich theoretisch ausgedacht hatte, und man sieht mit Erstaunen, mit wie wenig Eiweiss die Natur ein Nahrungsgleichgewicht herbeiführt und Wachsthum erzielt.

Sehen wir uns die Verhältnisse des prächtig gedeihenden Versuchskindes an.

Von der gesammten Energie, die unser Versuchskind verbraucht, stammten in der Wachsthumskost etwa 7 und in der Erhaltungsdiät nur rund 5 pCt. aus Eiweiss: Wollte man nur die resorbirten Eiweissmengen — also etwa die der N-Ausscheidung im Harn entsprechende Menge

1,13 g — als maassgebend ansehen, so fällt die Betheiligung des Eiweisses am Energieumsatz (der Erhaltungsdiät) auf rund 4 pCt. Der Körper verwendet also in ökonomischster Weise dieses für ihn kostbare Material, das zweifellos hier in der Muttermilch in besonders geeigneter Form geboten wird. An solche Beispiele rationeller Eiweissverwerthung, wie hier die Natur sie uns bietet, soll man sich halten, wenn man sich über Werth und Function des Eiweisses und den wahren Eiweissbedarf überhaupt unterrichten will.

Wie blind wird vielfach in der Diätetik verfahren. Viele meinen, in der Eiweisszufuhr nicht genug thun zu können; sie wissen und ahnen nicht, dass nicht jedes der Kost reichlicher zugegebene Eiweiss den gewünschten Effect, Hebung des Eiweissbestandes des Körpers, erreicht, und dass durch einseitige Eiweissgaben der Eiweissverlust bisweilen nicht einmal in seiner absoluten Menge eingeschränkt wird!

Beim Erwachsenen wie beim Kinde kommt es weniger auf die absoluten Quantitäten des Eiweisses an. Man kann reichlich Eiweiss in der Kost vertreten haben und doch den Effect eines günstigen Ansatzes nicht erreichen. Neben der Resorptionsfähigkeit spielt vor Allem die N-freie Beikost eine wichtige Rolle. Das überreichlich zugeführte Eiweiss, mit dem sich allerdings der Organismus einstellen und in N-Gleichgewicht kommen kann, stellt einen zumeist unnöthigen Ballast dar, der sogar manchmal recht unbequem und schädlich werden kann und zu einem unnöthigen Mehrverbrauch von Energie Veranlassung giebt[1]).

Der wesentlichste und grundlegendste Vorgang beim Wachsthum ist der Eiweissansatz; freilich aber nicht der einzige, denn normaler Weise ist die überschüssige Kost, die beim Kinde zum Wachsthum führt, die Muttermilch und diese sorgt neben dem Eiweissansatz für einen genügenden Ansatz an Fett (und Glykogen).

In unseren früheren Arbeiten haben wir zum ersten Mal experimentell an einem Falle zeigen können, wie trotz ungenügender Kost im Allgemeinen der Eiweissansatz beim Kinde weiter gehen kann.

Der kindliche Körper vermag aus den geringen Eiweissvorräthen der Muttermilch seinen Leib aufzubauen, indem er sich die kleinsten Nahrungsüberschüsse zu eigen macht.

So klein diese Ueberschüsse sind, in Procenten der Zufuhr ausgedrückt, sind sie doch nicht unbeträchtlich und darauf müssen wir noch etwas näher eingehen. In diesem Ansichreissen und Einsparen kleinster Vorräthe liegt vor Allem eine wichtige Wachsthumserscheinung des jugendlichen Organismus begründet.

Fassen wir zunächst den concreten Fall, den wir untersucht haben, ins Auge.

Von 1,99 g N der Zufuhr wurde bei dem Knaben 0,46 g angesetzt = 23,6 pCt. des Vorrathes; von der Zufuhr war nur 1,66 N wirklich Eiweiss, auf dieses berechnet kommt sogar ein Ansatz von 27,2 % zu Stande.

Indess, wir wollen nicht diesen Fall der Säuglingsernährung ge-

---

1) S. bei Rubner, Gesetze des Energieverbrauchs. S. 418.

trennt für sich betrachten, sondern im Zusammenhang mit den anderen von uns ausgeführten Versuchen, welche einen Säugling bei Muttermilchernährung und einen bei Kuhmilchkost betreffen. Wir glaubten schon früher wahrscheinlich gemacht zu haben, dass der grosse Eiweissreichthum der Kuhmilchkost keineswegs in gleichem Masse förderlich ist, als diesem Eiweissmehr der Zufuhr entspricht.[1]).

Wir wollen diese unsere früheren Betrachtungen mit verwerthen und vervollständigen.

Die untersuchten drei Kinder waren von ungleichem Körpergewicht. Schalten wir die dadurch bedingten Differenzen zunächst durch Berechnung aller Werthe der Zufuhr und des Ansatzes auf 1 kg Lebendgewicht (annähernd) aus, dann erhalten wir darauf die folgende Zusammenstellung:

Tabelle 7.

Werthe pro 1 kg Lebendgewicht pro Tag.

Kind	Nahrung	N-Zufuhr g	N-Ansatz g	Ansatz entspr. in pCt. der Zufuhr	N-Zufuhr = reines Eiweiss	N-Ansatz	Ansatz entspr. in pCt. der Zufuhr an Eiweiss	Gewicht des Kindes Kilo
A	Brust	0,160*	0,053	33,2	0,135	0,053	39,2	5
B	„	0,205**	0,048	23,6	0,161	0,048	27.2	10
C	Kuhmilch	0,530***	0,085	16,0	0,503	0,085	16,9	8

* Davon waren 15,7 pCt., ** 17,2 pCt., *** 5 pCt. Extract-N.

Die Brusternährung führte bei den untersuchten Kindern eine Nahrungsmenge, welche 0,160—0,205 g N täglich = 0,135—0,161 g N in Form von reinem Eiweiss entsprach, pro kg zu.

Bei der Kuhmilchernährung wurden 0,530 g N täglich pro kg geboten und zwar in einer durch Milchzucker künstlich gesüssten, also der Muttermilch ähnlicher gemachten Mischung.

Wie man sieht, steigt die Ansatzmöglichkeit, welche sich in den Zahlen des Stabes 5 ausdrückt, keineswegs mit der Menge des zugeführten Eiweisses, die Kuhmilch hat zwar absolut einen grösseren Ansatz als die Muttermilch erzielt, aber nicht relativ. Die relative Zahl bleibt bei Kuhmilch die kleinste. Auch bei grossem Nahrungsaufwand ist der Erfolg der Kuhmilch kleiner als bei der Muttermilch.

Tabelle 7 lehrt uns, dass das Kind bei der kleinsten Eiweissdosis den stärksten Eiweissansatz hatte. Denn 33,2 pCt. der ganzen Zufuhr wurden zum Ansatz verwerthet. Das grössere Kind B (dieses Versuchs) setzt bei 0,205 auch nicht mehr an, sogar etwas weniger, worauf wir noch zu sprechen kommen und beutet nur mehr 24 pCt. für den Ansatz aus, die reichliche Kuhmilchkost aber wird nur zu 16 pCt. für den Ansatz verwerthet.

So die unmittelbaren Ergebnisse. Es stecken aber in dieser Be-

1) Zeitschr. f. Biol. XXXVIII. S. 342.

rechnung noch zwei Ungleichartigkeiten und störende Einflüsse, nach deren Beseitigung die Resultate klarer hervortreten. Die eine liegt in der Verschiedenheit des Reineiweissgehaltes bei Frauen- und Kuhmilch. Erstere hat viel weniger Reineiweiss als letztere.

Stab 6, 7, 8 geben die Zahlen, welche sich auf die Werthe beziehen, die unter Zugrundelegung des Reineiweisses zu gewinnen sind. Aus diesem Material tritt jetzt noch schärfer der relativ starke Ansatz bei kleinen Dosen von Eiweiss im Werthe von über 39 pCt. der Zufuhr uns entgegen.

Am geeignetsten für den Vergleich sind offenbar die beiden gut genährten Kinder B und C, die sich auch im Gewichte sehr nahe stehen. Die Ungleichheiten des Ansatzes sind ferner keineswegs durch die Verschiedenheiten der Resorption zwischen Mutter- und Kuhmilch zu erklären.

Kind C schied in 7 Tagen 1,966 g N im Koth aus = 0,28 pro Tag und $\frac{0,28}{8}$ = 0,035 pro kg und Kind B 0,40 N pro Tag, also $\frac{0,40}{10}$ = 0,040 g pro kg und Tag.

Aber auch bei der Annahme, dass das resorbirte Eiweiss allein beim Vergleich herangezogen werden sollte, kommt die günstige Wirkung der kleinen Eiweissmenge der Muttermilch deutlichst zum Ausdruck. Denn von 100 Theilen Resorbirten wurden beim Brustkind 38,8, beim Kuhmilchkind 18,1 pCt. zum Ansatz gebracht.

Die Nahrungsmenge beider Kinder war sich im Energiewerth ausserordentlich ähnlich, grössere Unterschiede zeigt der Eiweissgehalt der Nahrung.

Tägliche Aufnahme in g:

	N	Fett	Milchzucker
Kuhmilchkost	4,26	32,9	74,8
Brustkind B	1,99	37,7	85,5

Die N-freien Stoffe differiren um einiges, das eine Kind (C) hat um 4,8 g weniger Fett als das andere (isodynam = 11,1 g Milchzucker), und um 10,7 g weniger Milchzucker verbraucht.

Wir sehen, was wir bereits früher, wenn auch nicht so gesichert aussprechen konnten[1]), den Unterschied zwischen Brust- und Kuhmilchernährung hier auf's Neue bestätigt.

Die vorliegenden Untersuchungen dürften Gelegenheit geben, uns etwas eingehender über die Verwerthung des Eiweisses bei der Kinderernährung auszusprechen.

Das mit der Nahrung zugeführte und resorbirte Eiweiss dient ganz verschiedenen Functionen.

Das Eiweiss, welches wir dem Kinde bei der Ernährung reichen, wird verbraucht einmal um das im Hungerzustande sonst zu Ver-

1) Zeitschr. f. Biol. XXXVI. S. 342.

lust gehende Eiweiss zu ersetzen, diese Menge wird nach den Thierversuchen schwer ersetzt durch einfache Eiweisszufuhr, leichter durch Eiweiss und Fett, am besten durch Eiweiss und Kohlehydrat. Die Menge des im Hunger zersetzten Eiweisses kann unter Umständen durch alleinige Gabe reichlicher Kohlehydrate stark herabgedrückt werden, ein Beweis, dass keineswegs immer all' dieses Eiweiss nur wieder durch Eiweisszufuhr gedeckt werden muss.

Das hängt aber mit dem Fettbestande des Thieres zusammen. Je fettärmer das Thier, um so mehr Eiweiss muss für das fehlende Fett im Hunger in die Zersetzung treten, bis fast ausschliesslich Eiweiss zerstört wird[1]) Das ist aber ein Eiweissverbrauch, der mit dem zweckmässigsten kleinsten Verbrauch eigentlich nichts zu schaffen hat.

Ein gewisses Minimum von Eiweiss ist als Ersatz also nothwendig. Ueberlegt man sich die Verhältnisse beim Kinde, so muss man sagen, dass die Brusternährung, indem sie den Eiweissumsatz auf 4 bis 7 pCt. des gesammten Energieverbrauchs herabdrückt, an sich Erstaunliches leistet. Bei hungernden Thieren ist man gewöhnt, auch bei gutem Fettpolster eine etwas grössere Betheiligung des Eiweisses am Kraftwechsel zu sehen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet ist das Resultat unseres 5. Versuchstages, an welchem das Kind nur Thee bekam, höchst bedeutungsvoll. Als wir dem Kinde gar kein Eiweiss reichten, hatte dasselbe kaum eine grössere N-Ausscheidung wie vorher bei Eiweisszufuhr, mit anderen Worten, es liegt hier eine eminent ökonomische Verwerthung des Eiweisses vor. Das Kind brauchte zu seiner Nahrung nicht mehr Eiweiss zu erhalten, als es ohne jede Eiweisszufuhr verbraucht hätte, und dabei war dieser Eiweissverbrauch relativ, zum Gesammtstoffwechsel betrachtet, ein ausserordentlich kleiner, nebenbei offenbar ein Beweis für den günstigen Ernährungszustand des Kindes überhaupt.

Der Gedanke, dass ein Kind, namentlich in der frühesten Lebensperiode, mit einem geringeren Eiweissminimum auskommen könne als späterhin, ist zum mindesten ventilirbar. Wir haben oben bemerkt, dass von dem Eiweissminimum bei Thieren sich immer noch bei reichlichen Kohlehydratgaben etwas ersparen lässt.

Die Ausnutzung und Verwerthung des Eiweisses der Nahrung für den Ersatz des im Hunger zu Stande kommenden Eiweissverlustes ist, wie neue Versuche von Rubner und Peters[2]) an ausgewachsenen Thieren ergeben haben, keine constante Grösse, sondern der Körper begnügt sich mit weniger Eiweisszufuhr bei gleichem Hungerminimum, je ärmer er an Eiweiss geworden ist, also im späteren Hungerstadium. Der Körper zieht also hier, wo es ihm dringend nöthig wird, das Eiweiss stärker an, als im gut genährten Zustande. Diese Erfahrungen legen, wie mir scheint, zum

1) S. bei Rubner, Zeitschr. f. Biol. XVII. S. 239 u. E. Voit, Ibid. XLI. S. 517.

2) Dieselben werden an anderer Stelle veröffentlicht werden.

mindesten den Gedanken nahe, es könnte auch der wachsende Organismus mit etwas anders gestalteten Kräften in dieser Hinsicht ausgerüstet sein, und mit Rücksicht auf die Wichtigkeit des Wachsthums dieses durch bessere Ausnutzung der Kost für die Zwecke der stofflichen Erhaltung indirect begünstigen.

Somit setzt sich der Eiweissverbrauch unseres Versuchskindes B. wahrscheinlich und überwiegend nur aus zwei Componenten zusammen: aus dem eben erörterten Ersatz für das im Hunger zu Grunde gehende Eiweiss und dem zum Ansatz verbrauchten.

Wenden wir uns also zunächst diesem zweiten Factor, der auf den Eiweissverbrauch von Einfluss ist, zu.

Das Wachsthum besteht in erster Linie in einer Anziehung des Eiweisses aus dem Säftestrom und in seiner Addition zu der lebenden Substanz.

Ueber die Art dieser Anfügung und der Möglichkeit verschiedener Modalitäten wollen wir hier hinweggehen.

Natürlich kann der Organismus nur wachsen, wenn er genügend Nahrung erhält, aber die vorhandene Nahrung bestimmt nicht allein das Wachsthum, denn dieses kann künstlich in der späteren Lebenszeit in keiner Weise und durch keine noch so üppige Eiweisszufuhr wieder belebt werden.

In soweit es sich um eine noch nicht der Wachsthumskraft genügende Eiweisszufuhr handelt, wird natürlich die Menge der Zufuhr und die Concentration des Eiweissstromes im Blute Einfluss auf den Ansatz üben können.

Mit einer solchen Erscheinung haben wir es im Falle B und C offenbar auch zu thun, nach reichlicher Milchzufuhr hätte sich bei den Brustkindern vermuthlich der Ansatz gegenüber den Leistungen der Kuhmilch noch gesteigert.

Sind aber einmal die Wachsthumsaffinitäten gesättigt oder nahe daran, so wird sich wahrscheinlich auch die Geschwindigkeit der Anziehung vermindern, das Eiweiss kreist länger und wird so anderweitigen Einflüssen ausgesetzt.

Die Wachsthumskraft nimmt von Woche zu Woche ab, der Ansatz wird aus inneren Gründen, die in der Zelle liegen, stetig kleiner und verliert sich schliesslich ganz. Die Wachsthumskraft ist beim Riesen eine andere als beim Zwerg, bei dem sie sich rasch erschöpft. Es wird jedem ein bestimmter Theil einer solchen Wachsthumskraft für die Nährstoffe zur Organbildung vererbt. Man kann die Aeusserungen der Wachsthumskraft hemmen, oder durch Beseitigung von Hemmnissen die natürlichen Kräfte sich entfalten lassen; sie ergänzen und steigern, wo sie fehlen, kann man bisher nicht.

Mit diesen, aus den allgemeinen Wachsthumsgesetzen ohne Weiteres abzuleitenden Sätzen steht unsere experimentelle Erfahrung ganz im Einklang. Das Wachsthum äusserte sich am kräftigsten bei dem jüngsten Kinde trotz der gleichfalls recht geringen Zufuhr an Nahrung überhaupt und wird später (Kind B) bei Verdoppelung des Körpergewichts schon beträchtlich kleiner.

Neben Stoffersatz und Wachsthum dient das Eiweiss in den meisten

Fällen noch einer dritten Function, es wird verbrannt, und wirkt wie die sonstigen Nahrungsstoffe. Diese sogenannte Verbrennung bedarf noch einer näheren Erläuterung.

Der Eiweissverbrauch (V) ist gleich der Summe der zum Ersatz (Eiweissminimum) nöthigen Menge E, der zum Wachsthum dienenden W und der dem Umsatz und der Zersetzung anheimfallenden Z. $V = E + W + Z$.

Beim Kind scheint mit Stoffersatz und Wachsthum ($E + W$) allein die Rolle des Eiweissverbrauchs zu Ende zu sein, je mehr es reift, und beim Erwachsenen tritt die Eiweisszerstörung (Z) aus anderen Gründen in die Erscheinung.

Das im Blut und den Säften kreisende, aber nicht zu stofflichen Zwecken — Ersatz und Wachsthum — benutzte Eiweiss wird sehr rasch einer Zerstörung anheimfallen, die sich zunächst auf eine einfache Spaltung in einen N-haltigen und N-freien Theil beschränken dürfte[1]). Dieser Process ist ein solcher, bei dem verhältnissmässig wenig Energie frei wird, der Umsatz der letzteren lässt sich aber aus gewissen Vorgängen des Gesammtstoffwechsels ableiten[2]). (Dynamische Wirkung des Eiweisses.)

Der Vorgang ist von Rubner als ein fermentativer aufgefasst worden[3]), eine Anschauung, die auch von M. Gruber vertreten wird, und durch die Auffindung gewisser eiweissspaltender Fermente von Seiten Kossel's eine weitere Stütze erhält.

Das Eiweiss, welches über den Bedarf des Ersatzes (E) und des Wachsthums (W) hinaus aufgenommen wird, vertritt dann die sonst verbrauchten Nahrungsstoffe, Fett oder Kohlehydrat, ist also in gewissem Sinne eine überflüssige Zufuhr und zudem unter Umständen durch die dynamischen Wirkungen ein an sich entbehrlicher Energieverbrauch[4]).

Diese zerstörende Wirkung auf Eiweiss (Z) macht sich neben dem Eiweissverbrauch für das Eiweissminimum (E) beim Erwachsenen allein geltend, wenn nicht temporär für etwa vorher zu Grunde gegangenes Eiweiss ein Wiederersatz, also ein dem Wachsthum ähnlicher Vorgang, durch die körperlichen Verhältnisse bedingt ist.

Der Körper ist im Stande, ausserordentlich grosse Mengen von Eiweiss zu zersetzen, er entledigt sich des im Ueberschuss zugeführten Eiweisses zum Mindesten durch die Spaltung und eventuelle Aufspeicherung der N-freien Reste, den er als Reservestoff (Glykogen oder Aehnliches) abzulegen befähigt ist.

Ob wir zu diesem Behufe über gleichbleibende Fermentmengen im Körper verfügen, ob Eiweisszufuhr die Bildung der eiweisszersetzenden Fermente anregt, sind zur Zeit offene Fragen. Aus dem Fehlen der Eiweissmast grösseren Stils und dem Bestehen der Fettmast von bisweilen unglaublichem Umfange ersieht man aber doch, dass der Körper durch seine Organisation sich jeder unnöthigen und unerträglichen Ueber-

1) S. Rubner, Zeitschr. f. Biol. XIX. S. 391.
2) Gesetze des Energieverbrauchs. S. 313 ff.
3) Physiologie der Nahrung und Ernährung in v. Leyden's Handbuch. S. 80.
4) Gesetz. des Energieverbrauchs. S. 119.

fluthung mit Eiweiss (die wir übrigens beim Menschen kaum erzielen können) entledigt.

Die allmälige Abnahme des Wachsthums bei der Entwicklung kann man durch die Annahme eines allmäligen Anwachsens der eiweissspaltenden Fermente nicht erklären, denn über diese verfügt schon das Thier in den allerfrühesten Zeiten seiner Entwicklung, und zwar im vollsten Umfange wie später.

Die Eigenartigkeit des kindlichen Eiweissstoffwechsels besteht darin, dass er sich fast nur auf den Verbrauch von Eiweiss zum Wiederersatz der Verluste (E) und Wachsthum beschränkt (W).

Daraus folgt weiter, dass bei dieser Art der Ernährung die dynamische Wirkung des Eiweisses im Kraftwechsel annähernd = 0 wird, der Aufbau des Körpers also sozusagen nach dem ökonomischesten Princip geleitet wird.

II. Der Kraftwechsel.

Die Bilanz des Kraftwechsels lässt sich im vorliegenden Falle in sehr bequemer Weise berechnen. Da das Kind die ihm täglich gereichte Muttermilch aufbrauchte und noch dazu 2,1 g Kohlenstoff vom Körper — den man als Glykogen „oder Fettkohlenstoff" betrachten kann — dazuschoss, ergiebt sich die Energiezufuhr aus dem Kalorienwerth der Milch, vermehrt um den Verbrennungswerth der eben genannten 2,1 g Kohlenstoff.

Von dieser Einnahme ist in Abzug zu bringen der Werth des zum **Wachsthum** verbrauchten Eiweisses, ferner der Werth für die Abfallsproducte Harn und Koth.

Direct untersucht wurde kalorimetrisch Milch, Harn und Koth, für Eiweissansatz und Kohlenstoffabgabe liessen sich die entsprechenden kalorischen Werthe um so leichter und mit zureichender Genauigkeit angeben, als diese Correcturen im Verhältniss zu den energetischen Umsetzungen im Ganzen von keinem Belange sind.

Nachstehende Tabelle enthält die nöthigen Angaben.

Tabelle 8.

Bilanz des Kraftwechsels (2., 3., 4. Tag) im Mittel.

Milch trocken aufgen.	1 g liefert Cal.	a Cal. aus Milch	b dazu f. verbr. Fett i. Körper	Summe a u. b	N-Ansatz in g	c Wärmewerth dies. Ansatz.*	Harn-N	1 N im Harn giebt	Summe d. Cal. im Harn	Kothtrockens.	1 g Koth liefert Cal. **	Summe der Cal. im Koth	Summe c, d, e
128,3	5,371	689,1	25,9 ***	715,1	0,46	17,38	1,13	11,19	12,63	5,39	4,575	24,6	54,61

* 1 N als Ansatz = 37,8 Cal. — ** Nach dem Mittel früherer Versuche. — *** Oder in 1 C = 9,43 Cal. bei Glykogen = 2,1 × 9,43 = 19,8 Cal.

Aus vorstehender Tabelle folgt als Ergebniss:

Kalorien in der verzehrten Milch und Fett vom Körper [event. Glykogen[1])]	715,1
Ausgaben an Harn und Koth, sowie Correctur für den Eiweissansatz	54,6
wirklicher Kraftwechsel	660,5

bei einem Körpergewicht von 9,77 kg trifft auf 1 kg per 24 Stunden 67,60 Kal., auf 1 qm Oberfläche 1219 Kal.

Die Grösse des Umsatzes interessirt uns weniger für den concreten Fall allein, als vielmehr durch seine Beziehung zu den Umsetzungen und dem Energieverbrauch von Kindern bei anderer Ernährung oder derselben Ernährung unter anderen Lebensumständen.

Ist auch die Messung des Kraftwechsels selbst die einwandfreieste Methode für die Bewerthung der wesentlichsten Lebensleistungen, so finden noch immer und mit einer gewissen Berechtigung die respiratorischen Leistungen Beachtung, und von diesem Gesichtspunkte ausgehend mag es erlaubt sein, vorerst nochmals zurückzugreifen auf die Kohlensäureausscheidung und mit Rücksicht auf letztere einen Vergleich unseres neuen Experiments mit den früheren Ergebnissen durchzuführen.

Nachfolgende Tabelle giebt die Werthe der CO_2-Ausscheidung, berechnet für den einzelnen Tag; wir nehmen aber wie sonst als maassgebend das Mittel des 2., 3. und 4. Tages.

Tabelle 9.

Tag	Gewicht im Mittel	pro 1 qm Oberfläche CO_2 in 1 Std.	Mittel 2—4
1.	9,73	21,42	—
2.	9,78	16,84	17,39
3.	9,79	17,45	
4.	9,74	17,90	
5.	9,63	17,66	—

Oberfläche 0,542 qm p. 1—4 Tage, Oberfläche 0,538 qm am 5. Tage.

Wir vergleichen die Ergebnisse mit unseren früheren Untersuchungen an anderen Kindern. Dabei zeigt sich als CO_2-Ausscheidung für gleiche Körperoberfläche gerechnet:

	Körpergew. in kg.	CO_2 p. 1 qm Oberfl. in 1 Stunde
Atrophisches Kind	3	17,1
Brustkind	5	13,5
Kuhmilchkind	8	15,9
Brustkind	10	17,4

1) S. Notiz der Tabelle.

Wie schon aus den eingangs gemachten Darlegungen zu erwarten war, ist die Kohlensäureausscheidung des unruhigen Brustkindes dieser Versuchsreihe nicht unerheblich grösser als die eines ihm sonst im Gewicht nahestehenden Kindes von 8 kg und des Brustkindes der früheren Versuchsreihe.

Dasselbe Ergebniss, nur eben exacter, giebt uns der Vergleich des Kraftwechsels selbst.

Die entsprechenden Kraftwechselwerthe sind folgende, wobei wir bemerken, dass die zum Wachsthum verwertheten Stoffe, der Ansatz, bei der Berechnung in Abzug gebracht worden sind.

	pro 1 qm Oberfläche u. pro Tag Cal.	Gewicht des Versuchs-Kindes in kg.
Atrophisches Kind (Kuhmilch) . . .	1090	3
Brustkind	1006	5
Kind (Kuhmilch)	1143	8
„ (Brust, dieser Versuch) . .	1219	10

Da hier alle Ungleichheiten der Grösse der Kinder durch Rechnung beseitigt sind, lässt sich ein Vergleich der Versuchsergebnisse genügend einwandfrei durchführen. Es kommt vor allem darauf an, die Grösse des durch die Unruhe des Kindes bedingten Kraftwechsels zu schätzen. Zu einem solchen Vergleiche können die beiden Brustkinder dienen. Das früher von uns beobachtete hatte einen Kraftwechsel von 1006 Kal. pro 1 qm Oberfläche, in dieser Versuchsreihe finden wir aber 1219, thatsächlich, wie wir erwartet, mehr als bei dem ruhigen Kinde. Das Mehr des Kraftwechsels durch die grössere Lebhaftigkeit des Kindes beträgt somit im Tagesdurchschnitt + 21,1 pCt. und ist dies ein für biologische Vorgänge recht erheblicher Zuwachs.

III. Die Wasserausscheidung.

Bei Betrachtung der Ausscheidung des Wassers können wir über das im Harn und Koth abgegebene Wasser kurz hinweggehen. Unser Versuchskind bietet dasselbe Bild, wie es beim Säugling die Regel zu sein scheint, eine grosse Masse von Wasser tritt im Harn aus dem Körper, der letztere ist dementsprechend blass und enthält wenig feste Bestandtheile. Aber auf einen anderen Punkt lenkt sich unsere Aufmerksamkeit, auf die Ausscheidung des Wasserdampfes durch Haut und Lunge[1]).

Dieselbe bietet dieses Mal ganz besonderes Interesse.

Dieses ist das erste Kind, welches von der Lungengymnastik durch Schreien, wenn es wach war, einen erheblichen Gebrauch machte. Zweifellos ist dies auch die Ursache einer vermehrten Wasserdampf-

1) Temperatur und Feuchtigkeit schwankt sehr wenig im Versuch.

22°	56 pCt.
23°	52 „
22°	40 „
22°	49 „
21°	60 „

ausscheidung. Dazu bedarf es gar keiner directen Messung, denn sobald das Kind stärker zu schreien anfing, beschlug sich der Respirationskasten vorübergehend mit Wasser, das aber in der nächsten Ruheperiode wieder verdunstete und mit der Ventilationsluft abgeführt wurde. Freilich wird beim Schreien und der Unruhe des Kindes keineswegs nur durch den Athemprocess mehr Wasserdampf abgegeben, sondern auch wegen vermehrter Wärmeproduction durch die Thätigkeit und Spannung der Muskeln, die bei dem Schreiact in Action treten und durch anderweitige mehr oder minder wechselnde Mitbewegungen.

Der Eine von uns hat bei einem Manne mittleren Körpergewichts bei 20° und einer Feuchtigkeit von 50 pCt. gefunden, dass durch die Lunge allein folgende Wasserdampfmengen austreten[1]:

bei ruhigem Athmen . . .	17 g	pro Stunde,
„ tiefem „ . . .	19 g	„ „
„ lautem Lesen.	28 g	„ „
beim Singen	34 g	„ „

Derselbe Mann gab bei 22° Wärme und 50 pCt. Feuchtigkeit in der Ruhe und bei gleichmässiger Athmung 22 g Wasser durchschnittlich durch Haut und Lunge ab, wie andere Versuche ergeben haben. Im Vergleich hierzu zeigt demnach die lebhaftere Lungenventilation zweifellos einen nicht unerheblichen Zuwachs an Wasserdampfausscheidung; dass aber unter geeigneten Verhältnissen die Haut als Ausscheidungsorgan viel mehr leistet als die Lunge, ist allerdings eine leicht zu beweisende Thatsache. —

Wir dürfen also wohl annehmen, dass bei den Kindern durch das Schreien schon wegen der Zunahme des geathmeten Luftvolums ein immerhin erheblicher Wasserverlust eintritt.

Die eine Thatsache, dass dieses Kind reichlich mehr Wasser abgab, als andere, unter den nämlichen Bedingungen gehaltene, können wir leicht beweisen. Wir geben in Nachstehendem tabellarisch die nöthigen Daten.

Um die ungleiche Grösse der Versuchskinder auszuschalten, sind alle Werthe auf gleiche Oberfläche gerechnet.

Tabelle 10.

	kg	Temp.	pCt. Feuchtigk.	Zahl der Versuche	g Wasser pro 1 qm
Säugling Muttermilch	5	21	38	5	546
„ Kuhmilch	7.5	20	42	7	735
„ Muttermilch	9,8	22	50	3	849

Die Mehrausscheidung an Wasser ist ganz unerkennbar, auch wenn wir, um eine möglichst sichere Vergleichsbasis zu gewinnen, die beiden ersten Versuchsreihen des Brustkindes und des Kindes mit Kuhmilchkost

1) Rubner, Arch. f. Hyg. XXXIII. Bd. 154.

zusammenlegen (= 640 g im Mittel pro 1 qm), finden wir immer noch eine Steigung um + **32,6 pCt.**

Diese starke Wasserdampfabgabe bedingt auch offenbar eine andere Vertheilung der Wärmeabgabe, weil diese letztere nicht in demselben Maasse wie die Wasserabgabe gestiegen ist. Man findet bei diesem Kinde 45,1 pCt. des gesammten Kraftwechsels gedeckt durch die Wasserverdunstung, eine für diese Temperatur und Feuchtigkeit recht hohe Zahl.

Durch das Schreien des Kindes wächst die Wasserdampfabgabe eines Kindes offenbar rascher, als die durch die Schreiarbeit bedingte körperliche Leistung die Wärmeproduction steigert.

Der Wassergehalt des Körpers ist kein absolut constanter, zeitweise kann von dem Vorrath abgegeben werden, zeitweise im Körper Wasser zurückbleiben und die Organe wässeriger machen. Diese Thatsachen sind schon lange bekannt, aber man hat in neuerer Zeit dieser Frage ein erhöhtes Interesse zugewandt. Die Veränderungen sind theils solche, welche ohne weitgehende Störungen der normalen Functionen verlaufen können, theils kommen pathologische Zustände zur Erscheinung, unter denen die Wirkungen der Wasserentziehung die bekannteren sind. Die Vorgänge hängen zum Theil mit Ernährungszuständen zusammen, zum Theil mit Einwirkungen meteorologischer Einflüsse, zum Theil sind aber die wirkenden Ursachen noch gar nicht näher bekannt.

Die Wasserbilanz lässt sich in unserem Versuche ganz befriedigend aufstellen.

Tabelle 11.
Wasserbilanz (2., 3., 4. Tag).

Wasser in Milch	Oxydat.-Wasser	Summe der Aufnahme	Wasserabgabe			Summe	Differenz +
			Harn	Koth	Respir.		
1125	89	1214	616	40*	460	1116	98

* 2, 3, 4 getrennt berechnet, nicht wie sonst im Mittel von 1—4. Dies ist nothwendig, weil ja die Bilanz des 2., 3., 4. Tages für sich berechnet werden muss.

Die Wasseraufnahme setzt sich zusammen aus dem Wasser der verzehrten Milch und dem bei der Verbrennung der Milch im Körper entstandenen sogenannten Oxydationswasser, die Ausgaben bestehen in dem Wasserverlust durch Respiration, Harn und Koth.

Zur Berechnung bemerken wir Folgendes:

Das Oxydationswasser, welches die Nahrungsmittel im Körper bei der Verbrennung liefern, ist für Fett (Butterfett) und Milchzucker genau anzugeben.

Für das Eiweiss ist die Angabe weniger sicher, weil wir keine besondere Analyse des Wasserstoffs für Harn und Koth ausgeführt haben.

Im Casein trifft, der elementaren Zusammensetzung gemäss, auf 1 N 4,25 g Oxydationswasser, wovon das Oxydationswasser, welches im Harn steckt und in den Kothantheilen, noch besonders berechnet werden müsste.

Man könnte dabei etwa den Harn und Koth nach Fleischfütterung in Parallele ziehen. Im Fleischharn trifft auf 1 N 1,6 Thl. Oxydationswasser.

Für den Koth kann man nur annehmen, dass die specifischen Kothantheile sich alle wie der aus Verdauungsrückständen bestehende Fleischkoth zusammensetzen, aber Milchkoth enthielt noch darüber hinaus so reichlich Fett (= 6 pCt. Zusatz), dass dieser Umstand nicht übersehen werden darf.

Wir stellen daher folgende Rechnung für das Oxydationswasser auf:

		Oxydationswasser
N-Umsatz = 1,6 g × 4,25		= 6,8 g
davon ab für 1,1 N-Umsatz im Harn selbst 1,1×1,6 .		= 1,8 g
bleibt für einen Tag		= 5,0 g
dazu für Butterfett (1 g = 1,07)		= 40,3 g
„ „ Milchzucker (1 g = 0,58)		= 46,7 g
„ „ 2,6 g Körperfett		= 2,8 g
Summe		= 94,8 g
davon ab für den Koth [1 N = 9 Oxydationswasser[1])] 0,4×9	= 3,6 g	
davon ab für 6 pCt. Verlust des Fettes im Koth	= 2,4 g	
	= 6,0 g	6,0 g
bleibt als Oxydationswasser		= 88,8 g

Man sieht, die zweifelhaften Posten bei dieser Correctur sind so belanglos, dass es sich nicht lohnt, noch weiter darüber Worte zu verlieren. Wir sehen also rund 89 g als Menge des Oxydationswassers an.

Die Rechnung ergiebt demnach (s. Tab. 11), dass 98 g Wasser im Körper verblieben sind, und zwar als Durchschnitt der Umsetzungen der drei Tage (2., 3., 4.).

Wir müssen zurückgreifen auf die früheren Stoffwechselergebnisse.

Wir fanden täglich 0,46 N[2]) als Ansatz — Gewichtsvermehrung, und 2,1 g Kohlenstoff = 4,7 Glykogen (ca. 2,6 g Fett) als Gewichtsminderung.

Also folgende Aufrechnung in runden Zahlen:

Gewichtszunahme:	Gewichtsabnahme:
98 g Wasseransatz	5 g Glykogen
3 g Caseinansatz	
101 g	
— 5 g	
Soll = 96 g Zuwachs.	

Thatsächlich betrug das Gewicht am Ende des 4. Tages 9760 g, und am Beginn des 2. Tages . . . . . 9510 g,
somit mehr . . . 250 g.

1) Zahl für Fleischkoth.

2) Casein = 15,5 pCt. N; 1 N also = 6,5 g trockenes Casein.

Für 3 Tage und für einen Tag + 83 g,
damit stimmt die Rechnung „ + 96 g genügend überein, wenn man bedenkt, auf wie viele Einzelbeobachtungen sich eine solche Bilanz gründen muss.

Im Uebrigen sind wir in der Lage, eine Fehlerquelle in ihrer Grösse noch genügend scharf einzuschätzen. Wir haben in der Tabelle 3 S. 6 den unmittelbar gewonnenen Harn und nicht den im Waschwasser enthaltenen Antheil angegeben. Dieser letztere lässt sich berechnen. Aus den analytischen Werthen ergiebt sich im Mittel eine Tagescorrectur von 2,1 pCt.; für 616 g Harnwasser $= \left(\frac{616 \times 2,1}{100}\right) = + 12,9$ g.

Steigt die Menge der Wasserabgabe somit um rund + 13 ccm, so ändert sich die Bilanz 1214 (S. o. S. 22) — 1116 in 1214 g,

$$\begin{array}{r} -\ 1129\ \text{g}, \\ \hline =\ \ 85\ \text{g}. \end{array}$$

Somit folgt in Modification der obigen Zahlen:

	Gewichtszunahme:	Gewichtsabnahme:
nach der Wasserbildung	85 g Wasser	5 g Glykogen
	+ 3 g Casein	
	= 88	
	5	
Soll	= 83 g Gewichtszuwachs pro kg,	
gefunden	83 g pro kg.	

Wir haben hier also einen Fall, in welchem vorübergehend eine Wasseranspeicherung eintritt. Nur ein Theil dieses Wassers kann durch Bindung beim Wachsthum erklärt werden. Denn 0,46 N als Organansatz gerechnet, konnten nach den Beobachtungen des Einen von uns an Thieren kaum mehr als 15 g Wasser in Anspruch nehmen. Diese von 83 bezw. 94 (s. o.) abgezogen, giebt immer noch 68 bezw. 79 g Wasseransatz (= 0,7—0,8 pCt. des Gesammtgewichts des betreffenden Kindes).

Dieses Beispiel zeigt aufs Neue, wie unsicher einfache während einiger Tage ausgeführte Gewichtsbestimmungen zur Beurtheilung des Körperzustandes eines Kindes sind.

IV. Der physiologische Nutzeffect der Muttermilch.

Bei den spärlichen Kenntnissen von der energetischen Verwerthung der Muttermilch mag noch der physiologische Nutzeffect für unser Versuchskind (B) den Werthen des früher beobachteten Kindes (A) gegenübergestellt sein.

Unter physiologischem Nutzeffect hat man bekanntlich die Zahl zu verstehen, welche angiebt, wie viel von 100 eingeführten Kalorien im Körper wirklich verwerthet werden können. Durch den Harn und durch die Kothbildung verliert jedes Nahrungsmittel mehr oder minder grosse Antheile an Energie.

In nachfolgender Tabelle sind die Zahlenergebnisse eingetragen:

Tabelle 12.
Von 100 Cal.

	A	B
Verlust insgesammt	8,4	6,0
„ durch Harn	2,6	2,5
„ „ Koth	5,8	3,6

Die beiden in Vergleich gestellten Brustkinder zeigen demnach geringfügige aber zweifellose Verschiedenheiten in Ausnutzung der Milch.

Der Nutzeffect war bei A 91,6 pCt.
„ B 94,0 „

B gewann also stets um 2,4 pCt. mehr Energie für den Körper als A. Der Grund muss entweder in einer besonders günstigen Beschaffenheit des Kindes B oder aber in Milchverschiedenheiten, die analytisch noch nicht aufzudecken sind, gesucht werden.