

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Kiel
[Direktor: Prof. Dr. Kisskalt].)

Gebiß und Verdauung.

Von
Franz Schütz.

Mit 5 Textabbildungen.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung (S. 279—280).

I. Bisherige Literatur (S. 281—286).

II. Gebiß und Zerkleinerung (S. 287—303).

Methodik der Untersuchung der Zerkleinerung (S. 287—288).

Methodik der Gebißverschlechterung oder -verbesserung (S. 288—289).

Resultate (S. 290—292).

Kontrolle durch anatomisch-mechanische Messungen (S. 292—303).

Kaufläche (S. 293).

Methodik (S. 293—294).

Resultate (S. 295—298).

Kaudruck (S. 298—303).

III. Gebiß und Ausnützung der Nahrung (S. 303—316).

Methodik (S. 305).

Ausnützungsversuch 2.—3. III. 1920 (S. 305—309).

Ausnützungsversuch 7.—20. XII. 1920 (S. 309—315).

Schluß. Zusammenfassung (S. 316).

„Gut gekaut, halb verdaut!“ ist ein alter Spruch, dessen Wahrheit der Mensch zwar schon vor Jahrhunderten eingesehen hat, der aber, namentlich in der Neuzeit, von Nervösen und Vielbeschäftigten oder auch von solchen, die die Aufgabe der Zerkleinerung der Nahrung den Zubereitungen in der Küche zuweisen, sehr zu ihrem eigenen Schaden wieder vergessen worden ist. Und doch „haben“, wie Tigerstedt¹⁾ sagt, „die Kaubewegungen die Aufgabe, die in den Mund aufgenommene Speise mechanisch zu zerteilen und sie mit Speichel zu durchtränken, so daß daraus ein zum Verschlucken geeigneter Bissen entsteht“. Diese Einzelbissen²⁾ sollen nicht zu groß sein, damit die verdaulichen Teile der Nahrung den Enzymen des Körpers, deren erstes ja bereits in der Mundhöhle zur Wirkung gelangt, möglichst zugänglich sind. Da die zertrümmernde Wirkung von Magen und Darm nur durch chemische, nicht mechanische Arbeit wie im Munde geleistet werden

kann, so ist von vornherein anzunehmen, daß tatsächlich die Wirkung der Zähne nicht hoch genug zu bewerten ist. Auch durch das Kochen und die übrigen Vorbereitungen in der Küche wird die Zerkleinerung im Munde nicht unnötig gemacht. Bleibt der verschluckte Bissen zu groß, so wird er von den Verdauungssäften nur oberflächlich durchtränkt, es gelangen auf diese Weise Substanzen auch in tiefere Darmteile, die schon in den oberen Partien hätten vollständig verdaut oder durch Andauen vorbereitet werden sollen. So wird z. B. gewissen Krankheiten, wie der Gärungsdyspepsie, der Boden bereitet. Besteht eine mangelhafte Zerkleinerung der Nahrung auf längere Zeit, Jahre hinaus, so tritt bei der dauernden Verschleuderung von ursprünglich ausnutzbaren Nährstoffen entweder eine mangelhafte Gesamternährung des betreffenden Organismus ein, oder es müssen, um die dauernden Verluste wieder wettzumachen, größere Nahrungsmengen als normal verzehrt werden. Es ist daher immer wieder von Ärzten und Laien auf ein gutes Kauen und langsames Essen hingewiesen worden. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es nun, den Einfluß der Zähne auf den Zerkleinerungs- und Ausnützungsprozeß der eingeführten Nahrung zu untersuchen.

Die Kaufähigkeit an und für sich hängt ja nicht nur von dem Zahnzustand ab, sondern noch von einer Reihe anderer Faktoren. Hier spielen die Kaumuskeln, beiderseits der Masseter, der Pterygoidus internus und externus, der Temporalis, sowie die Gesamtmuskulatur der Zunge, der Lippen und der Wangen eine große Rolle. Während die erstgenannten¹⁾ Muskeln dem Unterkiefer nach oben, nach vorn und hinten sowie nach den Seiten ziehende Bewegungen verleihen, schieben die Muskeln der Zunge, der Lippen und Wangen die Substanzen zwischen die Zähne. Auch durch Pressen der Zunge an den harten Gaumen tritt ein Zerdrücken und Zerquetschen der Nahrung, wenn auch in geringem Umfange, ein. Die Hauptrolle bei der Zerkleinerung der Nahrung ist jedoch den Zähnen zuzuweisen, sie schneiden und mahlen wie scharfe Meißel und harte Mühlsteine und bringen daher eine viel ausgiebigere Zerteilung der Nahrung hervor als Zunge, Gaumen und Wangen, deren Wirkung nur als akzessorisch bezeichnet werden kann. Es soll jedoch bereits hier darauf hingewiesen werden, daß diese akzessorische Wirkung sich unter geeigneten Umständen anscheinend weiter entwickeln und ausbauen kann. Die Gewöhnung z. B. an ein Zerkleinern ohne Zähne spielt wahrscheinlich eine größere Rolle, als man im ersten Moment anzunehmen geneigt ist. Hierauf soll weiter unten noch ausführlicher eingegangen werden. Sicher jedoch ist, daß diese Fähigkeit, die Nahrung ohne Zähne zu zerkleinern, bei den verschiedenen Menschen verschieden stark ausgebildet ist, sowie daß sie in jedem einzelnen Fall eine bestimmte Grenze hat, die die normalen Werte nicht überschreiten

dürfte, so daß auch selbst in diesen Fällen der Wert der kaukräftigen Zähne bedeutend größer ist.

Untersuchungen über den Einfluß des Gebisses auf die Verdaulichkeit der Speisen liegen seit der Wende des Jahrhunderts vor. Und zwar sind diese Untersuchungen nach den verschiedensten Richtungen und mit den verschiedensten Untersuchungsmethoden angestellt.

Schreuer und Riegel⁴⁾ untersuchten die Bedeutung des Kauaktes für die Magensaftsekretion mit Hilfe des Probefrühstücks. Sie fanden eine Anregung der Magensaftsekretion durch den Kauakt. Wurden die Speisen mit Hilfe der Sonde, also unter Umgehung der Kautätigkeit eingeführt, so sank die Magensaftsekretion besonders, wenn es sich um Kohlenhydrate handelte. Wurden Eiweißstoffe gegeben, so war der gesunde Magen infolge des direkten intensiven Reizes dieser Stoffe auf die Magenschleimhaut imstande, die durch Ausfall der Kautätigkeit bedingten Verminderung der Sekretion wieder auszugleichen. Der subacide Magen war hierzu jedoch nicht in der Lage.

In derselben Richtung wie bei Schreuer und Riegel liegen eine ganze Reihe von anderen Untersuchungen und Beobachtungen. So wurde, worauf Bauer und Schur³²⁾ in einer erst kürzlich erschienenen Arbeit hinweisen, eine psychische Magensaftsekretion bereits 1851 von Bidder und Schmidt beobachtet. Die späteren Untersuchungen gruppieren sich vornehmlich um die klassisch gewordenen Versuche von Pawlow an Hunden; es ist hier jedoch nicht der Ort, die einzelnen Autoren, die auf diesem Gebiet gearbeitet haben, alle aufzuzählen. Es zeigte sich, daß der Magensaft zu fließen beginnt, wenn der Kauakt in Gang kommt. Bauer und Schur kommen auf Grund ihrer Ausheberungsversuche zu dem Resultat, daß der Kauakt nicht nur wegen der Zerkleinerung und vorbereitenden chemischen Verdauung der Nahrung von Bedeutung ist, sondern auch deshalb, weil er die Magensaftsekretion in Gang setzt, noch ehe Ingesta in den Magen gelangt sind. Diese Anregung der Magensaftsekretion erfolgt weder durch die mechanischen, noch durch die chemischen Reize während des Kauens direkt, sie erfolgt vielmehr ausschließlich durch die ausgiebige Erregung der Geschmacksempfindungen und durch das Gefühl des Appetits. Dieser von Pawlow im Tierversuch festgelegte Mechanismus gilt in vollem Umfang auch für den Menschen.

Fermi^{5) 6)} stellte an Hunden und im Reagensglas ausgedehnte Versuche über die Verdaulichkeit der Speisen im Magen, ihre Verweildauer und ihre Lösung im Magensaft an. Er kommt zu dem Schluß, daß, je mehr eine Speise der Magensaftwirkung widersteht, um so notwendiger das Kauen sei; bei Magenbeschwerden und fieberhaften Krankheiten bedeute unvollständiges Kauen einen großen Nachteil.

Die Dauer der Mastikation richte sich nach Temperatur, Alter und Beschäftigung, sie variere bei Krankheiten, mit dem Appetit, mit der Quantität und der Art der Zubereitung. Die Anzahl der Mastikationsakte stehe im Verhältnis zu der Leichtigkeit, mit der eine Speise sich zermahlen, durchspeicheln und zum Bolus zusammenbringen lasse, dagegen nicht zu der eingeleiteten Saccharifikation, dem mehr oder minder fortgeschrittenen Punkte der Mundverdauung. Werden Getränke oder weiche Speisen zugegeben, so vermindert sich die Zahl der Mastikationsakte. Der Mensch kaut mehr als das Tier, der Erwachsene mehr als das Kind. Die Durchschnittszahl der Mastikationsakte sei 32, z. B. beim Brot, die niedrigste 14—20; unter 8—10 würden die Speisen nicht verschluckt. Allzu langes Kauen sei schädlich, da breiartige Speisen die Magensaftsekretion nicht genügend anregen. Brot werde richtig ausgenützt, wenn jeder Bissen (20—30 g) 32—40 mal gekaut würde.

Die größere oder geringere Zermahlung der Speisen führe zu einer schnelleren oder langsameren Verdauung.

Lehmann^{7) 8)} berichtet bereits 1900 über eigene und in Gemeinschaft mit Gaudenz angestellte Versuche über die Zerkleinerung und Lösung der Speisen beim Kauen, sowie 1902 über die Bedeutung der Zerkleinerung und des Kochens der Speisen für die Verdauung. Auf die von Gaudenz genauer beschriebene Methode der Untersuchung der Zerkleinerung der aufgenommenen Nahrung wird weiter unten ausführlich eingegangen, da diese Methode auch den in dieser Arbeit beschriebenen Versuchen zugrunde gelegt ist. Animalische (Fleisch, Käse, gekochtes Hühnereiweiß, Preßsack) und vegetabilische (gekochte Rüben, Rettich, Äpfel, gekochte Kartoffeln, Makkaroni) Nahrungsmittel wurden untersucht. Von den animalischen wurde Fleisch am schlechtesten, Käse und Preßsack am besten, von den vegetabilischen Nahrungsmitteln wurden die Rüben am besten zerkleinert. Die Löslichkeit wurde in Reagensglasversuchen mit künstlichem Magensaft oder Wasser bzw. 1proz. Diastaselösung bestimmt. Die Aufschließung von Nahrungsmitteln war durchaus verschieden, je nachdem, ob grobe oder feine Teilchen verdaut werden sollten. Mit Zunahme der Zerkleinerung der Speisen stieg die Menge des gelösten Eiweißes oder des gelösten Zuckers, bei gekochten Speisen war übrigens die Lösung des Zuckers größer als bei rohen. Die Vegetabilien erwiesen sich bei weitem besser löslich als die Animalien; einerlei ob es zucker- oder stärkehaltige Nahrungsmittel waren, stets wurden 30—50% in $\frac{1}{2}$ Minute gelöst, wie es von Weinstein unter Johannes Müllers Leitung bereits früher ähnlich festgestellt wurde. Hier lösten sich 57% der Brottrockensubstanz in der Minute. Lehmann weist auf die große Bedeutung eines guten Gebisses hin, da durch dieses die Speisen außerordentlich

fein zerkleinert werden, während größere Teilchen beim Schlucken im Munde zurückbleiben, gewissermaßen abfiltriert werden.

Neuerdings teilt Jürgensen²⁾ die Kost in verschiedene Stufen der Bekömmlichkeit ein je nach dem Grade der Zerteilung des eingeführten Materials. Dies ist besonders wichtig bei Magendarmkranken, aber auch für die verschiedensten Krankheitszustände, z. B. bei Fiebernden.

Müller¹⁰⁾ untersuchte den Umfang der Stärkeverdauung im Munde in Versuchen mit Hensay und Dauber. Bei Mehl, Brot und Reisbrei wurden 50–80% der Stärke, in einigen Fällen sogar 100%, im Magen gelöst wiedergefunden. Die Intensität des Kauens hat vorteilhaften Einfluß auf die Amyolyse. Der Einfluß der Acidität des Magensaftes ist nicht bedeutend, da der Speichel seine Arbeit trotz der so kurzen Verweildauer der Speisen im Munde erledigt hat, ehe die Magensäuren einwirken.

Heger¹¹⁾ fand bei seinen Untersuchungen im Reagensglas (Einwirkung von künstlichem Magensaft auf Eiweiß in Gegenwart von Speichel), daß die Gegenwart und Wirkung des Speichels bei der Eiweißverdauung bedeutungslos ist. Ein verlängertes Kauen bewirkte eine bessere Magensaftsekretion, und zwar durch psychische oder sensorielle Einflüsse — so werde die Geschmacksempfindung verlängert und erhöht — oder durch Erleichterung und Besserung der Magenverdauung infolge besserer Zerkleinerung.

In einer ganzen Reihe von Veröffentlichungen legte Oefele¹²⁾ seine Beobachtungen über mangelhaftes Kauen und die Eigenschaften der Faeces nieder. Er bestimmte vom Kot Konsistenz, Reaktion, Trockensubstanz, Stärke, Fett, Gallenfarbstoffe, und fand, daß bei Schlingern, d. h. Patienten, die die Nahrung schlucken, ohne sie intensiv zu kauen, Stärke im Kot nachweisbar war. Er schloß daraus auf das Fehlen genügenden Speichelzusatzes, der im Munde in ausreichendem Maße nur durch die Tätigkeit der Molaren bewirkt werde. Durch den Druck der Kaumuskulatur sezernierten die Drüsen besonders stark. Sei das Molarengebiß unvollständig infolge von Caries oder fehlender Zähne, so sei das Kauen sehr erschwert, damit litte auch die Speichelsekretion und unverdaute Stärke könne im Kot auftreten. Leider sind Oefeles Mitteilungen mehr auf kasuistische Beobachtungen, als auf systematische Untersuchungen gestützt. Nur in einer Reihe von 18 Analysen werden Zahnformel und Kotbefund gegenübergestellt. Er stellt lediglich fest, daß bei Stärkeverschleuderung im Kot in den meisten Fällen ein insuffizientes Molarengebiß vorhanden sei und folgert dann, daß die vorhandenen Störungen des Gesundheitszustandes der Patienten auf die Stärkeverschleuderung infolge mangelhafter Kaufähigkeit zurückzuführen seien.

Michell¹³⁾ stellte exaktere Beobachtungen an. Jedesmal wird der

Kotbefund mit der Zahnformel verglichen. Er findet bei normalem Gebiß keine Stärke im Kot, bei insuffizientem Molarengebiß um so mehr, je weniger Molaren zum Kauen vorhanden sind. Durch Ersatz der fehlenden Molaren durch eine Prothese konnte er ein Aufhören bzw. eine Verminderung der Stärke im Kot feststellen. Michels Ergebnisse müssen als bewiesen betrachtet werden, jedoch bleibt der Schluß willkürlich, daß der schlechtere Gesundheitszustand von Patienten mit insuffizientem Gebiß gerade auf die verminderte Stärkeausnützung zurückzuführen sei.

In einem einzigen Fall konnte Witzel¹⁴⁾ eine Bestätigung der Michelschen Anschauungen erbringen. Auch er fand verminderte Stärkeausnützung infolge schlechten Molarengebisses, auch er schließt von der Stärkeverschleuderung auf den Gesundheitszustand.

Die angeführten Beobachtungen, insonderheit diejenigen über das Kauen und Einspeicheln der Speisen im Munde, haben dann zu einem vollständigen System geführt, das in dem Amerikaner Fletcher seinen Hauptvertreter gefunden hat. Das Fletchern ist die Lehre vom „richtigen“ Kauen und spielt in vielen Kreisen, namentlich vegetarisch beeinflussten, auch heut noch eine große Rolle. Auch zahnärztliche Kreise, wie z. B. der Deutsche Röse¹⁵⁾, haben sich sehr für das Fletchern eingesetzt. Behauptet wird, daß die Ausnützung der Speisen durch intensives, systematisches Kauen derart erhöht wird, daß viel weniger Nahrung für den täglichen Bedarf des Menschen notwendig wird und daß bei einer derart verringerten Nahrungszufuhr sogar auf lange Zeit eine ausreichende Ernährung ohne Gesundheitsschädigungen möglich sei. Auch während des Krieges, bei den stark verminderten Nahrungsmittelmengen, die uns zur Verfügung standen, wurde auf die angebliche Bedeutung des Fletchens erneut hingewiesen. Die Anhänger der Fletcherschen Anschauungen gehen sogar so weit, zu behaupten, daß Stoffwechselkrankheiten aller Art beim Menschen auftreten, wenn nicht in der ausgiebigen Weise wie nach ihren Anschauungen nötig gekaut würde. Nach dem heutigen Stande des Wissens können jedoch vorstehende Ansichten als widerlegt gelten. Gelegentlich der Besprechung der Ausnützung soll auf die entsprechenden Versuche von Rubner und Zuntz eingegangen werden.

Besonders in den Veröffentlichungen Oefeles, sowie denen von Michel findet sich immer wieder, wie bei Röse und Fletcher der Gedanke ausgesprochen, daß der Zustand des Gebisses von weitgehendster Bedeutung für den allgemeinen Gesundheits- und Ernährungszustand eines Menschen ist. Einerseits der dicke, aufgetriebene, schwammige, andererseits der schwächliche, hagere Typ des Menschen sei durch mangelhaftes Gebiß bedingt¹²⁾. Es wurde daher von zahnärztlicher Seite immer wieder die Wichtigkeit eines geeigneten Zahn-

ersatzes bei fehlenden Zähnen und eines gründlichen Füllens von cariösen Zähnen hervorgehoben. Ja, noch weiter bis sozusagen ins kleinste Detail wurden die Lehren ausgebaut, indem jeder einzelne der in Betracht kommenden Zähne nach seiner Wertigkeit für den Kauakt bestimmt wurde. Eng damit war die Frage verknüpft: Wieviel Mahlzähne für einen einwandfreien Kauprozess durchaus notwendig sind? Michel und Oefele waren vor Jahren schon zu dem Resultat gekommen, daß hierfür mindestens zwei Molarenpaare vorhanden sein müßten und daß es für das Gelingen eines guten Kauprozesses wichtiger sei, wenn entweder nur die rechte oder linke Gebißhälfte vollständig sei, als wenn sowohl auf der einen als auch auf der anderen Seite Zähne fehlen. Noch zu Ausbruch des Krieges war die herrschende Meinung dahingehend, daß volle Felddienstfähigkeit erst dann anzunehmen sei, wenn bei fehlenden Zähnen eine gutschitzende Prothese getragen würde. Von dieser extremen Ansicht ist man ganz allgemein gesprochen im Laufe des Krieges zurückgekommen und wie ich glaube mit gutem Recht, denn in nicht wenig Fällen wird eine gute Körperkonstitution auch bei mangelhaftem Zahnzustand gefunden. Außerdem ist auch bei Massenuntersuchungen durchaus nicht der Eindruck gewonnen worden, daß der Ernährungszustand von dem Grad der Vollkommenheit des Gebisses abhängig sei. So konnte z. B. Fricke¹⁷⁾ bei Untersuchungen an Schulkindern feststellen, daß nicht so sehr der Zahnzustand wie vielmehr die soziale Stellung der Eltern den Ernährungszustand der Kinder beeinflußt. In den Erörterungen über Beurteilungen von Gebissen trat jedoch bald eine andere Frage in den Vordergrund: Wie ist der einzelne Zahn für den Kauakt zu bewerten und wie viele müssen mindestens vorhanden sein, um ein genügendes Zerkleinern der Nahrung zu garantieren? Man kam auf diese Weise wieder zu ungefähr derselben Frage zurück, die sich Oefele und Michel bereits vorgelegt hatten. Auch spielt heute die Frage der Erwerbsbeschränkung bei mangelhaftem Gebiß eine große Rolle bei Begutachtungen usw. Die Verhältnisse liegen hier äußerst kompliziert, wenn man daran denkt, daß in der Mundhöhle die Zähne allein ja nicht die einzige Ursache solcher Erwerbsbeschränkungen sein können. Substanzverluste an den Knochen bzw. an den Weichteilen kommen vielmehr sehr oft mit einer Einbuße von Zähnen, z. B. bei Unfällen, Schußverletzungen usw. vor. Es kann aber nicht im Rahmen der vorliegenden Arbeit liegen, auf diese Dinge genauer einzugehen. Hier soll vielmehr ausdrücklich nur auf den Zahnverlust bei sonst intakten Verhältnissen in der Mundhöhle Bezug genommen werden. Rohrer¹⁸⁾ hat eine gute Übersicht über die vielen bisher in der Zahnpraxis angegebenen Systeme der Zahnwertung gegeben. Um die Werte zu vergleichen, hat Rohrer die Gesamtsumme sämtlicher Einheiten aller

Zähne in allen Systemen gleich 100 gesetzt und nun den prozentischen Anteil jedes Zahnes berechnet. Er gibt dann folgende Tabelle:

Zahn, Ober- oder Unterkiefer rechts o. links	J ¹	J ²	C ⁰	B ₁	B ₂	M ₁	M ₂	M ₃
Mamlock	2	1	3	3	3	5	5	3
Hahn	2	1	4	2	3	5	5	3
Richter	2	1,5	2,5	3	3,5	5	4,5	3
Montag	3,1 (3,5)	3,1 3,5	3,1 3,5	3,1 3,5	3,1 3,5	3,1 3,5	3,1 3,5	3,1
Römer-Hentze	1,25	1,25	1,25	2,5	3,75	7,5	7,5	
Feiler				3,125	3,125	6,25	6,25	6,25
Rohrer	1	1	1	3	3	6	6	4

Mindestkauwert vorhanden bei

Römer 20%

Hentze 30%

Feiler 43,75% ohne M₃ und J₁ — C₀

Rohrer 50%, jedes Molarenpaar ersetzbar durch 2 Prämolarenpaare derselben Seite.

Geht man vor, wie es Rohrer getan hat, so löst sich die Frage von selbst, was man eigentlich als die „Kaeinheit“ bezeichnen soll. Ursprünglich ist eine solche Einheit bei den einzelnen Systemen durchaus verschieden. Bei Feiler z. B. ist sie zehnmal so klein als bei Römer-Hentze. Die Kaeinheit wird auch stets eine willkürliche Größe sein. Deshalb sei vorgeschlagen, jeden Zahn danach zu bewerten, wie groß sein Anteil an der Gesamtkaufläche beider Seiten ist. Setzt man dann diese Fläche gleich 100, so kommt man für jeden einzelnen Zahn zu Prozentwerten, ähnlich wie bei Rohrer. Hiernach ist eine Kaeinheit der 100. Teil der Gesamtkaufläche. Auf die Bewertungen der einzelnen Zähne wird weiter unten ausführlicher eingegangen. Hier sei nur noch erwähnt, daß Michaelis¹⁹⁾ bei Bewertung der Zähne noch auf einen weiteren Begriff besonderen Wert legt, der sich aus der normalen Stellung der Zähne ergibt. Es ist der Begriff des Nebenantagonisten. Jeder Zahn artikuliert bekanntlich nicht nur mit dem gleichnamigen des anderen Kiefers, sondern auch z. T. mit einem Nachbar dieses Antagonisten. Fällt der Antagonist fort, so bleibt immer noch die Artikulationsfläche mit dem Nebenantagonisten bestehen, und dies muß bei Bewertung der Zähne auch zum Ausdruck gebracht werden. Michaelis selbst schätzt den Wert, der sich aus der Berührung mit dem Nebenantagonisten ergibt, auf etwa den vierten Teil des Arbeitswertes, den zwei normal miteinander artikulierende Zähne leisten. Aufgabe der folgenden Untersuchungen wird es sein, diese Angaben ebenfalls auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Nach dem Bisherigen zeigt das Problem der Beziehungen zwischen Zahnzustand und Ernährung deutlich zwei verschiedene Seiten. Einmal ist es eine rein mechanische Angelegenheit, bei der es darauf an-

kommt zu entscheiden, inwieweit eine Zerkleinerung der eingeführten Nahrung im Munde stattfindet und welche Rolle jeder der beteiligten Zähne hierbei spielt. Ein andermal sind es Fragen physiologisch-chemischer Natur, die sich ergeben, wenn man über die Gesamtausnützung der Nahrung bei gutem und schlechtem Gebiß Untersuchungen anstellen will. Innige Beziehungen bestehen, besonders nach den systematischen Reagensglasversuchen Lehmanns, zwischen diesen beiden Teilfragen, insofern als eine möglichst ausgiebige Zerkleinerung der Speisen diese für die verschiedenen Verdauungsfermente erst zugänglich macht. Es ist aber die Frage, ob nicht auch bei an und für sich mangelhafter Zerkleinerung der Speisen der Darm einen großen Teil der ursprünglich den Zähnen zukommenden Arbeit übernehmen kann, besonders wo bei der heutigen Kochkunst und Entwicklung der Art und Weise der Zubereitung der Nahrungsmittel diese bereits recht oft weitgehend zerkleinert und erweicht sind, wenn sie in den Mund eingeführt werden. Der vorliegenden Arbeit liegen daher Versuche sowohl nach der einen wie der anderen Seite zugrunde, aus deren gemeinschaftlicher Verwertung die Beziehungen zwischen Ernährung und Zahnzustand klargestellt werden.

Will man die Zerkleinerung der Speisen im Munde untersuchen, so geht man am einfachsten so vor, daß die Funktion des Gebisses geprüft wird. Hierzu eignet sich vorzüglich die oben bereits erwähnte Methode von Gaudenz⁹⁾. Hierbei wird die Speise in einzelnen Bissen gekaut, und zwar in der Größe, wie sie in der täglichen Praxis auch eingenommen werden. Nachdem der Bissen so weit zerkleinert ist, daß er verschluckt werden kann, wird der Mundinhalt nach außen entleert und der Mund gründlich mit destilliertem Wasser gespült. Dann bestimmt man die Anzahl und den Trockensubstanzgehalt der einzelnen Teilchen, indem man erst die größten, dann die kleineren und endlich die kleinsten vom Filtrat trennt. Von diesem wird ebenfalls der Trockensubstanzgehalt bestimmt. Für die Ausführung der Versuche eignen sich sehr gut zwei übereinanderliegende Siebe, von denen das erste Partikel größer als $2\frac{1}{2}$ mm, das zweite solche zwischen $2\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{2}$ mm abfiltriert. Die getrübe durchlaufende Flüssigkeit wird in der Nutsche über Fließpapier noch einmal filtriert, bis sie klar abläuft. Man erhält dann im Rückstand, alle ungelösten Teilchen kleiner als $1\frac{1}{2}$ mm. Nach dieser Methode sind von Paulsen²⁰⁾ und Claussen²¹⁾ Versuche angestellt und mit den Ergebnissen von Gaudenz verglichen worden.

Ehe jedoch auf die Resultate eingegangen wird, sei auf die Art und Weise hingewiesen, mit der eine Änderung des Gebißzustandes bei den Versuchspersonen herbeigeführt wurde. Will man streng vergleichbare Werte erhalten, so müssen ein und dieselben Personen,

einmal mit gutem, einmal mit schlechtem Gebiß die Kauversuche vornehmen. Dabei erscheint es nicht gleichgültig, ob der Ausgangszustand des Gebisses verbessert oder verschlechtert werden muß. Es ist gelungen, beider Arten der willkürlichen Beeinflussung des Zahnzustandes zu prüfen, da drei Personen zur Verfügung standen, bei denen ein Ausfall in der Funktion von Zähnen durch eine Prothese herbeigeführt wurde, und eine Person, die wegen Verlusts von Zähnen dauernd eine Prothese tragen mußte. Die ersten drei Versuchspersonen sind Paulsen, Dimigen²²⁾ und Schütz, die vierte ist Claussen. Eine Kauverschlechterung wurde in der Weise erzielt, daß eine Bißerhöhung vorgenommen wurde. Zu diesem Zwecke wurde der erste Molar des Unterkiefers beiderseits mit einer Kappe aus Randolphmetall versehen. Die beiden Kappen hingen durch Spangen von Hartgummi, die der Zahnreihe buccal und lingual anlagen, oder durch eine Spange aus Randolphmetall, die nur an der lingualen Seite der Zähne entlanglief, miteinander zusammen. Es entstand so eine Prothese, die leicht abnehmbar war und zu einer weitgehenden Verschlechterung führte. Nur an der Stelle des ersten Molaren fand eine Berührung von Ober- und Unterkiefer statt. Nur an dieser Stelle konnte gekaut werden, die Bißerhöhung war so stark, daß die Schneidezähne weit auseinander standen. Sie richtete sich naturgemäß nach der Dicke des Randolphbleches. Bei dem Versuch von Paulsen und Schütz betrug diese 0,5 mm; in dem Versuch von Dimigen und Schütz 5 mm. Beigegebene Abbildungen erläutern das Gesagte noch ausführlicher.

Zur Technik der Herstellung der Prothesen sei noch erwähnt, daß sie genau nach Gipsabdruck das erstemal durch Stanzen, das zweitemal durch Schleudern des Randolphmetalls gewonnen wurden. Für die Kauversuche kommt es sehr darauf an, daß die Prothesen genau festsitzen, was man durch Anprobieren erst erreicht haben muß, ehe der Versuch beginnt. Ist guter Sitz vorhanden, so bereitet das Kauen auch auf längere Dauer, z. B. 8—10 Tage, keine Schwierigkeiten. Unter den beiden Arten der Prothesen ist die zweite im Tragen besonders angenehm, weil die elastische Verbindungsspanne der beiden Molarenkappen äußerst wenig Platz beansprucht, so daß alle Bewegungen von Wange, Lippen und Zunge ganz ungehindert vor sich gehen können und bis auf die Bißerhöhung durchaus natürliche Verhältnisse im Munde vorherrschen. Bei der ersten Art der Prothese, bei der die Bleche durch zwei Kautschukspangen miteinander verbunden sind, müssen Rauigkeiten besonders sorgfältig vermieden, die Prothese überhaupt besonders gut angepaßt werden, weil sonst bei längerem Gebrauch ein Wundscheuern der Mundschleimhaut eintreten kann.

Wie schon oben erwähnt, stand in den Versuchen von Claussen ein Gebiß zur Verfügung, bei dem erst durch die Prothese ein voll-

ständiges Kauen ermöglicht wurde. Es konnten auf diese Weise durch die Beschreitung des umgekehrten Weges die Resultate, die mit den Biß verschlechternden Prothesen gewonnen waren, gut kontrolliert werden. Die Versuchsperson, der im Oberkiefer links beide Prämolaren sowie die ersten beiden Molaren, rechts der zweite Schneidezahn, der Eckzahn, beide Prämolaren und die ersten beiden Molaren, im Unterkiefer rechts der zweite Molar fehlte, stellte die Versuche einmal mit natürlichem, unvollständigem Gebiß und dann mit der für gewöhnlich getragenen Prothese, einer Oberkieferplatte, an. Ferner wurde eine weitere Prothese aus nicht rostendem Stahl in derselben Form wie die sonst getragene angefertigt, bei

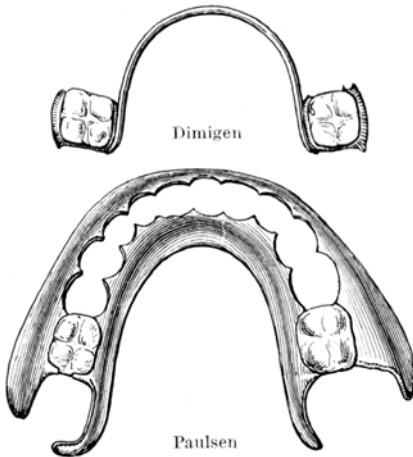


Abb. 1. Ansicht der Prothesen von oben.

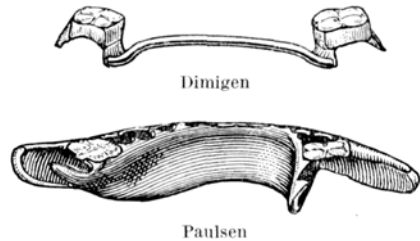


Abb. 2. Ansicht der Prothesen von hinten.
Die Prothese liegt so, daß rechts der Querschnitt,
links die Aufsicht des Bleches erkennbar ist.

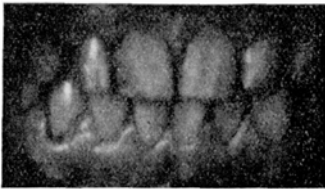


Abb. 3. Normaler Zahnschluß.

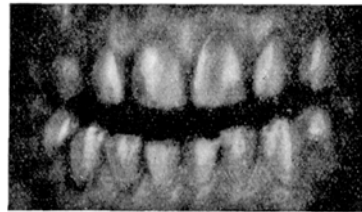


Abb. 4. Zahnschluß mit Prothese.

der jedoch die einzelnen Zähne nacheinander entfernt werden konnten. Auf diese Weise wurde der Einfluß jedes einzelnen Zahnes auf die Zerkleinerung der Speise genau festgestellt. In letzterem Falle wurden die Bedingungen, unter denen die Versuche abliefen, noch mehr beeinflußt und verfeinert als bei den ersten Versuchen.

In der folgenden Tabelle sind nun die Resultate der Versuche über die Zerkleinerung der Speisen bei Paulsen und Claussen zusammengestellt. Zum Vergleich werden einige Angaben aus der Gaudenzschen Arbeit angeführt.

Versuche über die Zerkleinerung der Speisen mit gutem und schlechtem Gebiß.

Versuchsperson	Substanz	Art des Gebisses	Gewichtsmenge des Bissens mg	Kauzeit i. Sek.	Trockensubstanz mg des Bissens	Trockengewicht				Gesamtmenge der wiedergegebenen Tr. S.	Trockengewicht in % Substanzmenge nach dem Versuch bei			
						größer. Partikel	kleiner. Partikel	kleinst. Partikel	des Filtrats		größer. Partikel	kleiner. Partikel	kleinst. Partikel	des Filtrats
Gaudenz	Hartgekochte Eier	normal	5550	30	821	456	210	40	119	825	553	25,4	4,9	14,4
	Eier	"	5540	28	805	405	200	107	100	810	50	24,7	13,3	12
	Holländer Käse	"	5600	30	3100	320	200	1300	1210	3030	10,5	6,5	43	40
	Kartoffeln	"	3750	16	1240	130	140	250	690	1210	10,7	11,6	20,7	57
	Apfel	"	6200	25	890	100	90	120	570	880	11,3	10,2	13,5	65
	Gelbe Rübe roh	"	5500	22	633	185	80	47	341	653	28,1	12	7,0	53,0
Paulsen	Makkaroni gek.	"	5400	25	1024	412	211	60	378	1061	38,8	19,9	5,7	35,6
	Brot (Roggen)	gut	4908	30	2325	293	367	382	1388	2368	12,4	15,5	16,1	56
	" "	schlecht	4908	45	2325	524	551	191	1096	2362	22,2	23,3	8,1	46,4
	" "	gut	4700	30	2165	234	278	433	1197	2142	10,9	12,9	20,4	55,8
	" "	schlecht	4700	45	2165	603	402	259	914	2178	27,6	18,5	11,9	42
	" "	gut	4470	45	2095	173	398	340	1201	2112	8,1	18,9	16	57
	" "	schlecht	4470	45	2095	656	334	247	931	2168	30,2	15,4	11,4	43
	Apfel	gut	6200	20	745	34	41	143	535	753	4,5	5,5	19,0	71
	" "	schlecht	6200	20	745	103	73	160	411	745	13,8	9,8	21,4	55
	" "	gut	6235	15	764	49	67	167	517	800	6,0	8,2	20,8	65
Claussen	" "	schlecht	6235	25	764	105	45	144	499	786	13,3	5,7	16,3	64,7
	Frisches Feinbrot	gut	4978	25	3111	98	262	1212	1435	3006	3,3	8,7	40,4	47,6
	" "	schlecht	4966	30	3104	54	124	1085	1230	2983	18,2	4,1	36,4	41,3
	Älteres Feinbrot	gut	4076	22	2936	295	268	1141	1134	2837	10,4	9,5	40,2	39,9
	" "	schlecht	4137	33	2979	678	143	1075	1135	3032	22,4	4,7	35,5	37,4
	Gekochte Kartoffeln	gut	7949	15	2252	366	53	195	1296	1911	19,2	2,8	10,2	67,8
	" "	schlecht	8433	20	2387	801	75	171	1015	2062	38,9	3,6	8,3	49,2
	Gekochte Kartoffeln	gut	6680	17	1728	347	99	240	1035	1721	20,2	5,7	14,0	60,1
	" "	schlecht	6951	24	1798	639	40	135	842	1656	38,5	2,6	8,2	50,7
	Hühner-Eiweiß	gut	5762	20	727	652	13	5	79	749	86,9	0,7	1,7	10,7
	" "	schlecht	5306	25	671	613	4	1	63	681	90,2	0,6	0,2	9,0
	Gekochte weiße Rübe	gut	8414	24	728	429	8	22	357	816	52,4	1,0	2,8	43,8
	" "	schlecht	8337	30	722	451	3	10	314	777	57,9	0,4	1,3	40,4
	Zwieback	gut	2377	20	2188	112	279	777	1117	2285	4,9	12,4	33,9	48,8
	" "	schlecht	2541	20	2335	1020	123	525	678	2346	43,4	5,3	22,4	28,9
	" "	gut	2663	20	2443	120	342	746	1289	2497	4,9	13,7	29,9	51,5
" "	ohne M ₂	2428	20	2232	254	413	610	975	2252	11,0	18,0	27,3	43,7	
" "	ohne M ₁	2455	20	2261	351	304	743	809	2307	15,2	13,2	32,2	39,4	
" "	+ M ₂													
" "	ohne M ₁	2467	20	2270	339	228	877	855	2299	14,7	9,9	38,2	37,2	
" "	+ M ₂													
" "	ohne B ₂ + M ₁ + M ₂	2875	20	2647	378	359	980	939	2656	15,0	13,0	37,0	35,0	
" "	ohne B ₁ + B ₂ + M ₁ + M ₂	2424	20	2224	409	229	862	803	2304	17,7	9,9	37,5	34,9	
" "	+ M ₂													

Eine ganze Reihe von Ergebnissen fördert die Tabelle zutage.

Betrachtet man zunächst die Gaudenzschen Werte und die entsprechenden, von Claussen und Paulsen mit gutem Gebiß, so zeigt sich, daß nach der üblichen Kauzeit sehr verschieden große Mengen Substanz in Lösung gehen. So sind bei hartgekochten Eiern nach einer Kauzeit von 20–30 Sek. 11–14% der Trockensubstanz in Lösung gegangen, bei rohen Äpfeln nach 15–25 Sek. 65–71%. Bei Kartoffeln sind es 57–68%, bei Zwieback ungefähr 50%. Auch das Alter der hergestellten Speisen, wie z. B. des Brotes, spielt eine bedeutende Rolle. So gehen bei Claussen in ungefähr derselben Kauzeit von frischem Feinbrot 47,6%, von älterem dagegen nur 39,9% in Lösung. Die Übereinstimmungen zwischen den Werten von Gaudenz und denen von Paulsen und Claussen sind recht gut zu nennen.

Wird das Gebiß nun verschlechtert, so tritt eine deutliche Beeinflussung der Zerkleinerung und Lösung zutage, und zwar erweist sich dieser Einfluß gleichsinnig bei Paulsen und Claussen. Es ist dadurch bewiesen, daß der ursprüngliche Zustand das Gebisses gar nicht von Bedeutung ist. Gleichgültig, ob das Gebiß durch die Prothese verschlechtert wird oder ob man den umgekehrten Weg beschreitet, und fehlende Zähne durch künstliche ersetzt, stets ist die Verkleinerung und Lösung unvollständiger, wenn Zähne fehlen. Als äußeres Zeichen dieser Verschlechterung beobachtet man stets ein Fallen der Werte für das Filtrat, die Differenzen können hier recht groß sein, bis ca. 20%, wie z. B. bei dem Zwieback. Umgekehrt zeigt sich bei den größeren Partikeln stets ein Ansteigen der Werte. Die kleineren und kleinsten Teilchen weisen ein wechselndes Verhalten auf, doch ist ganz deutlich zu erkennen, daß in der Regel die kleinsten sich verhalten wie das Filtrat und die kleineren wie die größeren Partikel. Man kann daher sagen, daß bei mangelhaftem Zahnzustand die Zerkleinerung der Speisen nachweislich schlechter ist als bei gutem. Es geht weniger in Lösung als normal und die ungelösten Teilchen sind größer und zahlreicher.

Diese Ergebnisse werden besonders klar, wenn man Versuche mit der gleichen Kauzeit betrachtet, wie z. B. Brot und Äpfel bei Paulsen, Zwieback bei Claussen. Wird dagegen mit schlechtem Gebiß länger als mit gutem gekaut, so tritt mehr ein Ausgleich ein, die Differenzen werden kleiner, es geht auch dann etwas mehr in Lösung. Von Natur aus besteht ja sicher, wie jeder weiß, der durch Caries oder fehlender Zähne gezwungen war, einmal mit mangelhaftem Gebiß zu kauen, das Bestreben, die Kauzeit zu verlängern. Der Reiz zum Schluckakt tritt nicht so schnell wie sonst ein, Zunge, Wangen und Gaumen werden erhöht für das Zerdrücken und Zerquetschen der Speisen in Tätigkeit gesetzt. Jedoch erfolgt dann bald eine Ermüdung der gesamten Kau-

muskulatur durch die erhöhte Inanspruchnahme. Die Folge ist einerseits Unlust zum Essen, andererseits ein vorzeitiges Verschlucken der Speise, die nicht genügend verkleinert wurde. Der Magen und Darm muß dann die versäumte Arbeit nachholen, sie werden stark belastet, was u. a. auch geeignet ist, ein verlängertes Sättigungsgefühl hervorzurufen.

Bei den letzten Versuchen von Claussen an Zwieback läßt sich der Wert jedes einzelnen Zahnes sehr gut feststellen. Nimmt man als Maßstab für den Grad der Zerkleinerung die Filtratwerte und faßt die beiden Versuche mit gutem und die beiden mit schlechtem Gebiß (ohne $M_2 + M_1 + B_2 + B_1$) zusammen, so gehen im günstigsten Falle 50,1%, im ungünstigsten dagegen nur 31,9% in Lösung. Dazwischen liegen die übrigen Werte:

ohne M_2	43,7%
„ $M_2 + M_1$	38,3%
„ $M_2 + M_1 + B_2$	35,0%

Die Differenzen betragen daher, unter Abrundung der Werte:

ohne M_2	6,0%
„ $M_2 + M_1$	12,0%
„ $M_2 + M_1 + B_2$	15,0%
„ $M_2 + M_1 + B_2 + B_1$.	18,0%

Es ist also eine Verschlechterung der Filtratwerte eingetreten um 12, 24, 30,0 und 36,0%. Mithin ist die Zerkleinerung verschlechtert

durch M_2 um 12,0%	
„ M_1 „ 24,0—12,0 = 12%	
„ B_2 „ 30,0—24,0 = 6%	
„ B_1 „ 36,0—30,0 = 6,0%	

Die Kauwerte sämtlicher Bicuspidaten und Molaren verhalten sich demnach bei Vernachlässigung des Weisheitszahnes wie 6:6:12:12. Wird die Gesamtkaufläche der Prämolaren sowie der ersten beiden Molaren gleich 100 gesetzt, so ergeben sich unter der Voraussetzung, daß die Zähne rechts und links, oben und unten gleich groß sind, für jeden einzelnen Zahn folgende Werte: für jeden Prämolaren 4,2, für jeden Molaren 8,3. Dieses sind die Kauwerte, die sich aus der Funktion der Zähne ableiten lassen.

Man kann jedoch noch auf einem anderen Wege zur Bewertung der einzelnen Zähne gelangen. Es ist dies der anatomisch-mechanische Weg. Die zur Zerkleinerung der Speisen hauptsächlich herangezogenen Zähne sind die Molaren und Bicuspidaten. Sie bilden mit der hinteren Fläche der oberen Eckzähne durch enges Aneinanderliegen die Kauflächen der Kiefer, die mit einer gewissen Kraft gegeneinander bewegt werden. Es ist nun die Aufgabe, den Anteil jedes einzelnen Zahnes an der Gesamtkaufläche, sowie den Druck zu bestimmen, unter dem

er arbeitet. An dem Beispiel von Claussen ist ferner zu untersuchen, ob die oben gefundenen Resultate mit den neuen in Einklang zu setzen sind.

Will man zunächst die Kauflächen bestimmen, so kann man nach den Angaben von Port und Euler²³⁾ verfahren, die für jeden Zahn den medial-distalen und lingual-buccalen Durchmesser angeben. Man errechnet auf diese Weise diejenige Fläche, die der Zahn nach der Kauseite kehrt. Nach Port und Euler beträgt die Größe bei:

	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	6 × 9 mm	6 × 9 mm	10,1 × 11,7 mm	9,8 × 11,5 mm
Unterkiefer	5,8 × 6,9 „	6,6 × 7,3 „	11,5 × 10,4 „	10,7 × 9,8 „

Berechnet man hieraus die Kauflächen der einzelnen Zähne und setzt die Summe in jeder Kieferhälfte gleich 100, so beträgt der prozentische Anteil bei

	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	16%	16%	34,8%	33,2%
Unterkiefer	12%	15%	38,3%	33 5%

Verfährt man weiter in derselben Weise, indem die Gesamtkaufläche rechts und links, oben und unten gleich 100 gesetzt wird, so bekommt man:

	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	4,1%	4,1%	9,1%	8,6%
Unterkiefer	3,1%	3,7%	9,2%	8,1%

Wenngleich aus den Angaben von Port und Euler auf die Größe der Kauflächen bei den einzelnen Zähnen mit ziemlich großer Genauigkeit geschlossen werden kann, sollte versucht werden, die Fläche selbst direkt zu messen. Außerdem erhob sich die Frage zu entscheiden, welche Rolle dem Kaudruck bei der Bewertung jedes Zahnes zukommt.

Bei der Messung der Kaufläche, die ja an jedem Zahn eine recht vielgestaltige, unregelmäßige und nicht in einer Ebene liegende Fläche darstellt, kam es weniger darauf an, die Fläche selbst genau nach Quadratmillimeter auszumessen, als festzustellen, in welchem Verhältnis die einzelnen Flächen zueinander stehen. Man konnte also die absolute Größe vollkommen vernachlässigen und hatte nur die Aufgabe, die einzelnen Zähne bezüglich eines andern gemeinsamen Maßes miteinander zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurde ein Streifen Wachs von der Form eines halben Zahnbogens leicht erwärmt, oben und unten erst mit ähnlich geschnittenem, dünnem, weißem Papier und dann mit Blaupapier derselben Form belegt. Der Streifen wird sodann zwischen die zu messenden Zahnreihen gelegt, die durch festen Zubiß einander genähert werden. Durch das Blaupapier wird dann auf dem weißen Papier genau die ganze Kaufläche, sowohl oben wie unten, vom letzten Molaren bis zum Eckzahn abgezeichnet. Noch auf dem Wachs werden

die Umrisse der Kauflächen der einzelnen Zähne mit scharfem Bleistift vorgezeichnet, dann wird das Papier geglättet und die Umrisse auf starkes Kartonpapier durchgepaust (siehe untenstehenden Abdruck). Sind sie dort scharf zu sehen, so zerschneidet man das Kartonpapier und hat nun nur noch die Aufgabe, das Gewicht der einzelnen Stücke zu bestimmen. Man erhält so für jede Kaufläche ein Gewicht, dieses stellt das *Tertium comparationis* dar. Die Methode in der geschilderten Art und Weise, vor allem unter Zufügung des Wachsstreifens, ist leicht und bequem anwendbar, erfordert nur geringes Einarbeiten, arbeitet recht genau und gibt ein gutes Bild von den Größenverhältnissen der Kauflächen zueinander.

In der angegebenen Art und Weise sind die Größen der Kauflächen in 28 verschiedenen, männlichen und weiblichen Gebissen bestimmt worden. Es kamen dabei nur solche in Frage, bei denen eine normale

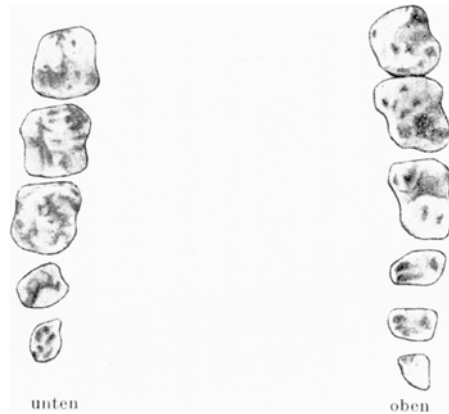


Abb. 5. Gebißabdruck rechts.

Artikulation vorhanden war, wie ja überhaupt die Untersuchung über die angeschnittene Frage der Kaufähigkeit nur unter normalen Verhältnissen gedacht ist. Wenn die Möglichkeit bestand, d. h. wenn das Gebiß vollständig war, wurde bei ein und derselben Person rechts und links ein Abdruck genommen, sonst nur auf der vollständigen Seite. Im ganzen konnten so die Kauflächen von 20 oberen Eckzähnen, von je 35 oberen und unteren Molaren und Prämolaren sowie von je sechs oberen und unteren Weisheitszähnen miteinander verglichen werden. Das erhaltene Material wurde aufgearbeitet nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Ober- und Unterkiefer,
2. Männliche und weibliche Gebisse,
3. Rechte und linke Seite,
4. Verhältnis der Kauflächen unter Einbeziehung des Weisheitszahns,
5. Verhältnis der Kauflächen ohne Weisheitszahn.

In der folgenden Tabelle sind zunächst die Originalzahlen für die Gewichte der Kauflächen der Zähne des Ober- und Unterkiefers angegeben.

Originalzahlen für die Kauflächen.

Nr.		Oberkiefer						Unterkiefer				
		3.	4.	5.	6.	7.	8.	4.	5.	6.	7.	8.
1 r.	männl.		0,0095	0,0094	0,0153	0,0140		0,0109	0,0102	0,0161	0,0155	
2 r.	"		0,0094	0,0095	0,0161	0,0149		0,0089	0,0092	0,0163	0,0160	
3 l.	"		0,0091	0,0087	0,0170	0,0153		0,0081	0,0082	0,0159	0,0141	
4 r.	"		0,0087	0,0083	0,0166	0,0149		0,0070	0,0088	0,0174	0,0152	
5 r.	"		0,0089	0,0077	0,0168	0,0146		0,0067	0,0084	0,0171	0,0167	
6 r.	"		0,0093	0,0099	0,0189	0,0199		0,0102	0,0103	0,0215	0,0234	
7 r.	"		0,0086	0,0091	0,0174	0,0174		0,0069	0,0079	0,0156	0,0155	
8 r.	"	0,0052	0,0093	0,0099	0,0199	0,0179	0,0139	0,0087	0,0096	0,0217	0,0181	0,0166
8 l.	"		0,0097	0,0102	0,0205	0,0185		0,0085	0,0101	0,0218	0,0180	
9 r.	"	0,0053	0,0101	0,0099	0,0190	0,0174		0,0092	0,0099	0,0217	0,0206	
9 l.	"		0,0100	0,0096	0,0190	0,0168		0,0096	0,0103	0,0207	0,0201	
10 r.	"		0,0097	0,0112	0,0208	0,0189		0,0095	0,0108	0,0253	0,0238	
10 l.	"	0,0044	0,0100	0,0114	0,0214	0,0182		0,0092	0,0115	0,0241	0,0242	
11 r.	"	0,0038	0,0073	0,0081	0,0167	0,0158		0,0075	0,0089	0,0178	0,0169	
11 l.	"	0,0041	0,0069	0,0088	0,0190	0,0160	0,0121	0,0078	0,0092	0,0176	0,0168	0,0153
12 r.	"	0,0044	0,0079	0,0083	0,0144	0,0145	0,0107	0,0066	0,0062	0,0167	0,0156	0,0118
12 l.	"	0,0051	0,0078	0,0087	0,0142	0,0136		0,0074	0,0074	0,0151	0,0147	
13 r.	"		0,0076	0,0072	0,0179	0,0152		0,0058	0,0072	0,0163	0,0162	
13 l.	"		0,0073	0,0073	0,0169	0,0171		0,0061	0,0083	0,0181	0,0171	
14 r.	weibl.	0,0051	0,0107	0,0106	0,0193	0,0199	0,0135	0,0099	0,0116	0,0203	0,0186	0,0181
15 r.	"	0,0043	0,0084	0,0089	0,0174	0,0160		0,0087	0,0088	0,0185	0,0158	
16 r.	"	0,0047	0,0099	0,0093	0,0169	0,0155		0,0076	0,0084	0,0168	0,0170	
17 l.	"	0,0046	0,0084	0,0078	0,0162	0,0159		0,0079	0,0087	0,0176	0,0152	
18 l.	"	0,0030	0,0059	0,0072	0,0161	0,0148		0,0042	0,0053	0,0145	0,0150	
19 r.	"	0,0024	0,0055	0,0054	0,0145	0,0120		0,0052	0,0064	0,0131	0,0130	
20 r.	"	0,0043	0,0073	0,0079	0,0149	0,0142		0,0047	0,0051	0,0152	0,0162	
21 l.	"		0,0058	0,0071	0,0138	0,0125		0,0048	0,0059	0,0130	0,0131	
22 l.	"	0,0041	0,0078	0,0079	0,0172	0,0170		0,0052	0,0068	0,0169	0,0170	
23 r.	"	0,0038	0,0064	0,0075	0,0155	0,0125		0,0067	0,0070	0,0161	0,0143	
24 r.	"		0,0061	0,0063	0,0154	0,0134		0,0044	0,0051	0,0162	0,0141	
25 r.	"		0,0087	0,0088	0,0177	0,0155		0,0055	0,0063	0,0166	0,0176	
26 r.	"	0,0042	0,0090	0,0094	0,0188	0,0181		0,0077	0,0088	0,0194	0,0189	
26 l.	"	0,0044	0,0094	0,0086	0,0171	0,0167		0,0043	0,0094	0,0200	0,0192	
27 r.	"	0,0044	0,0067	0,0066	0,0148	0,0137	0,0119	0,0059	0,0077	0,0156	0,0142	0,0142
28 l.	"	0,0039	0,0069	0,0074	0,0154	0,0154	0,0130	0,0058	0,0071	0,0156	0,0152	0,0139

Die Zahlen bedeuten g.

Eine Aufrechnung nach dem ersten, oben mitgeteilten Gesichtspunkt ergibt, wie die folgende Tabelle zeigt:

	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Oberkiefer . . .	855	2900	2999	5997	5540	751 mg
Unterkiefer . . .		2561	2908	6225	5929	899 „
Anzahl der Zähne	20	35	35	35	35	6
Durchschnitt.						
Oberkiefer . . .	42,75	83,03	85,8	171,3	158,3	125,2 mg
Unterkiefer . . .		73,2	83,0	177,7	170,0	149,8 „

Berechnet pro Zahn in Prozenten der Gesamtkaufläche rechts und links, oben und unten im

	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Oberkiefer . . .	1,6	3,1	3,3	6,5	6,0	4,7
Unterkiefer . . .		2,8	3,1	6,7	6,4	5,7

Dasselbe ohne Weisheitszahn:

	2,0	4,0	4,1	8,2	7,6
Oberkiefer . . .					
Unterkiefer . . .		3,5	4,0	8,5	8,1

Es ergibt sich aus dieser Zusammenstellung, bei der die beiden oberen Eckzähne mit in die Betrachtung gezogen wurden, weil sie als Nebenantagonisten der beiden unteren ersten Prämolaren in Frage kommen, daß den größten Anteil an der Gesamtkaufläche der erste Molar zeigt, dann folgt der zweite und dann der dritte Molar. Die Kauflächen der unteren Molaren übertreffen in wachsendem Maße nach hinten die der oberen an Größe. Die Werte der Prämolaren sind nur halb so groß wie die der Molaren, die des zweiten Prämolaren immer größer als die des ersten, die des Oberkiefers größer als des Unterkiefers. In der letzten Beziehung liegt also ein Umgekehrtes Verhalten zu den Molaren. Der Kauwert für den oberen Eckzahn ist nur außerordentlich klein, er beträgt nur die Hälfte des Wertes der Prämolaren. Vernachlässigt man die Weisheitszähne, wie man es bei Berücksichtigung der Verhältnisse in der Praxis tun kann, da sie doch nur in sehr seltenen Fällen vollständig vorhanden sind, so ergeben sich Werte, die den oben aus Port - Eulers Angaben ausgerechneten sehr ähneln. Es fehlt dort allerdings der Eckzahn, auch die eben besprochenen Größenverhältnisse der Molaren, von denen der erste im Unterkiefer jedoch als der größte erscheint, treten im übrigen nicht so deutlich hervor.

Es war nun zu untersuchen, ob die Kauwerte anders werden, wenn man nach männlichen und weiblichen Gebissen trennt. Eine entsprechende Aufrechnung ergab, unter Nichtberücksichtigung der Weisheitszähne,

Männliche Gebisse.

	3.	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	406	1807	1872	3689	3400 mg
Unterkiefer		1663	1872	3880	3679 „
Anzahl der Zähne . .	9	21	21	21	21

Durchschnitt:

	45,1	86,0	89,1	175,7	162,0 mg
Oberkiefer					
Unterkiefer		79,2	89,1	184,8	174,2 „

Berechnet pro Zahn in Prozenten der Gesamtkaufläche rechts und links, oben und unten im

	2,1	4,0	4,1	8,1	7,5
Oberkiefer					
Unterkiefer		3,6	4,1	8,5	8,0

Weibliche Gebisse.

	3.	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	448	1093	1127	2308	2140 mg
Unterkiefer		898	1036	2345	2250 „
Anzahl der Zähne . . .	11	14	14	14	14

Durchschnitt:

Oberkiefer	40,8	78,0	80,5	165,0	152,5 mg
Unterkiefer		64,1	74,0	171,0	160,5 „

Berechnet pro Zahn in Prozenten der Gesamtkaufläche rechts und links, oben und unten im

Oberkiefer	2,1	4,0	4,1	8,4	7,7
Unterkiefer		3,2	3,7	8,7	8,1

Die weiblichen Gebisse zeigen durchweg kleinere Kauflächen als die männlichen; jedoch ist die prozentuale Verteilung auf die einzelnen Zähne bei beiden Geschlechtern nahezu ganz gleich. Jedesmal hat der untere erste Molar die größte Kaufläche, die Werte der Prämolaren betragen die Hälfte derjenigen der Molaren, die Werte der Eckzähne die Hälfte der der Prämolaren. Nur die beiden unteren Prämolaren der weiblichen Gebisse zeichnen sich durch besonders geringe Werte bei der Beteiligung an der Gesamtkaufläche aus. Im ganzen genommen ergeben die Resultate, nach Geschlechtern getrennt, dasselbe Bild wie in der Gesamtheit.

Bleibt noch übrig zu untersuchen, ob die Verteilung der Kauflächen auf die beiden Seiten gleich oder verschieden ist.

Rechts.

	3.	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	519	1850	1892	3750	3465 mg
Unterkiefer		1642	1826	3913	3732 „
Anzahl der Zähne . . .	12	22	22	22	22

Durchschnitt:

Oberkiefer	43,3	84,1	86,0	170,5	157,1 mg
Unterkiefer		74,6	83,0	177,8	169,6 „

Berechnet pro Zahn in Prozenten der Gesamtkaufläche oben und unten, rechts im

Oberkiefer	4,1	8,0	8,2	16,3	15,0
Unterkiefer		7,1	7,9	17,0	16,2

Links.

	3.	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	336	1050	1107	2238	2078 mg
Unterkiefer		919	1082	2309	2197 „
Anzahl der Zähne . . .	8	13	13	13	13

Durchschnitt:

Oberkiefer	42,0	80,7	85,0	172,0	159,0 mg
Unterkiefer		70,6	83,3	177,8	169,0 „

Berechnet pro Zahn in Prozenten der Gesamtkaufläche oben und unten, links im

Oberkiefer	4,1	7,8	8,2	16,6	15,3
Unterkiefer		6,8	8,0	17,1	16,3

Trotz der relativ kleinen Anzahl von Gebissen, die zur Verfügung standen und gemessen wurden, läßt sich mit einiger Sicherheit aus den Prozentzahlen auf eine vollständige Gleichheit der Gebißhälften schließen. Die Zahlen sind nahezu absolut gleich.

Was die Erscheinung des Nebenantagonismus betrifft, die Michaelis beim Fehlen eines Zahnes als besonders wichtig hervorhebt, so ist hierzu folgendes zu sagen: Michaelis rechnet beim Nebenantagonismus gleichmäßig für alle Zähne mit einem Wert von ein Viertel des Kauwertes eines Molaren oder Prämolaren. Tatsächlich nimmt aber die Größe des Nebenantagonismus vom Weisheitszahn bis zum Eckzahn zu, denn die hinteren Kanten der Weisheitszähne liegen ungefähr in einer Ebene, während wie oben (S. 296) gezeigt, die Kauflächen der unteren Molaren größer als die der oberen sind. Berechnet man den Anteil des Nebenantagonismus in Prozenten der Gesamtfläche für alle in Betracht kommenden Zähne so ergibt sich

	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Oberkiefer	1,1	1,4	1,6	1,4	1,0	0 %
Unterkiefer		1,1	1,4	1,6	1,4	1,0 %

Es sind dies durchweg so geringe Werte, daß sie für die Praxis vernachlässigt werden können. Man kann vielmehr als Regel aufstellen: Durch Entfernung eines Zahnes geht immer die doppelte Anzahl Kau-einheiten verloren, falls er noch in vollständiger Artikulation mit seinem Antagonisten gestanden hatte. Fehlte jedoch schon vorher der Antagonist, so bedeutet der Verlust des Zahnes nur die Einbuße der soeben mitgeteilten Kaueinheiten des Nebenantagonismus, die aber, weil zu geringwertig, nicht weiter berücksichtigt zu werden brauchen.

Aus den mitgeteilten Zahlen und Berechnungen läßt sich der Schluß ziehen, daß allerdings bezüglich der absoluten Größen der Kauflächen beim männlichen und weiblichen Geschlecht Unterschiede bestehen, — gemäß der kleineren Statur des Weibes sind auch die Zähne kleiner als beim Manne — jedoch ist die Beteiligung der Kauflächen der einzelnen Zähne an der Gesamtkaufläche bei beiden Geschlechtern, bei beiden Seiten gleich groß. Man braucht daher für die weitere Untersuchung nur die oben erwähnten Unterschiede zwischen Ober- und Unterkiefer zu berücksichtigen.

Der Wert eines Zahnes hängt jedoch außer von seiner Fläche noch von der Kraft ab, mit der er gegen seinen Antagonisten gepreßt wird. Ist diese Kraft zu gering, so können auch die besten Kauflächen keine Wirkung entfalten. Der Kaudruck selbst wird durch die Kaumuskeln erzeugt, deren Anatomie und Physiologie in der Einleitung bereits kurz besprochen wurde. Es handelt sich nun beim Kauen um wesentlich andere Bewegungen als beim Beißen: zu den einfachen vertikalen Bewegungen des Beißens gesellen sich horizontale, die vor allen Dingen

das Zermahlen und Zerquetschen der Speisen besorgen. Horizontale und vertikale Bewegungen werden nun durch dieselben Muskeln zustande gebracht; nur die Innervationen und die gruppenweise Tätigkeit der Muskeln sind verschieden. Soll der Kaudruck gemessen werden, so ist man bisher stets so vorgegangen, daß nur die vertikale Komponente bestimmt wurde. Nach obigem ist damit aber die Kraft sämtlicher Kaumuskel bereits gemessen. Man stellte fest, wieviel Kraft erforderlich ist, um den Unterkiefer bei festgeschlossenem Munde vom Oberkiefer zu trennen. Diese Methode wandte Eckermann²³⁾ mit dem von ihm hergestellten Gnathodynamometer an. Weiter wurde die Kraft des Zubeißens bestimmt, z. B. von Schwander²⁴⁾ mit einem besonderen Kaudruckmeßapparat, der die Kraft an einem vom Patienten abgewandten Manometer ablesen ließ. Auch das Collinsche Dynamometer, gewöhnlich zur Druckmessung des Handschlusses benutzt, wurde verwandt, z. B. von Hentze, indem zwei verstellbare Backen für das Zubeißen angebracht wurden. Noch andere, primitivere Methoden sind beschrieben worden. So legte z. B. Sauer²⁵⁾ bei geöffnetem Munde in der Gegend der ersten Molaren einen Draht über beide Zähne und Zunge, führte die beiden Enden außen herum, vereinigte sie und hing an den herabhängenden Draht verschieden große Gewichte, die durch die Kraft des Unterkiefers gehoben werden mußten.

Die Angaben über die Stärke des Kaudrucks sind außerordentlich verschieden^{23, 24, 25)}, Sigmund gibt eine Kaukraft von 650 kg an, Burras 250, Wedelstädt 175, Rosenthal 50, Sauer 25 kg. Nach Head und Black ist die Kraft 25—275 Pfund (englisch), Patrick fand 120 Pfund, Dennis 95 Pfund, Hauptmeyer 50—125 Pfund. Eckermann stellte fest, daß der Kaudruck an den Schneidezähnen nur halb so groß ist als an den Weisheitszähnen, Dennis fand ebenso zwischen den Molaren einen Druck von 65—85 Pfund, zwischen den Bicuspidaten 50—70 Pfund, zwischen den Schneidezähnen 30—35 Pfund. In den diesen Untersuchungen zugrunde liegenden Fällen betrug der Druck, gemessen mit dem allerdings nicht eichbaren Hentzeschen Dynamometer:

	links				rechts			
bei Claussen	7.	6.	5.	4.	4.	5.	6.	7.
	11	11	9	8	6	9	11½	11 kg

bei Paulsen an den Molaren ohne Prothese 25—26 kg, mit Prothese 22 kg, an den Schneidezähnen 18 kg.

Die Angaben sind also äußerst widersprechend, trotzdem kann man die Regel aufstellen, daß der Kaudruck für Männer in der Regel nicht unter 25 kg, für Frauen nicht unter 20 kg bei den Schneidezähnen herabgeht. Riechelmann²⁴⁾ teilt mit, daß im allgemeinen bei normalen Kiefern ein Schwanken zwischen 15—100 kg, bei Kieferverletzten

dagegen nur zwischen 7—30 kg gefunden wurde. Port-Euler gibt dies normale Schwanken dagegen für Männer auf 25—40 kg, bei Frauen auf 20—30 kg an.

Analysiert man nun die Ursachen, die zu derartigen Schwankungen führen, so spielt naturgemäß Alter, Geschlecht und Rasse bereits eine große Rolle. Noch mehr aber wird der Kaudruck durch Prothesen und Füllungen der Zähne beeinflusst, und zwar in ungünstigem Sinne. Ferner ist zu beachten, daß bei den Messungen wohl nur in den aller-seltensten Fällen das Maximum der Kraft bestimmt wurde. Legt man nämlich zwei Widerstände aus Holz, Metall, Gummi oder einem andern Material zwischen die Zähne, so verursacht das Zerbeißen gewisse Schwierigkeiten, indem durch den Akt des Bisses einerseits Schmerzen an der Wurzelhaut des Zahnes, anderseits Befürchtungen des Patienten ausgelöst werden, der Zahn könne zerbrechen. Auch direkte Absplitterungen wurden beobachtet. Es wird infolgedessen immer nur mit einem Teil der Kraft zugebissen. Durch Gewöhnung kann jedoch ein Ansteigen der Werte herbeigeführt werden. Und so gelangt man denn zu Zahlen wie 60—70—100 kg und noch mehr. Haselnüsse²⁴⁾ werden z. B. durch einen Endpreßdruck von 60—74 kg, Kirschsteine bei 47—60 kg, Mirabellensteine bei 90—100 kg, harte Schokolade bei 58—73 kg zerkleinert. Bei Akrobaten endlich findet man noch höhere Werte nämlich 250 kg²⁵⁾. Mit gutem Recht kann man daher von zwei Arten von Kaudruck sprechen: 1. von einem praktischen; für diesen genügen 30—80 kg, 2. von einem absoluten; dieser wird nach Messungen des gesamten Muskulaturquerschnittes von Ed. Weber²⁴⁾ auf 400 kg als Durchschnittswert angegeben. Dieser absolute Druck kommt aber für die Praxis nicht in Betracht.

Was nun die Verteilung des Druckes auf die einzelnen Zähne anbetrifft, ist, wie bereits oben an Zahlen mitgeteilt wurde, der Druck an den Schneidezähnen am kleinsten, an den Molaren am größten. Projiziert man sämtliche Zähne auf eine Ebene, die durch die Oberkanten des Meatus externus und durch die unteren Orbitalränder beiderseits gegeben ist, so ist nach anthropologischen Messungen an allen Menschenschädeln die Entfernung Schneidezahn-Kiefergelenk doppelt so groß wie Weisheitszahn-Kiefergelenk²⁴⁾. Die am Weisheitszahn wirkende Kraft wird daher doppelt so groß wie am ersten Schneidezahn sein, ein Resultat, das von Eckermann und Dennis wie oben angeführt, auch gefunden wurde.

Soll festgestellt werden, welcher Druckwert den übrigen Zähnen zukommt, so verbindet man die hinteren Kanten der Weisheitszähne durch eine Gerade und errichtet in ihrer Mitte das Lot, das die Zahnreihe zwischen den beiden ersten Schneidezähnen schneidet. Auf dieses Lot, das gleichsam den wirksamen Hebelarm darstellt, werden von

den einzelnen Zähnen wiederum Lote gefällt. Kommt dem ersten Schneidezahn dann der Wert 1 der hinteren Kante des Weisheitszahnes der Wert 2 zu, so findet man für

3.	4.	5.	6.	7.	8.
1,11	1,23	1,34	1,54	1,76	1,9

oder in Prozenten der gesamten Kraft

12,5%	13,9%	15,1%	17,3%	19,8%	21,4%
-------	-------	-------	-------	-------	-------

Nun war oben bereits ausgerechnet worden, wie die Verteilung der Kauflächen sich gestaltet. Bildet man die Summe der Eckzähne beiderseits, sowie die von je vier ersten und zweiten Prämolaren, sowie ersten, zweiten und dritten Molaren, so erhält man

3.	4.	5.	6.	7.	8.
3,2%	11,8%	12,8%	26,4%	24,8%	20,8%

Durch Multiplikation der Flächen mit den Druckgrößen ergibt sich

	3.	4.	5.	6.	7.	8.
	4	164	193	456	491	442
oder	2,3%	9,4%	11,0%	26,1%	28,0%	25,2%.

Es ist also eine Verschiebung der Werte in dem Sinne eingetreten, daß die Zähne vor dem ersten Molaren etwas geringer, hinter ihm etwas höher bewertet werden. Der Kauwert jedes einzelnen Zahnes (berechnet aus Fläche mal Druck) stellt sich

für die beiden oberen Eckzähne auf je .	1,2%
„ „ ersten Prämolaren auf je . . .	2,4%
„ „ zweiten Prämolaren auf je . . .	2,7%
„ „ ersten Molaren auf je	6,5%
„ „ zweiten Molaren auf je	7,0%
„ „ dritten Molaren auf je	6,3%

Dieses sind die endgültigen Kauwerte der Zähne, berechnet aus ihrer Größe und ihrer Stellung. Allerdings sind die Unterschiede zwischen Ober- und Unterkiefer nicht berücksichtigt, was für die Zwecke der Praxis wohl aber auch zu weitgehend sein dürfte.

Führt man eine analoge Berechnung wie oben angegeben, für das Gebiß ohne Berücksichtigung der beiden Eck- und der vier Weisheitszähne durch, so kommt man zu folgenden Werten:

für den ersten Prämolaren .	3,1%
„ „ zweiten Prämolaren .	3,7%
„ „ ersten Molaren . . .	8,8%
„ „ zweiten Molaren . .	9,4%

Die Kauwerte stellen den zuerst errechneten durchaus ähnliche dar.

Vergleicht man die errechneten Kauwerte mit denen, die in der Literatur niedergelegt und oben (S. 299 u. 300) mitgeteilt sind, so besteht

die größte Übereinstimmung mit den von Rohrer angegebenen Werten. Vernachlässigt man hier die Schneidezähne und die beiden unteren Eckzähne, berücksichtigt also nur diejenigen Zähne, die am Kauakt beteiligt sind, so stellt sich der Wert bei

	Rohrer	Schütz	Schütz nur nach Fläche
für 2 obere Eckzähne je . . .	1,1	1,2	1,6
„ 4 erste Prämolare je . . .	3,3	2,4	3,1
„ 4 zweite Prämolare je . .	3,3	2,7	3,2
„ 4 erste Molare je. . . .	6,7	6,5	6,6
„ 4 zweite Molare je	6,7	7,0	6,2
„ 4 dritte Molare je	4,5	6,3	5,2

Dadurch, daß der Druck mit einbezogen wurde in die Bewertung der Zähne, haben der zweite Molar und noch mehr der Weisheitszahn an Wert gewonnen. Man muß jedoch an Umstände denken, die den Wert besonders des Weisheitszahnes stark vermindern und die in der bisherigen Betrachtung nicht mit berücksichtigt sind. Ganz abgesehen von häufigen Stellungsanomalien, Unregelmäßigkeiten in der Verkalkung dieses Zahnes und ähnlichen Erscheinungen, muß auf ein mechanisches Hindernis hingewiesen werden, das den Kauwert dieses Zahnes besonders vermindert. Während noch bei den zweiten Molaren der Bissen ziemlich groß sein kann, vermögen die Weisheitszähne infolge ihrer nahen Stellung am Drehpunkte des Hebels am Kiefergelenk, nur noch Bissen von recht kleiner Größe zwischen sich zu bringen. Die hierdurch bedingte Kauverminderung muß also als recht beträchtlich eingeschätzt und von den errechneten Werten abgezogen werden. Vielleicht äußert sie sich in derselben Weise, allerdings in viel geringerem Maße, auch auf den zweiten Prämolaren.

Nachdem so der Anteil jedes einzelnen Zahnes an der Gesamtkaufläche auf anatomisch-mechanischem Weg sowie der Druck bestimmt ist, unter dem er arbeitet, soll schließlich gemäß unserer oben geäußerten Absicht (S. 293) geprüft werden, ob dieses Vorgehen die Resultate bestätigt, die oben aus der Bestimmung der Funktionswerte bei Claussen gewonnen wurden. Seine Zähne beteiligten sich nach ihrer Größe folgendermaßen an der Gesamtkaufläche:

	4.	5.	6.	7.
Oberkiefer	4,7	4,2	7,1	6,9%
Unterkiefer	4,7	4,8	8,7	9,5%

Die Kaudruckgrößen waren folgende (gemessen mit dem Hentzeschen Kaudruckmesser):

Links				Rechts			
7.	6.	5.	4.	4.	5.	6.	7.
11	11	9	8	6	9	1 1/2	11
				Stiftzahn	Ersatzstück unten		

Die Summe der Flächen der einzelnen Zähne betrug:

4.	5.	6.	7.
18,0%	17,8%	31,4%	32,6%

Zieht man für die Druckberechnung nur die linke Seite in Betracht, so verteilt sich der Gesamtdruck folgendermaßen:

4.	5.	6.	7.
20,5%	23,0%	28,2%	28,2%

Das Produkt aus Fläche mal Druck ergibt:

4.	5.	6.	7.	oder
372	410	885	902	
14,4%	15,8%	43,2%	35,5%	

d. h. für jeden	1. Prämolaren	3,6%	aus der Funktion berechnet	4,2
„ „	2. „	3,9%	„ „	4,2
„ „	1. Molaren	8,6%	„ „	8,3
„ „	2. „	8,3%	„ „	8,3

Es zeigt sich also eine gute Übereinstimmung, so daß man berechtigt ist, die vorgeschlagene Kauberechnung als richtig anzuerkennen. Als Gesamtergebnis läßt sich ableiten, daß der Wert eines Zahnes von seiner Kaufläche und von der Kraft anhängig ist, mit der er gegen seinen Antagonisten gepreßt wird. In erster Linie ist die Fläche von Bedeutung, je kleiner diese, um so geringer, je größer, um so bedeutender ist der Wert des Zahnes. Der Nebenantagonismus spielt nur eine ganz untergeordnete Rolle. Der Druck kommt ebenfalls nur in bescheidenen Grenzen in Betracht. Auch bei den Erfahrungen der täglichen Praxis dürfte dies der Fall sein, da in der Regel heute die Nahrung nicht mehr in dem harten Zustand in den Mund eingeführt wird wie ursprünglich. Die oben mitgeteilten Werte für Zerkleinerung von Nüssen und Kernen sind Ausnahmewerte. Für den gewöhnlichen Bedarf reicht auch ein etwas vermindelter Kaudruck vollständig aus, so daß man berechtigt ist, den Wert eines Zahnes dann auch nur nach seiner Kaufläche zu bemessen. Erst wenn Wurzelbehandlungen stattgefunden haben oder Prothesen getragen werden müssen, spielt der Druck eine wesentliche Rolle. Dies führt aber bereits in das Gebiet des Krankhaften hinüber und soll in dieser Arbeit nicht besprochen werden.

Unsere Untersuchungen über die Zerkleinerung der Nahrung durch die Zähne haben ein weites Abhängigkeitsverhältnis des Grades der Zerkleinerung vom Zahnzustand ergeben. Je mehr Zähne fehlen, um so ungünstiger wird die Zerkleinerung, um so weniger wird von der Speise gelöst. Sehr wichtig ist es nun, zu untersuchen, wie der Magen-Darmkanal in diesen Fällen sich verhält. Auch hier sei auf die Versuche von Lehmann⁸⁾ hingewiesen, nach denen die Ausnützung um so ungünstiger sich gestaltet, je gröber die einzelnen Speiseteilchen waren. Auch wissen wir aus Rubners²⁶⁾ Untersuchungen, daß die Art der Zubereitung der Speisen, bei der ja auch die Zerkleinerung

eine Rolle spielt, für die Ausnützung von großer Bedeutung ist. So werden z. B. bei der Kartoffel in Breiform das Eiweiß zu 80,5%, die Kohlenhydrate zu 99,3% ausgenützt, wird die Kartoffel dagegen nicht in Breiform gebracht, so sinken diese Werte bis zu 68% und 92%. Auch das Kochen spielt bei der Ausnützung eine wesentliche Rolle, indem die Substanzen quellen, die Zellwände gesprengt werden und dadurch in gewisser Weise auch eine Art Zerkleinerung eintritt. Andererseits hat sich aber ergeben, daß die Zerkleinerung allein für die Ausnützung nicht maßgebend sein kann. Sicher spielen auch noch andere Faktoren mit. Ehrmann und Wolf²⁷⁾ wiesen z. B. nach, daß ältere Individuen eine bessere Ausnützung der Amylaceen zeigten als jüngere, und daß Individuen mit makroskopisch schlechter Verwertung doch mikroskopisch und chemisch bei gleicher Nahrungsmittelzufuhr eine individuell bessere Ausnützung der Amylaceen aufwiesen. Den eingangs erwähnten Ansichten vieler Vegetarier und Anhänger des Fletcherns muß entgegengehalten werden, daß nach den Untersuchungen Rubners sich keineswegs gezeigt hat, daß vegetarisch lebende Völker die im allgemeinen nur schwer aufschließbaren Cerealien besser ausnützen als Europäer. Das gleiche fand Voit. Zuntz²⁸⁾ untersuchte Fletcher selbst in mehreren Stoffwechselversuchen. Es ergab sich dabei, daß Fletcher, der gerade auf Kartoffelkost mit Margarine oder Butter eingestellt war, pro Tag folgenden Umsatz hatte:

	Aufgenommene Mengen		Im Kot ausgeschiedene Mengen		Also ausgenützt	
	Calorien	N	Calorien	N	Calorien	N
1. Periode	2750	5,346 g	131,3	1,119 g	95,2%	77,2%
2. „	2116	4,415 g	113,5	1,043 g	94,6%	76,4%

Das Gewicht Fletchers schwankte zwischen 75 und 77 kg. Die aufgenommene Calorienmenge war nach der allgemein verbreiteten Ansicht für diesen Körper, namentlich in der zweiten Periode, zu klein. Dasselbe ist auch vom Eiweiß zu sagen. Und in der Tat war denn auch die Bilanz negativ, täglich wurden 0,5 g N vom Körper hergegeben. Fletcher wollte durch seine Art des Kauens die Ausnützung der Speisen erhöhen, so daß er imstande sei, mit weniger Nahrung auszukommen, als es für gewöhnlich als notwendig erachtet wurde. Auch dies ist nicht der Fall, wie ein Vergleich mit dem Rubnerschen Kartoffelversuch zeigt, wo das Eiweiß zu 80,5%, die Calorien zu 95,4% resorbiert wurden. Nach Zuntz' Versuchen wird also durch das übertriebene Kauen weder die Resorption gebessert noch der Gesamtbedarf vermindert. Im Gegenteil! Die Arbeit des Kauens, die der Gefräßigkeit entgegengerichtet sei, kann in dieser Weise nur bei „Schlingen“ aufgefaßt werden. Sie verlangt aber selbst Energieauf-

wand, und dieser kann viel größer werden, als man gemeinhin annimmt. So fand Zuntz beim Pferd einen Energieaufwand für die Kauarbeit bis 10% der eingebrachten Menge.

Es ergab sich aus den mitgeteilten Beobachtungen die Notwendigkeit, die Ausnützung erneut zu prüfen, und zwar an ein und derselben Versuchsperson mit gutem und schlechtem Gebiß.

Paulsen und Dimigen haben in Gemeinschaft mit Schütz zwei derartige Ausnützungsversuche angestellt. Über die Technik der Gebißverschlechterung ist nichts Neues mitzuteilen, sie war dieselbe wie oben beschrieben. Zur Untersuchung gelangten in drei Versuchen Brot allein und gemischte Kost in verschiedenen langer Versuchszeit. Von den drei Versuchen dauerte der erste (Brotversuch) je 4 Tage, der zweite (Versuch mit gemischter Kost), der sich unmittelbar an den ersten anschloß, je 2 Tage, der dritte (Versuch mit gemischter Kost) je 7 Tage. Geprüft wurden die Ausnützung der Trockensubstanz, des Eiweißes sowie der Energiemenge. Die Abgrenzung der Kotproben wurde mit Carmin oder Tierkohle in Oblaten vorgenommen und lieferte stets einwandfreie Resultate. Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurde das Material zunächst bei 90° getrocknet, bis es sich zermahlen ließ, dies geschah in einer Mühle. Von dem Pulver wurde eine gewisse Menge bei 90° über Phosphorpentoxyd im Vacuum bis zur Konstanz getrocknet. Die Bestimmung des Stickstoffes geschah nach Kjeldahl, die der Calorienmenge in der Mahler-Berthelotschen Bombe [Roggenkamp³¹⁾].

Der erste Ausnützungsversuch (Paulsen und Schütz) fand statt vom 2.—13. III. 1920, und zwar:

der Brotversuch mit gutem Gebiß	2.—5. III.
„ „ „ schlechtem Gebiß	6.—9. III.
„ Versuch mit gemischter Kost mit gutem Gebiß	10.—11. III.
„ „ „ „ „ schlechtem Gebiß	12.—13. III.

Am 2., 6., 10., 12. und 14. III wurden morgens $\frac{1}{2}$ 9 Uhr nüchtern je 0,5 g Carmin oder 6 g Kohle eingenommen.

Der Brotversuch gestaltete sich denn folgendermaßen: Dekortiziertes Roggenmehl von 80% Ausmahlung wurde zum Backen der Brote benutzt, die sämtlich in einem einzigen Backprozeß hergestellt wurden. Von jedem Brot wurde sofort, nachdem es aus dem Ofen genommen war, das Gewicht festgestellt, das gleiche geschah, wenn es zum Versuch herangezogen wurde. Auf diese Weise war der Gewichtsverlust durch das Lagern festgestellt. Von jedem Brot wurden die Enden (Kruste) entfernt und gewogen, in den Versuch gelangten somit nur die Mittelstücke. Die Versuchsanordnung war somit die gleiche wie bei Rubner und Thomas²⁹⁾. Das Brot schmeckte aus-

gezeichnet, gab nur wenig Kot, keinerlei Flatulenz. Pro Tag stand pro Person ein Brot zur Verfügung, von dem jeder so viel essen konnte, wie er wollte. Was nicht gebraucht wurde, wurde zurückgewogen. Es wurde noch besonders darauf geachtet, daß in der Periode mit gutem und in der mit schlechtem Gebiß möglichst gleich viel zur Aufnahme kam.

Paulsen nahm in 4 Tagen mit gutem Gebiß 4116 g Brot = 2512 g Trockensubstanz und 30,15 g Stickstoff, mit schlechtem in 4 Tagen 4190 g Brot = 2550 g Trockensubstanz und 30,6 g N zu sich. An Kot waren es in der ersten Periode 762 g = 186,2 g Trockensubstanz und 9,37 g Stickstoff.

Bei Schütz waren die entsprechenden Zahlen geringer. Mit gutem Gebiß wurden in 4 Tagen 3496 g Brot = 2143 g Trockensubstanz und 25,75 g N, mit schlechtem Gebiß in 4 Tagen 3211 g Brot = 1967 g Trockensubstanz. und 23,6 g N aufgenommen. Die Kotzahlen waren in der ersten Periode 559 g = 140,5 g und 7,64 g N, in der zweiten 476 g = 125 g Trockensubstanz und 5,6 g Stickstoff.

Betrachtet man die Ausnützung, so ergab sich:

Bei Paulsen gingen zu Verlust:

mit gutem	Gebiß von der Tr.-S.	7,42%	vom Stickstoff	37%
„ schlechtem	„ „ „ „	8,93%	„	37%

Bei Schütz gingen zu Verlust:

mit gutem	Gebiß von der Tr.-S.	6,54%	vom Stickstoff	29%
„ schlechtem	„ „ „ „	6,36%	„	23,7%

Die Versuchsergebnisse zeigen bei beiden Personen beinahe vollständig übereinstimmende Werte, was die Gesamtausnützung betrifft. Der Einfluß des Gebisses ist gering, da die Trockensubstanz ungefähr gleich gut mit schlechtem und gutem Gebiß ausgenützt wurde, während das Eiweiß ein wechselndes Verhalten zeigte, indem es in der Periode mit schlechtem Gebiß bei Schütz besser, bei Paulsen schlechter ausgenützt wurde, als in der Periode mit gutem Gebiß.

Die in der Literatur niedergelegten Werte für die Brotausnützung sind sehr verschieden. So beträgt in Einzelversuchen nach Rubner²⁸⁾, Neumann²⁾, Thomas, Kohlrausch³⁰⁾ der Verlust

	an Tr.-S.	an N	
Roggenbrot 30% Ausmahlung	4,03%	20,1%	Rubner zit. nach Noorden
„ 70% „	6,66%	24,6%	„ „ „ „
„ 95% „	12,23%	30,5%	„ „ „ „
Grobes Roggenbrot.	13,1%	36,7%	„
Vollkornroggenbrot	20,0%	46,6%	„
Vollkorn trockene Vermahlung	10,6%	38,4%	Rubner u. Thomas
„ feuchte Vermahlung	12,1%	35,1%	„ „
Graubrot 82% Ausmahlung . .	11,6%	40,4%	Thomas u. Kohlrausch

	an Tr.-S.	an N	
Grobes Weizenbrot	12,2%	30,5%	Rubner
Mittelfeines Weizenbrot	6,7%	24,6%	„
Feines Weizenbrot	4,2%	21,8%	„
Weizenbrot, fein	5,0%	19,0%	Neumann zit. nach Noorden
„ mittelfein	6,5%	25,0%	„ „ „ „
„ grob	10,0%	28,0%	„ „ „ „
Roggenbrot, fein	7,0%	27,0%	„ „ „ „
„ mittelfein	11,5%	32,0%	„ „ „ „
„ grob	16,0%	40,0%	„ „ „ „

Die Werte des Brotversuchs liegen innerhalb der Streubreite obiger Zahlen. Sie sollten eigentlich denen für Graubrot gleichkommen, jedoch ist die Ausnützung besser, sie kommt der für feineres Brot nahe. Es wird jedoch²⁾ in neuerer Zeit immer mehr darauf aufmerksam gemacht, daß die Ausnützungsgrößen innerhalb bedeutender Größen schwanken können; bis 10% um den Mittelwert kommen bei verschiedenen Personen vor, ja selbst noch größere Schwankungen werden gelegentlich beobachtet, ohne daß objektive oder subjektive Beschwerden auftreten. Rubner macht die verschiedenartige Verdaulichkeit der Zellmembran bei den einzelnen Personen hierfür verantwortlich, Noorden weist darauf hin, daß diese Frage doch außerordentlich eng mit dem Problem der Gewöhnung zusammenhänge. Da die vorliegenden Versuche nach dem Kriege gewonnen wurden, so ist es sehr wohl möglich, worauf Noorden²⁾ ebenfalls hinweist, daß der Darm sich daran gewöhnt hat, auch mit gröberem Brot besser als früher fertig zu werden. Nach den Erfahrungen mit Kriegsbrot ist die Bekömmlichkeit der schwerverdaulichen Brote gewachsen. Möglich, daß die Darmflora sich verändert hat, möglich, daß die Art der Enzyme anders geworden ist. Für das erste spricht jedenfalls die ganz zufällig gemachte Beobachtung, daß die Darmflora von Schütz nach dem Brotversuch ein ganz anderes Aussehen zeigte. Während es vorher ein reiner Colistuhl war, wuchs nachher, und zwar wochenlang später kein einziges *Bacterium coli*, sondern nur *Streptococcus acidi lactici*.

Der Versuch mit gemischter Kost, der unmittelbar an den Brotversuch angeschlossen wurde, sollte feststellen, wie in der Praxis des täglichen Lebens sich die Dinge gestalten würden, wo ja auch keine einseitige Ernährung stattfindet. Außer Brot wurde Fleisch mit Sauce, Salzkartoffeln einmal mit Bohnen, ein andermal mit Sauerkohl, endlich abends Bratkartoffeln, alles in den beiden Versuchsperioden in möglichst gleicher Menge, gereicht. Von jedem Bestandteil der Mahlzeit wurden aliquote Teile untersucht. Die Zusammensetzung war folgende, wobei gleichzeitig die Untersuchung der zugehörigen Kotproben angeschlossen sei:

Zusammensetzung der Speisen und des Kotes im Versuch mit gemischter Kost
10.—13. III. 1921.

Substanz	Wassergehalt	Tr.-S.	N-Gehalt der Tr.-S.
Fleisch	57,2%	42,8%	12,68%
Kartoffeln	76,05%	23,95%	1,05%
Bohnen	69,8%	30,2%	3,835%
Sauerkohl	93,27%	6,73%	1,65%
Brot	38,7%	61,3%	1,2%
Bratkartoffeln	64,4%	35,6%	0,92%
Kot (Paulsen):			
10.—11. III.	73,8%	26,2%	5,7%
12.—13. III.	77,0%	23,0%	6,05%
Kot (Schütz):			
10.—11. III.	78,5%	21,5%	5,33%
12.—13. III.	65,1%	34,9%	6,35%

Die aufgenommenen Mengen (in Gramm) betrugen in den beiden Perioden bei Paulsen:

	10.—11. III.			12.—13. III.		
	Menge	Tr.-S.	N	Menge	Tr.-S.	N
Fleisch	187 g	80,1 g	10,17 g	168 g	72,0 g	9,13 g
Kartoffeln	722 g	173,0 g	1,82 g	611 g	146,5 g	1,543 g
Bratkartoffeln	598 g	213,5 g	1,96 g	450 g	160,3 g	1,474 g
Bohnen	494 g	149,4 g	5,73 g	494 g	149,4 g	5,73 g
Sauerkohl	170 g	11,45 g	0,189 g	225 g	15,14 g	0,25 g
Brot	925 g	569,0 g	6,83 g	1227 g	755,0 g	9,06 g
		1196,45 g	26,699 g		1298,34 g	77,187 g

bei Schütz:

	10.—11. III.			12.—13. III.		
	Menge	Tr.-S.	N	Menge	Tr.-S.	N
Fleisch	193 g	82,5 g	10,47 g	196 g	84,0 g	10,65 g
Kartoffeln	823 g	197,2 g	2,08 g	490 g	117,2 g	1,236 g
Bratkartoffeln	692 g	246,0 g	2,26 g	541 g	192,7 g	1,77 g
Bohnen	285 g	86,2 g	3,305 g	275 g	83,2 g	3,19 g
Sauerkohl	218 g	14,7 g	0,245 g	252 g	16,7 g	0,279 g
Brot	785 g	481,0 g	5,77 g	790 g	485,0 g	5,82 g
		1107,6 g	24,128 g		978,8 g	22,945 g

Die ausgeschiedenen Kotmengen betrugen:

	10.—11. III.			12.—13. III.		
	Menge	Tr.-S.	N	Menge	Tr.-S.	N
Paulsen	240 g	26,9 g	3,589 g	559 g	128,4 g	7,77 g
Schütz	288 g	62,0 g	3,31 g	334 g	81,7 g	5,2 g

Berechnet man hiernach die Ausnützung, so gingen zu Verlust:

		von der	
		Tr.-S.	N.-S.
bei Paulsen mit gutem Gebiß		5,77%	13,43%
„ „ „ schlechtem Gebiß		9,9%	28,6%
„ Schütz „ gutem Gebiß		5,77%	13,7%
„ „ „ schlechtem Gebiß		8,8%	22,65%

Die Übereinstimmung der Ausnützung der Kost mit gutem Gebiß ist sowohl für die Trockensubstanz wie für das Eiweiß ganz ausgezeichnet zu nennen. Wird das Gebiß verschlechtert, so tritt bei allen Werten ein deutlicher Ausschlag ein. Trockensubstanz und Eiweiß werden schlechter, wenn auch nur in geringem Grade ausgenutzt, bei Paulsen mehr als bei Schütz. Das Brot, das bei diesem Versuch sowohl nach Trockensubstanz als auch nach Eiweißgehalt wesentlich beteiligt war, kann nach dem ersten Brotversuch keine Rolle hierbei gespielt haben. Dies steht auch gut mit den Lehmannschen Untersuchungen im Einklang, nach denen es bei Brot nicht so sehr darauf ankommt, ob es in gröberer oder feinerer Zerkleinerung den Magen-Darmsäften dargeboten wird. Infolge seines durch den Backprozeß bedingten lockeren Gefüges kann Brot auch ohne gut gekaut zu sein, aufgeschlüsselt und den Verdauungssäften zugänglich gemacht werden. Dagegen dürften für die schlechtere Ausnützung mit schlechtem Gebiß sowohl die Bohnen als auch die Bratkartoffeln eine wesentliche, das Fleisch und die Kartoffeln dagegen eine mehr untergeordnete Rolle gespielt haben, jedoch soll hervorgehoben werden, daß der Stuhl makroskopisch niemals unzerkleinerte Reste aufwies.

Die Ausnützungsversuche im März 1920 hatten daher das Ergebnis gezeigt, daß der Einfluß des Gebisses bei einseitiger Brotkost außerordentlich gering ist. Bei gemischter Kost dagegen wurde eine deutliche Verschlechterung der Ausnützung bei mangelhaftem Kauvermögen festgestellt. Diese Verschlechterung war jedoch nicht sehr groß.

Hatten die vorstehenden Untersuchungen allgemeine Richtlinien über den Einfluß des Gebisses auf die Ausnützung der Nahrung gegeben, so wurde weiter geplant, die Ergebnisse des Versuchs mit gemischter Kost während einer länger dauernden Zeitspanne noch einmal genau nachzuprüfen. Die Kaufähigkeit wurde noch weiter als im ersten Versuch herabgesetzt, indem, wie eingangs mitgeteilt, die zweiten Molaren nicht nur durch ein dünnes Blech, sondern durch eine 5 mm hohe Kappe voneinander getrennt wurden. Konnte man einwenden, daß im ersten Versuch die Distanz der Zähne nur gering war und nicht verhinderte, daß auch noch mit anderen Zähnen als nur den zweiten Molaren, wenn auch nur in geringem Maße, gekaut wurde, so war jetzt jegliche Benutzung des Gebisses außer an den Stellen, wo die Kappen saßen, vollständig unmöglich. Der Versuch dauerte je 7 Tage, und zwar war diesmal die erste Periode diejenige, in der mit schlechtem Gebiß gegessen wurde. Der Versuch dauerte vom 7. XII. 1920 bis 20. XII. 1920. Die Abgrenzung des Kotes geschah mit je 0,5 g Carmin. Die verwendeten Brote wurden, wie oben angegeben, in einem einzigen Backprozeß für den ganzen Versuch fertiggestellt, die Speisen nach bestimmtem Rezept gekocht, trotzdem in jeder Periode gesondert

untersucht, falls sie nicht für die letzten Tage der ersten und die ersten Tage der zweiten Periode auf einmal zubereitet waren. Es wurde besonders darauf gesehen, daß mit schlechtem Gebiß soviel wie irgend möglich gegessen wurde, indem man von der Überlegung ausging, die Speisenmengen sowohl im ganzen als auch in allen einzelnen Teilen in beiden Perioden ausreichend und gleich groß zu gestalten. Dieses Ziel war aber mit Sicherheit nur dann zu erreichen, wenn bei langer Dauer der Perioden nicht mehr gegessen wurde, als mit der Prothese möglich war. Es sei nämlich schon hier erwähnt, daß die Nahrungsaufnahme mit unvollständigem Gebiß unwillkürlich geringer gehalten wird als mit vollständigem. Als Versuchsperson standen Dimigen und Schütz zur Verfügung. Die Nahrungsaufnahme war folgende:

7. XII. Dienstag:		Dimigen	Schütz
Brot		410	349
Marmelade		35	22
Wurst.		—	31
Käse		42	45
Erbsen mit Kartoffeln		1060	825
Bratkartoffeln		195	205
Zucker		35	65
Margarine		9	32
Speck.		83	65
8. XII. Mittwoch:			
Brot		409	304
Marmelade		44	30
Margarine		7	18
Wurst.		27	32
Speck.		27	28
Gebr. Fleisch (Rind)		83	85
Kartoffeln.		200	168
Rotkohl.		532	244
Zucker		35	70
Bratkartoffeln		280	312
9. XII. Donnerstag:			
Brot		315	348
Marmelade		—	44
Steckrüben und Kartoffeln		827	866
Bratkartoffeln		222	250
Speck		30	36
Margarine		34	26
Zucker		10	10
10. XII. Freitag:			
Brot		502	442
Marmelade		20	39
Wurst.		23	36
Käse		60	30
Kartoffelpuffer.		605	488
Margarine		31	28
Zucker		70	40

11. XII. Sonnabend:			Dimigen	Schütz
Brot			378	408
Marmelade			16	40
Bohnen			300	310
Kartoffeln			220	170
Bratkartoffeln			—	370
Margarine			23	40
Zucker			20	25
12. XII. Sonntag:				
Brot			404	369
Wurst			—	21
Käse			46	25
Kochwurst			125	152
Grünkohl			400	350
Kartoffeln			140	220
Bratkartoffeln			185	370
Margarine			33	38
Zucker			45	35
13. XII. Montag:				
Brot			335	332
Marmelade			20	13
Wurst			23	20
Mohrrüben und Kartoffeln			500	300
Fleisch, gekocht (Schwein)			87	65
Bratkartoffeln			280	390
Zucker			60	30
Margarine			24	18
14. XII. Dienstag:				
Brot			358	332
Marmelade			15	16
Käse			25	—
Bohnen			329	349
Kartoffeln			250	200
Bratkartoffeln			440	460
Margarine			13	24
Zucker			40	45
Speck			45	50
15. XII. Mittwoch:				
Brot			437	524
Marmelade			30	34
Käse			30	20
Kochwurst			115	120
Grünkohl			300	350
Kartoffeln			200	240
Bratkartoffeln			270	225
Zucker			20	15
Margarine			26	38
Speck			35	30

16. XII. Donnerstag:		
Brot	249	482
Marmelade	42	62
Wurst.	—	20
Fleisch, gekocht	70	85
Mohrrüben	500	400
Bratkartoffeln	435	570
Margarine	14	19
Zucker	40	30
17. XII. Freitag:		
Brot	43½	415
Marmelade	30	—
Käse	13	16
Steckrüben mit Kartoffeln	830	870
Bratkartoffeln	278	300
Margarine	23	43
Zucker	60	32
Speck.	70	75
18. XII. Sonnabend:		
Brot	443	308
Marmelade	16	13
Wurst.	38	40
Kartoffelpuffer.	575	552
Margarine	40	19
Zucker	60	55
19. XII. Sonntag:		
Brot	429	266
Marmelade	27	—
Käse	36	46
Gebr. Fleisch	93	90
Rotkohl.	500	300
Kartoffeln.	200	175
Bratkartoffeln	—	225
Margarine	27	35
Zucker	30	40
20. XII. Montag:		
Brot	458	240
Marmelade	—	20
Wurst.	40	100
Käse	24	27
Erbsen mit Kartoffeln	1000	590
Bratkartoffeln	—	250
Margarine	44	38
Zucker	40	35

Eine Zusammenstellung der aufgenommenen Nahrungsmengen in den beiden Perioden ergab für

	Dimigen		Schütz	
	I. Periode g	II. Periode g	I. Periode g	II. Periode g
Brot	2753	2808	2552	2567
Marmelade	135	160	188	145
Wurst	73	78	150	160
Margarine	161	187	200	216
Speck	140	150	129	155
Zucker	285	290	275	252
Käse	148	128	100	109
Bratkartoffeln	1162	1423	1897	2030
Salzkartoffeln	560	650	558	615
Erbsen mit Kartoffeln . . .	1060	1000	825	590
Gebratenes Fleisch	83	93	85	90
Rotkohl	532	500	244	300
Steckrüben und Kartoffeln .	827	830	866	870
Kartoffelpuffer	605	575	488	552
Bohnen mit Kartoffeln . . .	300	329	310	349
Kochwurst	125	115	152	120
Grünkohl	400	300	350	350
Mohrrüben und Kartoffeln .	500	500	300	400
Gekochtes Fleisch	87	70	65	85

Soweit es in einem 14tägigen Versuch irgend zu erzielen war, konnte eine genügende Übereinstimmung der während jeder Versuchsperiode eingenommenen Nahrungsmengen erzielt werden.

Wendet man sich nun zu der Betrachtung der ausgeschiedenen Kotmengen, so ergab sich:

	Dimigen g	Schütz g
8. XII.	0	234
9. XII.	268	190
10. XII.	103	293
11. XII.	335	147
12. XII.	13	289
13. XII.	310	89
14. XII.	232	235
15. XII.	17	10
15. XII.		110
16. XII.	336	351
17. XII.	65	186
18. XII.	210	0
19. XII.	150	174
20. XII.	160	0
21. XII.	290	0
22. XII.	137	149
In der I. Periode . .	1278	1487
„ „ II. „ . .	1348	1132

In der oben beschriebenen Art und Weise wurde von den Speise- und Kotproben die Trockensubstanz, der Stickstoffgehalt und die Calorienmenge bestimmt. Die Analysen ergaben folgende Werte:

	Tr.-S. %	N-Gehalt %	Calorien
Brot	61,05	1,22	274
Marmelade	47,45	1,12	224
Wurst.	90,12	5,3	629
Margarine	90,9	0	800
Speck.	89,5	1,8	754
Zucker	99,9	0	394
Käse	68,65	6,4	423
Bratkartoffeln	29,83	0,23	141
Salzkartoffeln	23,2	1,24	99,5
Erbsen m. Kartoffeln, I. Periode. .	22,29	1,62	110
" " " II. " . . .	30,29	0,98	142
Gebratenes Rindfleisch	46,3	3,1	306
Rotkohl.	12,1	0,21	61,4
Steckrüben u. Kartoffeln, I. Periode	6,5	1,098	30,0
" " " II. " . . .	13,0	0,17	53,5
Kartoffelpuffer.	41,3	0,45	216,5
Bohnen mit Kartoffeln	36,0	1,06	184
Kochwurst	24,8	2,53	151,5
Grünkohl	13,0	0,38	60,0
Mohrrüben mit Kartoffeln	12,94	0,17	56,4
Gekochtes Fleisch	30,65	4,5	174
Kot (Dimigen): I. Periode	25,98	1,21	141
II. " 	22,63	1,02	120,5
Kot (Schütz): I. " 	21,92	1,04	119,2
II. " 	23,2	1,07	128,1

Aus den mitgeteilten Zahlen für die Zusammensetzung der Speisen geht als wichtigstes Ergebnis hervor, daß es unbedingt nötig ist, bei einzeln zubereiteten Speisen auch jedesmal eine besondere Analyse vorzunehmen. Die Werte für Erbsen und Steckrüben demonstrieren dies auf das deutlichste. Der Caloriengehalt der einzelnen Speisen schwankt außerordentlich, je nach Wasser- und Fettgehalt der Nahrung. 100 g Kot liefern 119—141 Calorien, die Streuungsbreite erscheint sehr gering. Bezieht man die Calorien des Kotes auf seinen N-Gehalt, so findet man nach Rubner¹⁾ hier eine außerordentlich große Schwankungsbreite, pro 1 g N 66—159 Calorien. Unsere Werte liegen gerade in der Mitte und liefern bei beiden Versuchspersonen in beiden Perioden beinahe die gleichen Werte, nämlich auf 1 g N bei

Dimigen in der 1. Woche 116 Cal., in der 2. Woche 118 Cal.

Schütz „ „ 1. „ 115 „ „ „ 2. „ 120 „

Aus der Tabelle über die relative Zusammensetzung der Speisen und der Kotproben sowie der über die aufgenommenen Nahrungs- und ausgeschiedenen Kotmengen kann man für jede Speise- wie Kotprobe die betr. Gramm Trockensubstanz, Stickstoff und Calorien errechnen. Hier seien der Einfachheit halber nur die Gesamtsummen für jede Woche und jede Person angegeben.

	Aufgenommen wurden			Ausgeschieden wurden		
	Tr.-S.	N	Calor.	Tr.-S.	N	Calor.
Dimigen:						
Mit schlechtem Gebiß . . .	3868,3 g	78,66 g	19 319	332 g	15,5 g	1800
„ gutem Gebiß	4145,7 g	82,07 g	20 856	305 g	13,7 g	1620
Schütz:						
Mit schlechtem Gebiß . . .	3883,5 g	75,56 g	19 702	326 g	15,4 g	1770
„ gutem Gebiß	4070,4 g	80,06 g	20 581	263 g	12,4 g	1450

Auch aus diesen Zahlen geht hervor, daß das Ziel, eine gleichmäßige Zufuhr von Nahrungsmitteln in beiden Versuchsperioden, bei beiden Versuchspersonen erreicht ist.

Berechnet man aus den mitgeteilten Zahlen die täglich zur Verfügung stehenden Mengen, um zu entscheiden, ob die Zufuhr von Nahrungsmitteln für den täglichen Bedarf genügt, so findet man an Eiweiß und an ausnützbaren Calorien bei

Dimigen:	in der	I. Periode	70,3 g	Eiweiß	und	2625	Calorien
„ „	II.	„	73,3 g	„	„	2820	„
Schütz:	„ „	I.	„	67,6 g	„	2705	„
„ „	II.	„	„	71,4 g	„	2820	„

Da das Lebendgewicht der beiden Versuchspersonen 65 und 63 kg betrug, an Arbeit die auch sonst übliche Laboratoriumstätigkeit ausgeführt wurde, so genügen die zugeführten Mengen vollständig. Die Eiweißwerte sind etwas niedriger, als sonst als Norm angegeben wird, sie genügen jedoch als Durchschnittswerte für 14 Tage, so daß ein Einschmelzen von Körpereiweiß nicht erwartet werden kann.

Betrachtet man nun endlich die Ausnutzungsverhältnisse, so sind nicht resorbiert bei

Dimigen:	Trockensubstanz	N-Substanz	Calorien
Mit schlechtem Gebiß .	8,6%	20,0%	9,3%
„ gutem Gebiß . . .	7,4%	16,7%	7,9%
Schütz:			
Mit schlechtem Gebiß .	8,4%	20,7%	9,0%
„ gutem Gebiß . . .	6,5%	15,5%	7,1%

Hat man gemischte Kost vor sich, so werden die Verluste naturgemäß in jedem einzelnen Falle verschieden sein, da ja jedesmal auch die Kost verschieden zusammengesetzt ist. Es lassen sich Vergleiche der mitgeteilten Zahlen mit den in der Literatur niedergelegten daher nur mit einiger Reserve anführen. So rechnet Atwater¹⁾ bei gemischter leicht verdaulicher Kost mit einem Verlust an potentieller Energie in 117 Versuchen von 2,6–11,7%, Rubner schätzt den Verlust auf 8,11%. In Versuchen mit gemischter Kost und 99 g Speck betrug der Verlust an Trockensubstanz 8,5%, an N 12,1%, mit gemischter Kost und 195 g Speck betrug der Verlust an Trockensubstanz 9,2%, an

N 14,0%. Die Zahlen dieses sowie des ersten kurzdauernden Versuches mit gemischter Kost zeigen beinahe genau dieselben Werte, es kann also auch hier von einer guten Übereinstimmung zu den in der Literatur niedergelegten Werten gesprochen werden.

Vergleicht man die Ausnützung bei gutem und schlechtem Gebiß, so zeigt sich, einerlei in welcher Reihenfolge die Versuche angestellt werden, stets eine schlechtere Ausnützung bei unvollkommenem Gebiß. Die Unterschiede sind im Gegensatz zum Brotversuch stets eindeutig, sie sind in beiden Versuchen mit gemischter Kost, die zu ganz verschiedenen Zeiten mit teilweise anderen Versuchspersonen durchgeführt wurden, nahezu dieselben. So stellt der zweite Versuch eine glänzende Bestätigung des ersten dar. Noch ein interessanter Befund konnte erhoben werden: im zweiten Versuch sind die Differenzen der Ausnutzungswerte für gutes und schlechtes Gebiß kleiner als im ersten, trotzdem der Versuch viel ausgedehnter und das Kauvermögen viel stärker als beim erstenmal herabgesetzt war. Da die Zusammensetzung der Nahrung nicht anders war, so bleibt nichts weiter übrig, als in dieser Erscheinung einen Anpassungsvorgang des Körpers an die veränderte Speisenaufnahme zu erblicken. Der Körper lernt auch mit weniger fein zerkleinertem Material fertig zu werden, möglich auch, daß Zunge, Wangen und Gaumen die Arbeit der Zähne in einem mit der Dauer der Versuche zunehmenden Maße übernommen haben.

Zusammenfassung.

Auf Grund der vorgenommenen Untersuchungen und Überlegungen über die Zusammenhänge zwischen Gebiß und Verdauung läßt sich also sagen, daß durch ein schlechtes Gebiß das Kauvermögen, die Zerkleinerung der Speisen, ganz wesentlich leidet. Die Beeinträchtigung des Kauvermögens geht parallel mit dem Grade der Unvollständigkeit des Gebisses. Der Wert jedes einzelnen für die Kaufähigkeit benutzten Zahnes setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: der Größe seiner Kaufläche und der Stellung in der Zahnreihe, d. h. der Kraft, mit der er gegen seinen Antagonisten geführt wird. Während die Kauflächengröße von ausschlaggebender Bedeutung ist, korrigiert der Kaudruck den Wert des Zahnes nur in bescheidenem Maße, dies jedenfalls unter normalen, nicht pathologischen Verhältnissen. Im auffallenden Gegensatz zu den Ergebnissen über die Zerkleinerung stehen die Resultate bei den Ausnützungsversuchen. Hier ist eine Beeinträchtigung bei schlechtem Gebiß und gemischter Kost zwar vorhanden, jedoch durchaus nicht bedeutend, und nicht imstande, den oftmals beobachteten schlechten Ernährungszustand der Menschen mit mangelhaftem Gebiß zu erklären. Der Darm besitzt nach den vorgenommenen Untersuchungen sicher die

Fähigkeit, auch schlechter zerteilte Nahrung allmählich besser auszunützen, die Gewöhnung spielt ihre Rolle. Auch die Zunge, der Gaumen und die Wangen treten vikariierend in Tätigkeit bei der Zerkleinerung der Nahrung. Jedoch bedarf es hierzu einer längeren Zeit als normal, ferner einer größeren Aufmerksamkeit des Kauenden. In der Hetze des täglichen Lebens werden aber diese Dinge nicht immer beobachtet, außerdem stellen sich oft Unlustgefühle und vor allen Dingen ein vorzeitiges Sättigungsgefühl ein, so daß die Nahrungsaufnahme über die Maßen klein gehalten wird. Die Bedeutung eines mangelhaften Gebisses scheint also nicht so sehr in einer schlechten Kaufähigkeit und herabgesetzten Ausnützung der Speisen zu liegen, wie vielmehr in einer auf psychische Einflüsse zurückzuführenden Beeinträchtigung der Speisenaufnahme, die im Laufe der Zeit zu einer allgemeinen Schwächung des Ernährungs- und Gesundheitszustandes zu führen imstande ist.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie. Bd. 21. Hirzel, Leipzig 1905. — ²⁾ Noorden und Salomon, Handbuch der Ernährungslehre. I. Bd. Jul. Springer, Berlin 1920. — ³⁾ Frey, Vorlesungen über Physiologie. Jul. Springer, Berlin 1904. — ⁴⁾ Schreuer und Riegel, Bedeutung des Kauaktes für die Magensaftsekretion. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 4. 1900—1901. — ⁵⁾ Fermi, Über die Verdaulichkeit der Speisen im Magen. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 1901. — ⁶⁾ Fermi, Über das Kauen der Speisen. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 1901. Suppl. — ⁷⁾ Lehmann, Über die Zerkleinerung und Lösung der Speisen beim Kauen. Sitzungsber. d. phys.-med. Ges. Würzburg; ref. Münch. med. Wochenschr. 1900, S. 984. — ⁸⁾ Lehmann, Über die Bedeutung der Zerkleinerung und des Kochens der Speisen für die Verdauung. Arch. f. Hyg. 43. 1902; Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1902, Nr. 24. — ⁹⁾ Gaudenz, Über die Zerkleinerung und Lösung der Nahrungsmittel beim Kauakt. Arch. f. Hyg. 39. 1901. — ¹⁰⁾ Müller, Über den Umfang der Stärkeverdauung im Munde des Menschen. Ref. Münch. med. Wochenschr. 1901, S. 283 u. 763. — ¹¹⁾ Heger, Einfluß eines verlängerten Kauens auf die Verdauung. Ref. Münch. med. Wochenschr. 1903, Nr. 44. — ¹²⁾ v. Oefele, a) Mangelhaftes Kauen und die Eigenschaften des Faeces. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1901, Nr. 32. b) Ein Fall, in welchem Prämolaren Molaren ersetzten. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1902, Nr. 32. c) Kasuistischer Beitrag aus einer Faecesanalyse zur Bedeutung des Molarengebisses. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1902, Nr. 40. d) Notwendigkeit der Molaren in den Prothesen. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1902, Nr. 41. e) Technik der Faecesuntersuchung zum Erweise ungenügender Molarenarbeit. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1902, Nr. 42. f) Neue Grundlagen für die Beurteilung des Gebisses. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1904, Nr. 17—20 u. 26. g) Gebißfehler in ihren Folgen für die Verdauung der Nahrung. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1904, Nr. 35—36. h) Nutzen der Prothesen für die Ernährung. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1905, Nr. 4. i) Wieviele Molarenpaare genügen für die Stärkeverdauung? Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1905, Nr. 10, 12, 22. k) Nochmals Speichel und Molaren. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1905, Nr. 17. l) Anatomisches und Physiologisches zur Amylumverdauung. Zahnärztl. Rundschau 1905, Nr. 9, 10. — ¹⁴⁾ Michel, Was leisten die Zähne bei Ausnützung unserer Nahrung?

Zahnärztl. Rundschau 1904, Nr. 39, 42, 43. — ¹⁴) Witzel, Zwei Mahlzähne. Dtsch. zahnärztl. Wochenschr. 1905, Nr. 30. — ¹⁵) Fletcher, Die Eßsucht und ihre Bekämpfung. Dresden 1911. — ¹⁶) Röse, Schlingsucht und naturgemäße Kautätigkeit. J. Springer, Berlin 1912. — ¹⁷) Hans Fricke, Beziehungen zwischen Körpergröße und Beschaffenheit des Kauapparates des menschlichen Gebisses. Dissertation Kiel 1921. — ¹⁸) Rohrer, a) Die Störungen des physiologischen Kauaktes und ihre Bewertung. Zahnärztl. Rundschau 1921, Nr. 23, 24. b) Das System des menschlichen Gebisses. Dienste des Verdauungsaktes. Zahnärztl. Rundschau 1919, Nr. 50, 51. — ¹⁹) Michaelis, Die Bewertung der Zähne nach Kaueinheiten. Dissertation Kiel 1920. — ²⁰) Paulsen, Über die Wirkung mangelhafter Kaufähigkeit auf die Verdauung. Dissertation Kiel 1920. — ²¹) Claussen, Die Bewertung der Zähne nach Kaueinheiten, gemessen durch Kaufläche, Druck und Funktion. Dissertation Kiel 1921. — ²²) Dimigen, Ausnützung der Nahrung bei gemischter Kost in einem 14tägigen Versuch mit gutem und schlechtem Gebiß. Dissertation Kiel 1921. — ²³) Port und Euler, Lehrbuch der Zahnheilkunde. Bergmann, Wiesbaden 1915. — ²⁴) Riechelmann, Beitrag zur systematischen Prothetik. Meußner, Berlin 1920. — ²⁵) Pickhan, Der Kaudruck in der Zahnheilkunde. Dissertation Köln 1921. — ²⁶) Rubner, Die Lehre vom Kraft- und Stoffwechsel und von der Ernährung. Handbuch der Hygiene von Rubner, Grubner, Ficker. Bd. I. 1911. — ²⁷) Ehrmann und Wolf, Untersuchung über die Verdauung der Amylaceen. Ztschr. f. klin. Med. 77. — ²⁸) Zuntz, Gas- und Stoffwechsel bei eiweißarmer Nahrung. Sitzungsber. d. Berl. Physiol. Ges., 14. VI. 1912; Zentralbl. f. Physiol. 26, 725ff. 1912. — ²⁹) Rubner und Thomas, Die Verdaulichkeit des Roggens bei verschiedener Vermahlung. Arch. f. Hyg. 1916. — ³⁰) Thomas und Kohlrausch, Weißes Roggen- oder Weizenbrot? Zeitschr. f. d. ges. Getreidew. 1917, H. 7/8. — ³¹) Roggenkamp, Calorienausnützung der Nahrung bei gutem und schlechtem Gebiß. Dissertation Kiel 1921. — ³²) Bauer und Schur, Die Bedeutung des Kauens für die Sekretion des Magensaftes. Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therap. 1921, H. 9/10.
