

# Die Beurteilung des rezenten und prähistorischen Menschen nach der Zahnform.

Von Professor Dr. phil. et med. Otto Aichel.

Mit 52 Abbildungen auf Taf. V—VII und 15 Textfiguren.

## Inhaltsangabe.

	Seite
Einleitung . . . . .	457
I. Allgemeines . . . . .	458
II. Die Gestalt der menschlichen Molaren in phylogenetischer Beziehung	470
A. Kronenrunzlung der Molaren . . . . .	472
B. Die Molarenhöcker . . . . .	490
C. Die Molarengroße . . . . .	508
D. Die Molarenwurzeln und die Pulpahöhlengroße . . . . .	508
III. Die Prämolaren, Eckzähne und Schneidezähne . . . . .	536
IV. Schlußfolgerungen . . . . .	542
Nachtrag während der Korrektur . . . . .	546

Der Entdeckung der Skelettreste des Neandertalers, der Betonung ihrer Bedeutung und den Zweifeln an dem Wert des Fundes für die Stammesgeschichte des Menschen ist ein harter Kampf gefolgt, der in unserer Zeit auf Grund unerwartet zahlreicher fossiler Funde zur Anerkennung der Neandertalrasse führte.

Zugleich ist wahrscheinlich geworden, daß schon in sehr weit zurückliegender Zeit gleichzeitig neben dem Neandertaler deutlich von ihm unterschiedene Menschenrassen lebten.

Mit großem Eifer ging die Wissenschaft daran, die Beziehungen der prähistorischen Menschheit zu den heute lebenden Rassen und zu den ihr im zoologischen System nahestehenden Tieren aufzudecken.

Im Anfang erschien das Problem einfach. Mit dem wachsenden Material und der Vertiefung der vergleichenden Forschung, mit der Ausdehnung der Untersuchung auf alle Skeletteile wuchsen aber die Schwierigkeiten.

Die Zahnform, der in der Paläozoologie eine so große Rolle zukommt, trat zunächst bei diesen Untersuchungen in den Hintergrund. Dies liegt daran, daß Gesichtsschädel oft bei sonst einwandfreien Funden fehlten, oder daß der Erhaltungszustand des Gebisses dadurch

nicht genügte, daß die Zähne zu stark abgekaut waren, um Schlüsse zuzulassen; schließlich aber traten die Zahnformen nicht hervor, weil die geringe Anzahl der aufgefundenen, guterhaltenen Zähne in der Form keine auffallenden Abweichungen erkennen ließ: sie zogen die Aufmerksamkeit nicht auf sich.

Erst mit der Entdeckung der Skeletfragmente von Krapina setzte die Vergleichung der Zahnform ein und führte zu lebhaften Erörterungen.

Bis heute ist es nicht gelungen, eine Richtschnur der Betrachtungsweise vorzulegen, die sich allgemeiner Anerkennung erfreut. Eine Einigung über die hypothetische Grundform des Gebisses, die dem menschlichen Vorfahren zukam, wurde nicht erzielt. Dieselbe Abweichung der Form gilt oft dem einen Forscher als ursprünglich, während der andere sie als einen Neuerwerb erklärt.

In einer Abhandlung, die im Archiv für Anatomie und Physiologie (1915, Suppl.-Heft) erschienen ist, habe ich das Problem der Entstehung der Zahnform im allgemeinen behandelt. Die Ergebnisse der Untersuchungen haben auch für die Beurteilung der Zahnform des Menschen und seiner vermutlichen Vorfahren Bedeutung. Ich fasse daher die Hauptergebnisse hier noch einmal kurz zusammen. Im weiteren Verlauf unserer Erörterungen wird sich ergeben, daß das Gebiß des Menschen zu dem der Tiere nicht in den Beziehungen steht, die man heute anzunehmen geneigt ist.

## I. Allgemeines.

Die alte Auffassung, die Zahnform kompliziere sich aufsteigend in der Tierreihe in Anpassung an den Nahrungswechsel, besitzt heute ziemlich allgemein Geltung.

Dies entspricht den vorliegenden Tatsachen nicht. Greift man nur die Klasse der Fische heraus, so trifft man komplizierte Zahnformen in Gestalt von Höckerzähnen und Faltenzähnen. Die Entstehung dieser Zahnformen läßt sich in keiner Weise durch verschiedene Qualität der aufgenommenen Nahrung erklären. Abgesehen aber von Formverhältnissen lassen die Zähne der Fische auch eine hohe Komplizierung durch das Auftreten verschiedener Arten von Hartsubstanzen erkennen. Auch dieses Geschehen läßt sich nicht deuten als entstanden durch Einflüsse des Kaugeschäftes. Zuzugeben ist, daß manche Fische viel kompliziertere Zähne besitzen als viele Säugetiere, und zwar sowohl in der Form als auch in der Zusammensetzung der Grundgewebe des Zahns.

In der vorliegenden Arbeit soll uns hauptsächlich die Gestalt und die Gestaltung der Zahnkrone beschäftigen.

Achten wir auf die Folgen der Einflüsse des Kaugeschäftes oder anderer mechanischer Einwirkungen, welche die Krone des fertig entwickelten Zahnes treffen, so dürfen wir Ergebnisse, die wir aus dem Verhalten wurzelloser Zähne ableiten, nicht ohne weiteres auf Wurzelzähne übertragen. Zu berücksichtigen ist, daß die offene Pulpahöhle der dauernd wachsenden Zähne mechanischen Einflüssen zugänglich ist, während die allseitig von Zahnbein umschlossene Pulpahöhle fertig ausgebildeter Wurzelzähne von äußeren Einflüssen nicht mehr betroffen werden kann.

Wir finden bei höheren Tieren die Zähne in der Alveole »federnd aufgehängt«, d. h. beweglich befestigt. Bei Zähnen mit offener Pulpahöhle muß daher eine Beanspruchung des Zahnes auf Druck oder Torsion Reize bis zu den Zellen der Pulpahöhle und durch diese zu den Odontoblasten hinleiten. Bei Wurzelzähnen ist dieses nicht der Fall.

Bei Zähnen mit offener Pulpahöhle kann an dem Abschnitt des Zahnes, der in der Gebrauchsperiode des Zahnes nachwächst, durch die Funktion Umgestaltung der Form veranlaßt werden. Der unter der Funktion sich bildende Teil des wurzellosen Zahnes und teilweise auch die Wurzel des Wurzelzahns kann z. B. die Form des Querschnittes ändern und auch speziellere Oberflächenmodellierung erhalten. Unter dem Einfluß der Funktion kann auch die »fibrilläre Architektur« beeinflußt werden. Die Gestalt der Krone des dauernd wachsenden Zahnes und des Wurzelzahns wird durch diese Faktoren jedoch nicht beeinflußt, denn sie ist schon entwickelt und konsolidiert, mithin in der Form fixiert, ehe der Zahn in die Gebrauchsperiode eintritt; eine nachträgliche Umformung darf aber aus noch zu erörternden Gründen nicht angenommen werden.

Die soeben als möglich erwähnte Abänderung der Form der Zähne unter dem Einfluß der Funktion stellt einen Sonderfall dar, der die Zahnkrone nicht betrifft, mithin keine Beziehung zu der allgemeinen Frage der Entstehung der Zahnform besitzt.

Die Frage nach der kausalen Entstehung der Abänderung der **Kronenform** stellt das Wesentliche des Problems der Entstehung der Zahnform dar.

Noch eine andere Abänderung der Zahnform unter dem Einfluß der Funktion ist zu vermerken, die mit dem »Problem der Entstehung der Zahnform« nicht in Beziehung gebracht werden darf, wenngleich die Abänderung die Krone betrifft.

In der Gebrauchsperiode des Zahnes kann unter Substanzverlust die Gestalt der Zahnkrone bei wurzellosen Zähnen und bei Wurzelzähnen, bei Höcker- und Faltenzähnen abgeändert werden: die Zahnoberfläche wird abgenutzt. Es entstehen hierdurch »zweckdienliche« und »zweckwidrige« Formen.

Zweckdienlich erscheint z. B. die Meißelform des Schneidezahnes der Nager. Durchaus zweckwidrig ist die frühzeitige Abnutzung der Krone des menschlichen Backzahns, die bei Benutzung von Mahlsteinen durch Beimischung von Steinpulver zur Nahrung und beim Verzehren von geröstetem angekohltem Fleisch schon bei jugendlichen Individuen eintritt.

Es handelt sich in diesen Beispielen physiologischer Abnutzung grundsätzlich um das gleiche Geschehen.

Der Vorgang der Abnutzung der Zahnoberfläche hat nichts mit dem Prinzip der funktionellen Anpassung zu tun; hier liegen lediglich die Folgen der Funktion vor. Das Unbrauchbarwerden eines völlig abgekauten Backzahns wird man nicht als »Anpassung« ansehen.

Zähne mit basal offener Pulpahöhle besitzen die Fähigkeit, dauernd wachsen zu können. Bei Ausfall der Abnutzung des freien Zahnendes, z. B. bei Fehlen des Gegenzahns, bilden sich daher monströse Zahnformen durch Ausfall der Funktion. Derartige pathologische Bildungen sind z. B. bei Nagetieren nicht selten, bei *Sus papuensis* werden sie von den Eingeborenen durch Ausbrechen des Gegenzahns künstlich erzeugt, um Schmuckstücke zu erhalten. Der gleiche Faktor, welcher diese monströsen Bildungen veranlaßt, führt auch zur Entstehung von Zahnformen, über deren Benutzung wir uns keine Vorstellung machen können: solche Fälle illustrieren die oberen Hauer von *Sus babyrussa*. Das Dauerwachstum des Zahnes auf Grund erworbenen Offenbleibens der Pulpahöhle erzeugt aber auch Gebilde, die vom Besitzer benützt werden. Dies ist der Fall bei vielen sogenannten Stoßzähnen.

In der Frage der Formgestaltung der Zähne wird Zahngröße und Zahnform nicht genügend scharf auseinandergehalten.

Die innere Sekretion, welche beispielsweise von den Keimdrüsen ausgeht, besitzt nur Einfluß auf die Größe der Zähne, nicht auf ihre Form.

An die folgende Möglichkeit sei ebenfalls gedacht. Nachzuweisen ist nicht, daß verschiedenartige Qualität der Nahrung auf indirektem Wege durch Abänderung der physiologischen Qualitäten der Körpersäfte und Körpergewebe auf die Gestaltung der Zahnform oder die Zahngröße einwirkte. Die Möglichkeit einer derartigen Beeinflussung könnte etwa bei pathologischen Bildungen an der Zahnkrone (Lues, Rhachitis) angenommen werden, doch ist hervorzuheben, daß in diesen pathologischen Fällen keine neuen Formen entstehen, sondern lediglich lokale Hemmung in der Ablagerung der Hartsubstanzen bewirkt wird, soweit die Ätiologie überhaupt klargelegt ist. Gegen die Annahme indirekter Beeinflussung der Zahnform durch Abänderung der Nahrungsqualität sprechen auch die Ergebnisse der Paläontologie (s. S. 547 und 548).

Das Problem der Entstehung der Zahnform wird nun heute zum großen Teil beherrscht von der Lehre der Differenzierung.

Die Differenzierungshypothese behauptet, aus dem einfachen Kegelzahn seien kompliziertere Zahnformen in der Weise hervorgegangen, daß eine Stufenreihe der Entwicklung durchschritten wurde. Aus dem einfachen Kegelzahn habe sich der trikonodonte Typus, eine Zahnform mit drei hintereinander gelegenen Höckern entwickelt. Unter gegenseitiger Verschiebung der Höcker soll dann der trituberkuläre Zahn aus dem trikonodonten hervorgegangen sein, eine Zahnform, bei der die drei Höcker derartig gestellt sind, daß die Verbindungslinien der Höcker ein Dreieck bilden. Unter notwendiger Durchschreitung dieser beiden Vorstufen sei endlich der quadrituberkuläre und der pentatuberkuläre Typus, dieser unter Neubildung, jener unter Rückbildung eines Höckers und Neubildung anderer entstanden.

Für diese Umwandlung kann die Differenzierungshypothese keine einwandfreien mechanischen Ursachen beibringen. Ein bleibendes Verdienst der Differenzierungshypothese ist, festgestellt zu haben, daß der trituberkuläre Typus eine allgemein verbreitete Grundform der Molaren des Oberkiefers darstellt. Die kausale Erklärung aber, welche für die Umwandlung des einfachen Kegelzahnes in den trituberkulären Zahn, und die Umwandlung dieses in kompliziertere Formen gegeben wird, ist völlig hypothetisch.

In meiner ersten Arbeit über das Problem der Entstehung der Zahnform habe ich die Differenzierungshypothese eingehend berücksichtigt, hier sei nur das Folgende hervorgehoben.

Von den Anhängern der Differenzierungshypothese wird behauptet, daß bei Faltenzähnen die Richtung der Kieferbewegungen die Richtung der Schmelzfalten bestimme: diese stünden senkrecht zur Kieferbewegungsrichtung. Um nur einige Beispiele zu nennen, bei welchen die Richtung der Schmelzfalten mit der Richtung der Kieferbewegung zusammenfällt, sei auf den Hasen, das Kaninchen und den Tapir aufmerksam gemacht.

Die Differenzierungshypothese ist auf der Lehre von der funktionellen Anpassung aufgebaut worden. Funktionelle Anpassung nun beruht z. B. beim Knochen auf Anbau und Abbau. Anbau und Abbau sind Folgeerscheinungen eines Reizes auf reaktionsfähige Zellen: durch »Anpassung an die Funktion durch die Funktion« wird der Fortbestand eines funktionsfähigen Organes bewirkt. Beim Zahn findet ebenfalls Anbau und Abbau statt; diese Vorgänge stehen aber hier nicht zueinander und zur Funktion in Beziehung. Abbau finden wir beim Zahn z. B. bei der Resorption der Milchzähne, wobei der Zahn seine Funktionsfähigkeit einbüßt. Anbau kommt dauernd am Dentin

und Zement vor, und zwar bei funktionierenden und nicht funktionierenden Zähnen, das Angebaute wird aber nicht wieder abgebaut.

Für die Beurteilung des Problems der Entstehung der Zahnform durch Differenzierung ist, wie gesagt, von Bedeutung, daß die Krone des Zahnes schon vor dem Zahndurchbruch fertiggestellt und konsolidiert ist (ADLOFF). Von weit größerer Bedeutung für das Problem ist aber die Tatsache, daß die schmelzbildenden Zellen schon vor dem Durchbruch des Zahnes untergegangen sind. Der Schmelz des Zahnes besitzt von da ab keine reaktionsfähigen Zellen mehr! Vorbedingung zur funktionellen Anpassung ist aber die Existenz reaktionsfähiger Zellen! Da der Schmelz des Zahnes diese nicht mehr besitzt, ist der Zahn in der Gebrauchsperiode nicht mehr imstande, auf mechanische Einflüsse zu antworten, er ist mithin unfähig zu einer Umgestaltung der Form. Funktionelle Anpassung, »Anpassung an die Funktion durch die Funktion« (ROUX), nämlich durch das Eingreifen und Zermalmen der qualitativ verschiedenen Nahrung, ist daher beim Zahn auszuschließen.

Die Differenzierungshypothese ist also auf falschen Voraussetzungen aufgebaut, auf dem Wirken der funktionellen Anpassung beim Zahn. Sie hat daher keine Existenzberechtigung insofern, als sie die kausale Entstehung der Zahnformen erklären will, und gerade dieses ist das Wesentliche der Hypothese. Unberührt bleiben die wichtigen Ergebnisse, welche die Differenzierungshypothese über die mutmaßliche Art der Umwandlung der Zahnform, die Reihenfolge der Komplizierung innerhalb einer Tiergruppe, zutage gefördert hat.

Die Anhänger der Konkreszenzhypothese nehmen an, daß die komplizierten Zahnformen im Laufe der phylogenetischen Entwicklung durch Verschmelzung zweier oder mehrerer einfacher Kegelzähne entstanden seien. Ein mehrhöckriger Molar des Menschen müßte also durch Verwachsung mehrerer Reptilienzähne entstanden gedacht werden. Die Begründer der Konkreszenzhypothese haben ihr auch eine kausale Bedeutung zuerkennen wollen. Ich erinnere an das Schema ROESE's, welches die Entstehung des menschlichen Gebisses aus einem »reptilienähnlichen« erklären sollte, und an die Worte KÜKENTHAL's: »Wir haben die Erscheinung kennen gelernt, daß bei Säugetieren, deren Kiefer sich verlängern, die Backzähne sich in eine Mehrheit von konisch zugespitzten, reptilienzahnartigen Gebilden teilen; sind nicht die Backzähne auch umgekehrt so entstanden, daß bei der eintretenden Verkürzung der Zähne, welche die Vorfahren der heutigen Säuger bei ihrer Umwandlung aus Reptilien erlitten, je eine Anzahl einfacher konischer Reptilienzähne zur Bildung eines Säugetierbackzahns zusammentraten?« Die Erwartungen, welche in die Konkreszenzhypothese in kausaler Beziehung gesetzt wurden, sind von späteren Anhängern der Lehre zum größten Teil fallen gelassen worden!

Das von der Konkreszenzhypothese vorgelegte Beweismaterial zwingt nicht, der Konkreszenz einen Einfluß auf den typischen phylogenetischen Entwicklungsgang der Zähne einzuräumen, doch kommt ihr eine zweifellose Bedeutung bei pathologischem Geschehen zu.

Bei der Konkreszenz soll es sich natürlich nicht um Verschmelzung von fertigen Zähnen handeln, höchstens käme eine Verschmelzung von Zahnkeimen in Betracht. Die meisten Anhänger der Konkreszenzlehre nehmen aber heute nur noch eine Verschmelzung oder Unterbleiben einer Trennung von Schmelzleistenmaterial an. Im besten Fall ist also die Konkreszenzhypothese imstande, lediglich den Materialzuwachs zur Bildung komplizierter Zahnformen verständlich zu machen. Die Ursachen, welche die Entstehung der komplizierten Zahnformen selbst veranlassen, wären auch von dieser Lehre erst noch klarzustellen!

Die Konkreszenzhypothese hat also in der Form, in welcher sie heute noch Geltung besitzt, aus der Reihe der Hypothesen auszuscheiden, welche die kausale Entstehung der Zahnformen begründen könnten.

Der beste Beweis dafür, daß weder die Differenzierungshypothese noch die Konkreszenzhypothese die Forschung befriedigt haben, liegt darin, daß augenblicklich aus beiden abgeleitete Kompromißhypothesen die Wissenschaft beherrschen. Sind die Haupthypothesen nicht haltbar, so sind aus ihnen abgeleitete Tochterhypothesen natürlich ebenso wenig annehmbar, solange nicht eine neue stichhaltige Begründung vorgelegt wird. Die Kombinationshypothesen entstehen aber in der Weise, daß von jeder Hypothese das Unhaltbare gestrichen, das möglich erscheinende von jeder Hypothese anerkannt und zu einer neuen Hypothese vereinigt wird.

Die zurzeit herrschenden Hypothesen über die Entstehung der Zahnform sind also nicht mehr mit der Beurteilung der heute vorliegenden Tatsachen in Einklang zu bringen.

Der heuristische Wert der Differenzierungshypothese und der Konkreszenzhypothese ist ein gewaltiger gewesen, wenn auch das eigentliche Problem, die kausale Entstehung der Zahnform, von ihnen der Lösung nicht näher gebracht ist.

Als völlig sicheres Ergebnis der Forschung können wir ansehen, daß die Zähne Hautgebilde sind: sie sind umgewandelte Hautpapillen. Hieraus erklärt sich, daß die primitive Zahnform einen einfachen Kegel darstellen mußte, indem der Zahn die Gestalt der Hautpapille beibehielt.

In der Frage, unter welchen Einflüssen der primitive einfache Kegelzahn sich in einen mehrhöckrigen Zahn umwandelte, wird die Betrachtung der Kieferzähne lebender und fossiler Tiere heute keine Aufklärung erwarten lassen, weil die Kieferzähne der Tiere schon spezialisierte, in der Form erblich festgelegte Gebilde darstellen. Wir

sind bei Kieferzähnen nur auf Vermutungen angewiesen, der experimentellen Forschung ist der Weg durch erbliche Fixierung verschlossen. Nach dieser Richtung hin scheinen Zahnbildungen an anderen Körperstellen geeignete Objekte für die Untersuchung abzugeben. Es fragt sich aber, ob derartige Bildungen Rückschlüsse auf Kieferzähne zulassen. Die Differenzierungshypothese räumt den Kieferzähnen gegenüber Zahnbildungen, welche sich an anderen Körperstellen vorfinden, insofern eine Sonderstellung ein, als die Kieferzähne ihre Form der speziellen Beanspruchung durch das Kaugeschäft verdanken sollen. Übersehen darf aber nicht werden, daß die Differenzierungshypothese hiermit von Anbeginn an von einer Voraussetzung ausgeht, die erst bewiesen werden müßte. Noch ist kein Fall vorgelegt, der einwandfrei dartäte, die Zahnform ändere sich in Anpassung an einen Nahrungswechsel, nur Vermutungen stützen diese Hypothese. Die Möglichkeit, daß es sich umgekehrt verhalten kann, daß Abänderung der Zahnform zum Nahrungswechsel zwingen könnte, ist nicht von der Hand zu weisen.

Im Banne der geistreichen Hypothese der Differenzierung in Anpassung an den Nahrungswechsel vertritt heute die Forschung den Standpunkt, Untersuchungen über die kausale Entstehung der Kieferzähne dürften nur Kieferzähne zur Unterlage haben. Nur so wird verständlich, daß die Zahnbildungen an anderen Körperstellen zur Beurteilung des Problems überhaupt nicht herangezogen wurden. Nachdem man als feststehend zu betrachten hat, daß die Zahnkrone der Kieferzähne ebensowenig wie Zahnbildungen an anderen Körperstellen durch irgendwelche äußere Einflüsse abgeändert werden können, weil die funktionelle Anpassung keinen Einfluß auf sie besitzt, sind die Kieferzähne ihrer künstlich geschaffenen Sonderstellung enthoben. Die Zähne der Kiefer unterscheiden sich, abgesehen von der Lokalisation, in keiner Weise von Zahnbildungen an anderen Körperstellen. Der Ursprung der Bildung, die Entwicklung, die Form, die Anordnung der Gewebe, der feinere Bau ist übereinstimmend.

Wir sind daher berechtigt, aus dem Ergebnis der kausalen Analyse des Geschehens an Zähnen, die nicht im Kiefer sitzen, zu folgern, daß Faktoren, welche bei diesen eine Abänderung der Zahnform bedingen, auch bei Kieferzähnen in Betracht zu ziehen sind, es sei denn, daß der Nachweis erbracht würde, die fraglichen Faktoren kämen beim Kiefer nicht zur Wirkung.

Dieser Weg der Forschung ist zweifellos ein exakter und läßt sicherere Ergebnisse erwarten, als die rein hypothetischen Kombinationen, welche die Differenzierungshypothese und die Konkreszenzhypothese uns vorgelegt haben.

Wählt man Zahnbildungen, die nicht im Kiefer sitzen, zum Aus-



gangspunkt für Untersuchungen über die kausale Entstehung der Zahnform, so hat man den Vorteil, daß bei diesen Zähnen die äußeren Einflüsse, welche nach der Differenzierungshypothese die hypothetischen Hauptfaktoren für die Umwandlung der Zahnform bilden sollen, nämlich Wechsel in der Qualität der Nahrung und Bewegungsrichtung der Kiefer, gänzlich fortfallen.

Ich habe die Zähne, welche sich an Flossenstacheln mancher Welsarten vorfinden, zum Ausgangspunkt meiner Untersuchungen gewählt. Die Zähne der kaudalen Kante der Flossenstacheln sind in der Schwimnhaut zwischen ihren Epithelblättern verborgen gelegen. Sie sind mit der Schwimnhaut nicht verwachsen, sondern jeder Zahn liegt in einem vom Epithel der Schwimnhaut begrenzten Raum. Die Zähne dienen der Schwimnhaut nicht zur Befestigung. Eine Funktion ist für diese Zähne überhaupt nicht nachweisbar. Äußere Einflüsse auf den Zahn, die nach der Differenzierungshypothese die Umwandlung der Zahnform bedingen sollen, sind hier, ganz abgesehen von der Tatsache, daß die Zähne mit der Nahrungsaufnahme in keinem Zusammenhang stehen, völlig ausgeschlossen. Dies ist von besonderer Bedeutung, weil hierdurch der bekannte Einwand wegfällt, den man bei Meinungsäußerungen über Kieferzähne, welche von der allgemein geltenden Richtung abweichen, stets begegnet, der Einfluß der Nahrung sei unter keinen Umständen auszuschließen.

Die Zähne der Flossenstacheln besitzen typischerweise die Gestalt eines einfachen Kegelzahns. Die Zahnkeime gelangen in den Flossenstacheln spät zur Entwicklung, der Durchbruch der Zähne erfolgt erst bei etwa halb ausgewachsenen Tieren. Dieser Umstand bewirkt, daß die Zahnkeime in der Entwicklung mechanischen Einflüssen der Umgebung ausgesetzt sind, die physiologischer- und pathologischerweise ausgelöst werden. Da im Kiefer sich ebenfalls physiologische Umgestaltungen in der Ontogenese zu einer Zeit abspielen, in der die Zahnkeime sich entwickeln, da ferner Umgestaltungen des Kiefers in der Phylogenese mit Sicherheit eingetreten sind, mit diesen Vorgängen aber Abänderungen der mechanischen Verhältnisse für den sich entwickelnden Zahnkeim verbunden gewesen sein müssen, die Zahnkeime der Zähne an Flossenstacheln und im Kiefer endlich grundsätzlich nicht voneinander abweichen, ist die Berechtigung durchaus einwandfrei, das Geschehen an Zähnen der Flossenstacheln auf Kieferzähne anzuwenden.

An Flossenstacheln läßt sich nun nachweisen, daß physiologische und unter pathologischen Verhältnissen eintretende Abänderung der Gestalt des Stachels bei jungen Tieren, deren Zähne noch in Entwicklung begriffen sind, die mechanischen Bedingungen für den Zahnkeim modifizieren und eine Umwandlung der Zahnform bewirken.

Ich konnte feststellen, daß folgende Abweichungen der mechanischen Bedingungen in der Umgebung des Zahnkeims eine Formwandlung des Zahnes veranlassen.

1. Einseitige Raumbeengung für den sich entwickelnden Zahnkeim bewirkt Stellungsänderung des Zahnes und lokale Entwicklungshemmung in der Richtung der wirkenden Kraft.
2. Raumbeengung von zwei entgegengesetzten Seiten erzeugt Abplattung des Zahnes, es entstehen lanzettförmige Zähne.
3. Raumbeengung von allen Seiten führt zur Zahnverkleinerung bis zur vollständigen Unterdrückung der Entwicklung des Zahnes.
4. Druck der Umgebung auf den Zahnkeim in der Kronenwurzelrichtung führt zu partieller oder totaler Spaltung des Zahnkeimes, zur Bildung von Zähnen mit zwei Höckern in allen Übergangsstufen bis zur Halbierung.
5. Bei allseitiger Raumerweiterung für den sich entwickelnden Zahnkeim von Zähnen, welche frühzeitig durchbrechen, tritt Zahnvergrößerung ohne Abänderung der Zahnform ein: die Zahngröße der Zähne der Flossenstacheln ist also noch nicht erblich festgelegt.
6. Raumerweiterung für den sich entwickelnden Zahnkeim in einer Ebene führt zu Verbreiterung des Zahnes in dieser Ebene. Bei spät durchbrechenden Zähnen kommt es hierbei zur Ausbildung seitlicher Höcker, offenbar weil in älteren Stacheln die mechanischen Bedingungen der älteren Gewebe in der Umgebung der Zahnkeime spezielle lokale Widerstände auslösen. Die Größe der Nebenhöcker, welche wie beim trikonodonten Zahn in einer Ebene stehen, ist sehr verschieden. Es kommen Fälle vor, in denen die Nebenhöcker als kleine knopfförmige Anhänge eben sichtbar sind. Das andere Extrem wird durch Zähne repräsentiert, deren drei Höcker gleich hoch sind. Es gelangt also eine Formumwandlung bei den Zähnen der Flossenstacheln in allen Übergangsstadien zur Beobachtung, die der Umwandlung aus dem einfachen Kegelzahn in den trikonodonten Zahn des Kiefers völlig entspricht.
7. Allseitige Raumerweiterung für den sich entwickelnden Zahnkeim von Zähnen, welche spät durchbrechen (am spätesten brechen die Zähne der kaudalen Kante der Rückenflosse durch), erzeugt mehrhöckrige Zähne. Der Gegensatz in der Formbildung bei allseitiger Raumerweiterung zwischen früh und spät durchbrechenden Zähnen dürfte dadurch hervorgerufen sein, daß die lokalen Widerstände, welche dem unter den neuen Bedingungen sich im ganzen vergrößernden Zahn sich entgegenstellen, verschieden sind. Die Gewebe jüngerer Tiere

leisten weniger Widerstand als die Gewebe älterer. Es gelangen dreihöckrige Zähne, deren Höcker nicht in einer Ebene liegen, sondern gegeneinander verschoben sind, zur Entwicklung, ebenso vier-, fünf- und sechshöckrige Zähne. Am häufigsten ist die Bildung fünfhöckriger Zähne, bei denen ein mittlerer und vier seitliche Höcker vorhanden sind.

8. Werden benachbarte Zahnkeime durch mechanische Einwirkungen (pathologische Stachelverkrümmung) gegeneinander verdrängt, so wird die Zahnbildung in verschiedener Weise beeinflusst, je nach der Stufe der Entwicklung, welche der Zahnkeim erreicht hatte. Sehr junge Zahnkeime verkümmern, ja, es kann die Entwicklung völlig unterdrückt werden. In der Entwicklung vorgeschrittenere Zahnkeime können in der ganzen Länge verwachsen; hat aber die Bildung von Hartsubstanzen an der Spitze der Zahnkeime begonnen, so verwachsen die gegeneinander gedrängten Zahnkeime an der Basis.

An Flossenstacheln können also an einem Zahnkeim, der unter typischen Verhältnissen stets einen einfachen Kegelzahn liefert, unter abgeänderten mechanischen Bedingungen der Umgebung der Zahnkeime unmittelbar ohne die Vorbedingung der Einhaltung einer Stufenfolge der Entwicklung Höckerzähne mit verschiedener Höckerzahl hervorgehen.

Hiermit ist der Beweis geliefert, daß die hypothetische Stufenfolge der Entwicklung des mehrhöckrigen Zahnes aus dem einfachen Kegelzahn, die von der Differenzierungshypothese postuliert wird, keine notwendige Vorbedingung für die Entwicklung der verschiedenen Zahnformen darstellt.

Wenn im Flossenstachel Zähne mit verschiedener Höckerzahl unmittelbar und gleichzeitig aus einem Zahnkeim hervorgehen, der unter anderen mechanischen Bedingungen einen einfachen Kegelzahn liefert, sind wir berechtigt, anzunehmen, daß im Kiefer unter Abänderung der mechanischen Bedingungen für den Zahnkeim entsprechende Veränderungen der Zahnform in einer Zeit eingetreten sind, in der die Gestalt des Zahnes noch nicht erblich festgelegt war. In einer Zeit, in der die verschiedenen Tiertypen sich differenzierten, müssen notwendigerweise auch die Kiefer ihre verschiedenen Gestaltungen erhalten haben; es ist nicht anzunehmen, daß diese Vorgänge ohne Einfluß auf die Gestaltung der Zähne geblieben sind. Man darf nicht übersehen, daß die angenommene Stufenfolge der Entwicklung des mehrhöckrigen Zahnes aus dem einfachen Kegelzahn über das Stadium des trikonodonten und trituberkulären Zahnes lediglich das Ergebnis theoretischer Erwägungen im Sinne der Differenzierungshypothese ist. Nachdem uns das Geschehen an Flossenstacheln dartut, daß aus dem Zahnkeim

eines einfachen Kegelzahnes unter Abänderung der Bedingungen der Umgebung des Keimes unmittelbar die verschiedensten komplizierten Zahnformen hervorgehen können, zwingt uns diese Tatsache, anzunehmen, entsprechende Bedingungen für den Zahnkeim der Kiefer hätten in früherer Zeit verschiedene Formen der Kieferzähne hervorgerufen. Für die von der Differenzierungshypothese angenommene Stufenfolge der Zahnformentwicklung vom einfachen Kegelzahn über den trikonodonten und trituberkulären Zahn zum komplizierten läßt sich keine andere Tatsache als die Existenz der Formen überhaupt beibringen. Diese Annahme ist also völlig unbegründet, denn die Existenz der Formen an sich sagt garnichts über die Genese aus.

Wir sind gezwungen, anzunehmen, daß mit der Entstehung der verschiedenen Kieferformen im Beginn der Entwicklung der Wirbeltiere sogleich je nach den mechanischen Bedingungen im Kiefer verschiedene Typen von Zähnen entstanden.

Die Annahme, daß die Vorfahren ein homodontes Gebiß besessen haben müssen, wird hinfällig. Tatsächlich hat die Paläozoologie für das Postulat eines homodonten Gebisses bei niederen Säugetieren die Beweise nicht erbringen können: die ältesten bekannten und niedersten Säugetiere besaßen schon komplizierte Zahnformen neben einfacheren Formen. Aus der Trias stammen *Dromatherium* und *Tritylodon*; beide besaßen vielhöckerige Zähne; bei diesem waren die Höcker nach dem Typus von *Phacochoerus* angeordnet, bei jenem lagen die Höcker in einer Ebene.

Obwohl die Gestalt der Kieferzähne heute erblich fixiert ist, so ist der Einfluß mechanischer Bedingungen der Umgebung des Zahnkeimes doch noch in gewissen Grenzen nachweisbar. Durch diesen Faktor entstehen allerdings nicht mehr neue Zahnformen; viele Variationen aber innerhalb einer Zahnform können nur als das Ergebnis einer Behinderung des Zahnkeimes in der Entwicklung gedeutet werden.

Nun ist den Paläontologen, und zwar vor allen den Forschern, welche die Differenzierungshypothese aufgestellt haben, die Feststellung zu verdanken, daß innerhalb einer Tierreihe unter Reduktion einerseits, unter sekundärem Neuerwerb von Höckern andererseits, sowie unter Leistenbildung und Faltung eine weitere Komplizierung der primären Höckerzähne eintreten konnte. Auch heute noch finden derartige Umgestaltungen statt. Diese sekundären Abänderungen der Zahnform beruhen auf lokaler Steigerung oder Verminderung der Wachstumstendenz der den Zahn zusammensetzenden Grundgewebe, des Pulpagewebes, der Schmelzzellen und der Odontoblasten. Ich habe dieses in meiner ersten Arbeit über die Entstehung der Zahnformen eingehend begründet.

Im folgenden werden wir noch Gelegenheit haben, hierauf einzugehen, da diese Faktoren auch beim Menschen verschiedene Sonderbildungen an den Zähnen veranlassen.

Zuzugeben ist, daß die Wachstumstendenz der verschiedenen Zahnkeimgewebe, die zweifellos an erblich fixierten Formen auch heute noch lokal abgeändert werden kann und die Bildung neuer Formen veranlaßt, schon sehr frühzeitig in der phylogenetischen Entwicklung variierend sich mit den mechanischen Faktoren kombinieren konnte, welche von der Umgebung des Zahnkeims aus auf diesen wirken. Um die verschiedenen Faktoren, welche bei der Bildung der Zahnformen beteiligt sind, zu charakterisieren, habe ich drei Perioden der phylogenetischen Zahnentwicklung unterschieden. Die zweite und dritte Periode sind, soweit uns ein Einblick gestattet ist, in vielen Fällen sicher auch zeitlich getrennt, eine gleichzeitige Wirkung der ihnen zukommenden Faktoren muß allerdings als möglich angenommen werden.

#### Phylogenetische Zahnentwicklung.

I. Periode: Entstehung des einfachen Kegelzahnes.

Die Hautpapille wandelt sich in einen Zahn um, d. h. es erwarben das Epithel und das Bindegewebe der Hautpapille die Fähigkeit, Hartsubstanzen zu produzieren. (Hautzähne des Haifisches.)

Die Zahnanlage wurde weiterhin selbständig, sie wurde aus der Umgebung frei, sie löste sich vom umgebenden Epithel ab.

Der primitive Zahn behielt die Form der Hautpapille bei, er mußte Kegelform besitzen.

II. Periode: Entstehung primärer Höckerzähne mit verschiedener Höckerzahl unmittelbar aus den Zahnkeimen einfacher Kegelzähne ohne Zwischenstufen der Entwicklung durch mechanische Einflüsse der Umgebung auf den sich entwickelnden Zahnkeim.

III. Periode: Umwandlung der primären Höckerzähne durch Reduktion einerseits, Höckerneuerwerb und Faltung andererseits. Diese Umwandlungen beruhen auf lokaler Abänderung der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe. Gleichmäßige Vermehrung der Wachstumstendenz an allen den Zahn zusammensetzenden Grundgeweben erzeugt größere Zähne ohne Abänderung der Form.

In der Ontogenese können wir ebenfalls drei Perioden der Zahnentwicklung unterscheiden.

#### Ontogenetische Zahnentwicklung.

I. Periode: Entwicklung des Zahnkeims bis zur Konsolidation.

In dieser Periode bewirken mechanische Faktoren der Umgebung des Zahnkeimes geringe, nicht grundsätzliche Abänderung der Zahn-

form. Als Beispiel nenne ich das Krümmungsmerkmal. Grundsätzliche Abänderung der Form entsteht durch Variation der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe. Als Beispiel diene die Bildung von Nebenhöckern, die Entstehung des Carabellischen Höckers usw. Wird eine derartige Variation erblich, so fixieren sich neue Dauerformen.

II. Periode: die Zeit des Zahndurchbruchs.

In dieser Periode ist eine Abänderung der Zahnkrone nicht mehr möglich.

III. Periode: die Funktionsperiode des Zahnes.

Eine Abänderung der Zahnkrone ist nur noch möglich durch Substanzverlust beim Gebrauch. Diese Formen (Meißelform des Nagerzahns, Abnutzung der Faltenzähne der Wiederkäuer und Nager usw., Abnutzung der Höckerzähne) werden in jedem Fall individuell erworben, erblich aufgetreten sind sie in keinem Fall, obwohl sie in vielen Fällen sehr »zweckmäßig« sind.

Mechanische Einflüsse der Umgebung der Zahnkeime und die Variationsfähigkeit der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe veranlassen also die verschiedenen Zahnformen.

In meiner Periode II der phylogenetischen Entwicklung dominiert mechanischer Einfluß; in meiner Periode III die Variationsfähigkeit der Zahngrundgewebe.

Nicht die Nahrung beeinflusste also die Zahnform, sondern die Zahnform beeinflusste die Wahl der Nahrung.

## II. Die Gestalt der menschlichen Molaren in phylogenetischer Beziehung.

Diese allgemeinen Ergebnisse über die Entstehung der Zahnformen betreffen auch die Beurteilung der Zahnform des Menschen. Da wir gezwungen sind, die verschiedenen Zahnformen an den einzelnen Zahnarten des Gebisses unter anderen Gesichtspunkten zu betrachten, als im Augenblick üblich, so ergibt sich die Notwendigkeit, neuerdings die Beziehungen des Menschen zu den im zoologischen System zunächst stehenden Tieren, ja zu den Säugetieren überhaupt zu prüfen.

Für den Anthropologen ist auf Grund der gewonnenen Ergebnisse über die Entstehung der Zahnform von Bedeutung, die genetischen Beziehungen des rezenten und des ausgestorbenen Menschen neuerdings einer Kritik zu unterziehen.

Die Formunterschiede der Molaren treten bei der Beurteilung genetischer Beziehungen des Menschen in den Vordergrund des Interesses. Daher werde ich mit ihrer Besprechung beginnen und an-

schließlich einige Bemerkungen an die Prämolaren, Eckzähne und Schneidezähne knüpfen.

Betrachten wir die Formen, unter denen die Molaren des Menschen auftreten, so finden wir Unterschiede, die nur zum Teil Bedeutung für die Beurteilung phylogenetischer Fragen besitzen.

Nur grundsätzliche Abänderung der Form der Zahnkrone darf für die Beurteilung von Abstammungsfragen benutzt werden.

Als unwesentlich müssen wir Formabänderungen bezeichnen, bei denen eine für alle Kieferzähne charakteristische Gestaltung in höherem oder geringerem Grade ausgeprägt erscheint.

Beobachten wir z. B., daß das Krümmungsmerkmal der Backenzähne ein und desselben Gebisses und auch desselben Zahnes bei verschiedenen Menschen wechselnd stark ausgebildet ist, so haben wir Formdifferenzen vor uns, bei denen eine wesentliche Abänderung nicht vorliegt. Wie manche andere Formunterschiede, die auf mechanischem Wege entstehen, ist auch das Krümmungsmerkmal erblich fixiert worden, denn man beobachtet es sogar bei Zähnen, die in Dermoidgeschwülsten des Eierstocks isoliert entstehen.

Formabänderungen des Zahnes, die für stammesgeschichtliche Fragen unwesentlich sind, können ferner dadurch in ihrer Entstehung bedingt sein, daß die Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe variiert, ohne daß die entstehende Form erblich fixiert wird.

Beobachten wir z. B. an einem Backzahn des Menschen die Bildung einer Schmelzperle, so ist dieses gewiß eine ziemlich gleichgültige Erscheinung (Taf. VI, Fig. 38). Nicht uninteressant ist aber, daß Schmelzperlen auch in Form und Größe eines Schmelzzapfens auftreten können, entsprechend etwa einem sogenannten accessorischen Schmelzzylinder der Antilopen und Boviden. Eine derartige Bildung ist unwesentlich, solange sie nur als Variation auftritt, die sich nicht vererbt, im Augenblick aber, in dem die Bildung als Mutation erscheint, gewinnt sie für stammesgeschichtliche Fragen Bedeutung.

Nach meinen Untersuchungen über das Geschehen an Zahnkeimen der Flossenstacheln haben wir anzunehmen, daß auch bei Kieferzähnen mit den Formabänderungen des Kiefers, die für eine Unterordnung, also z. B. für die Unterordnung »Mensch« charakteristisch wurde, Abänderung der Form der Zähne unter abgeänderter mechanischer Beeinflussung der Zahnkeime von seiten der Umgebung eintrat (Periode II der phylogenetischen Zahnentwicklung). Der einfache Kegelhahn, der aus der Periode I übernommen wurde, wandelte sich in den verschiedenen Abschnitten des Kiefers verschiedenartig um und die unter mechanischen Einflüssen der Umgebung auf den sich entwickelnden Zahnkeim gebildeten Formen wurden erblich fixiert. In der folgenden

Zeit änderte sich die Gestalt der Zähne nicht mehr wesentlich durch mechanische Beeinflussung der Zahnkeime von Seiten der Umgebung, wohl aber konnten und können heute noch die ursprünglichen in der Periode II erworbenen Formen durch erblich auftretende Variation der Zahnkeimgewebe weiterhin wesentlich modifiziert werden (Periode III).

Die Variation der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe kann in Form einer Zunahme und einer Abnahme der Wachstumstendenz auftreten.

Hieraus ergibt sich für uns die Aufgabe, zu entscheiden, ob die verschiedenen Formen, in denen die Molaren auftreten, als Plusvariation (Höckerbildung, Faltung usw.) oder als Minusvariation (Reduktion) aufzufassen sein dürften. Reduktion ohne weiteres anzunehmen ist man nicht berechtigt.

Auf Abänderung der Wachstumstendenz der Zahnkeimgrundgewebe beruht beim Menschen die Entstehung wichtiger Formunterschiede. Zu diesen gehört: Abänderung der Größe der Pulpahöhle: Zunahme und Abnahme der Höckerzahl, welche aus der Periode II übernommen wurde; Abänderung der Höckerform; Faltung der Hartsubstanzen des Zahnes.

Die Bedeutung dieser Formunterschiede für die Beurteilung der Stellung der Tiere im zoologischen System ist von Zoologen und Paläozoologen längst anerkannt. Formunterschiede der Zähne beherrschen in der Zoologie und Paläontologie wesentlich das Feld phylogenetischer Forschung. Nicht nur Formunterschiede, die sofort in die Augen springen, wie etwa der Gegensatz der schmelzfaltigen Zähne von Elephas zu den bunodonten Zähnen von Tetrabelodon werden verwertet, sondern auch feinere Differenzen, z. B. der Oberflächenmodellierung des Schmelzes, dienen zur Klassifizierung eines Tieres.

Unter den wesentlichen Merkmalen der Molaren (Größe der Pulpahöhle, Zahl und Form der Höcker, Faltung der Hartsubstanzen) will ich der sogenannten »Schmelzrunzlung« den ersten Platz in unserer Besprechung einräumen.

#### A. Kronenrunzlung der Molaren.

Ich habe den Ausdruck »Schmelzrunzlung« und »Schmelzfaltung« durch den Ausdruck »Kronenrunzlung« ersetzt, man könnte auch »Kronenfaltung« sagen. Dies geschah, weil der Ausdruck »Schmelzrunzlung« aussagen könnte, daß stets bei der Erscheinung einer Kronenrunzlung nur der Schmelz beteiligt wäre. Das ist aber nicht immer der Fall.

In den meisten Fällen beruht allerdings die Runzelbildung, die Bildung von Rauigkeiten an der Oberfläche der Krone lediglich auf lokaler Abänderung der quantitativen Schmelzproduktion.



Als Beispiel gebe ich in Fig. 1 Taf. V die Abbildung eines Molaren eines Hirsches und in Fig. 2 Taf. V die eines Molaren einer Giraffe. Die Oberfläche der Krone des Hirschmolaren ist, abgesehen von unbedeutenden seichten Längsfurchen, glänzend, glatt, die Bedeckung der Krone besteht aus einer gleichmäßig dicken Lage von Schmelz (s. Fig. 4). Die Oberfläche des Molaren der Giraffe zeigt dagegen eine rauhe Oberfläche, sie erscheint geschuppt. Untersucht man einen Längsschnitt, der durch einen Höcker geht, so ergibt sich (Fig. 4 Taf. V), daß die Grenzlinie zwischen Schmelz und Dentin durch eine Linie dargestellt wird, welche dem Umriß des Zahnes folgt. Das Zahnbein ist also bei der Bildung der rauhen Oberfläche des Giraffenzahnes nicht beteiligt. Wäre es der Fall, so müßte die Grenzlinie zwischen Schmelz und Zahnbein entsprechend den Rauigkeiten an der Schmelzoberfläche zickzackförmig verlaufen. Die Oberflächenrunzlung der Krone kann also in diesem Fall lediglich auf lokale Abänderung in Schmelzproduktion zurückgeführt werden.

Ich habe einen menschlichen Molaren mit ausgesprochener Kronenfaltung entsprechend etwa dem in Fig. 39 Taf. V dargestellten, untersucht und konnte feststellen, daß gemäß dem Verlaufe der Haupt- und Nebenfalten auch die Grenzlinie zwischen Zahnbein und Schmelz gekrümmt war, nur unterhalb der feinsten Fältchen wurde Faltung der Zahnbeinoberfläche vermißt. In diesem Fall muß die Schicht der Odontoblasten bei der Faltenbildung beteiligt gewesen sein, denn eine Faltung der Grenzlinie zwischen Zahnbein und Schmelz ist nur denkbar unter Zunahme der Oberfläche der Odontoblastenschicht, es sei denn, daß die Pulpa sich verkleinerte und die relativ zu große Schicht der Schmelz- und Zahnbeinzellen sich in Anpassung an die kleinere Oberfläche faltete; hiervon ist aber nicht die Rede.

Kronenfaltung und Kronenrunzlung, Schmelzfaltung und Schmelzrunzlung sind ohne genaue Untersuchung des Zahnes nicht ohne weiteres als homologe Bildungen zu betrachten. Hierauf ist bisher keine Rücksicht genommen worden. Angebracht erscheint daher, die Ausdrücke Schmelzrunzlung und Schmelzfaltung durch die allgemeineren Ausdrücke Kronenrunzlung und Kronenfaltung zu ersetzen, wenn nicht festgestellt ist, welche Gewebe an der Runzlung oder Faltung beteiligt sind. Unter Schmelzrunzlung dürften nur Fälle aufgeführt werden, bei denen die Runzlung lediglich auf Wirkung der Schmelzzellen beruht. Bei Kronenrunzlung werden wir annehmen, daß auch die Odontoblastenschicht sich beteiligt, oder lassen diese Möglichkeit wenigstens offen.

Über die kausale Entstehung der Kronenrunzlung sind zwei Ansichten geäußert worden. Nach der einen Ansicht entstand sie durch funktionelle Anpassung, nach der anderen stellt sie ein Wachstums-

ergebnis des Zahnes dar. Als Vertreter dieser Auffassung zitiere und kritisiere ich ADLOFF, als Vertreter jener Ansicht DE TERRA.

Nach DE TERRA sind die Kronenfalten entstanden in Anpassung an die Beanspruchung des Zahnes. Er sieht in ihr eine Tendenz zur Vergrößerung der Kaufläche, was für den Menschen und den Menschenaffen Geltung haben soll.

Wie DE TERRA sich vorstellt, daß durch Oberflächenrunzlung der Krone eine Vergrößerung der Kaufläche entstehen soll, ist nicht ohne weiteres verständlich. Er meint jedenfalls, daß eine stark gefaltete Fläche auf eine Ebene übertragen einen größeren Raum einnimmt als eine gleich große, die nur einige Höcker aufweist. Das wäre richtig, aber die Kaufläche eines Zahnes mit Kronenfaltung kann doch nicht größer sein als bei einem gleich großen Höckerzahn! Oberflächenvergrößerung an der Zahnkrone kann bei Neuerwerb von Höckern und bei Vergrößerung einzelner Höcker oder bei gleichbleibender Form des Zahnes unter allgemeiner Zahnvergrößerung eintreten. Neuerwerb von Höckern und Faltung der Oberfläche der Krone braucht aber durchaus nicht mit Oberflächenvergrößerung der Krone einherzugehen. Man denke an den suiden, den tapiroiden und den »schmelzfaltigen« Typus des Zahnes in der Elefantenreihe! Eine Vergrößerung der Kaufläche ist trotz tiefgreifender Faltung nicht eingetreten, ob vielleicht eine Verbesserung, können wir nicht beurteilen, denn wir kennen die Ernährungsweise der ausgestorbenen Arten nur vermutungsweise; sie war wahrscheinlich ziemlich gleichartig mit der Ernährungsweise der rezenten Elefanten. Wenn DE TERRA statt von Vergrößerung von qualitativer Verbesserung der Kaufläche sprechen würde, so wäre dieses diskutabel. Aber auch hiervon kann nicht die Rede sein, denn gerade Zähne mit Oberflächenrunzlung, die nicht tief geht, besitzen eine sehr hinfällige Krone, die Krone dieser Zähne wird viel rascher abgenutzt als bei reinen Höckerzähnen. Dies ist der Grund dafür, daß man beim erwachsenen rezenten Menschen fast nie einen Zahn mit Kronenrunzlung findet, während solche Zähne bei Kindern nicht so selten sind. Wir werden hierauf noch zurückkommen. Wenn der Faltenzahn der Nager und des Elefanten sowie anderer Tiere trotzdem der Beanspruchung entspricht, so ist dies in Besonderheiten begründet, die bei den Zähnen mit Oberflächenrunzlung des Menschen und der Menschenaffen nicht gegeben sind. Die Schmelzmasse kann bei der Faltung der Zähne jener Tiere enorm vermehrt sein, die Zahnhöhe kann mit entsprechender Faltenvertiefung gesteigert sein und vor allem macht das sekundär erworbene Dauerwachstum durch ständiges oder temporäres Offenbleiben der Pulpahöhle die Faltenzähne vieler Tiere zu sehr widerstands- und dauerfähigen Bildungen.

Unnötig erscheint, an dieser Stelle nochmals eingehend darauf

hinzuweisen, daß eine Umgestaltung der Zahnform durch funktionelle Anpassung, durch Anpassung an die Funktion durch die Funktion, nicht vorkommen kann, weil der Zahn in der Gebrauchsperiode von einer starren Masse bedeckt ist, dem Schmelz, der keine Zellen mehr besitzt; ohne Zellen kann es aber nicht zur Aufnahme von Reizen und ebensowenig zu ihrer Beantwortung kommen.

Die Annahme, daß die Faltenbildung an der Zahnkrone durch Anpassung an die Funktion entstehe, ist also irrig.

ADLOFF sagt bei der Besprechung der Zähne von Krapina, er glaube, daß diese »nach voller Entwicklung noch ein anderes Aussehen erlangt hätten«. Die seltene Runzelbildung an Zähnen des rezenten Menschen sei »hauptsächlich an noch unfertigen Zähnen bemerkbar«. An anderer Stelle sagt ADLOFF: »noch nicht durchgebrochene Molaren des rezenten Menschen zeigen übrigens ein ähnliches Verhalten« (wie die Krapinazähne, d. h. Kronenrunzlung). »Was die Vermehrung der Schmelzfalten anbetrifft, so möchte ich (ADLOFF) hervorheben, daß dieselbe hauptsächlich an noch nicht ausgebildeten Keimzähnen vorkommt; ich glaube daher, daß sie nach beendeter Entwicklung zum Teil wenigstens sicher noch schwinden würde. Es liegt kein ausreichendes Vergleichsmaterial vor, denn auch eben durchgebrochene Molaren des rezenten Europäers weisen noch mehr Schmelzfurchen auf als bereits im Gebrauch gewesene, und es ist klar, daß bei noch nicht fertig entwickelten Keimzähnen dieses ebenfalls in noch höherem Grade der Fall sein wird.«

Aus diesen Äußerungen ADLOFF's müßten sich zwei Sätze als richtig ergeben: erstens, die Kronenrunzlung könne eine Vorstufe der Entwicklung des Höckerzahnes darstellen, zweitens, der fertige eben durchgebrochene Zahn sei noch einer Umwandlung der Form fähig.

Die Behauptung, die Kronenfurchung könne eine Vorstufe der Entwicklung des Höckermolaren darstellen, wird zwar von ADLOFF mit Vorbehalt gegeben, ADLOFF besaß nicht das »ausreichende Vergleichsmaterial«, es ist ihm aber ganz klar, daß bei noch nicht fertig entwickelten Keimzähnen die Zahl der Fälle von Kronenfurchung erheblich höher sein müsse, als bei eben durchbrechenden Zähnen.

Die Tatsache, daß man bei eben durchbrechenden Zähnen häufiger Kronenfurchung beobachtet als bei Zähnen der Erwachsenen, ist durchaus richtig beobachtet, unrichtig aber sind die Schlußfolgerungen, die daran geknüpft werden. Unzulässig ist, zu folgern, daß nach dem Durchbruch noch eine Formumwandlung statthaben könne und ebenso, daß in jüngeren Entwicklungsstadien die Kronenfurchung eine häufigere Erscheinung darstellen müsse.

Die Tatsache, daß bei Erwachsenen die Kronenfurchung seltener zur Beobachtung gelangt als bei Kindern, erklärt sich dadurch, daß

Zähne mit Runzlung sich viel rascher abnutzen als Höckerzähne. Bei Durchsicht eines Materials von einigen Tausend Zähnen und bei der Sammlung von Zähnen aus Leichen, deren Alter durch die Krankengeschichten sichergestellt war, konnte ich feststellen, daß die frühzeitig abgenutzten Molaren junger Leute sehr oft noch durch seitliche in der Zahl vermehrte Längsfurchen der Krone erkennen ließen, daß es sich um Zähne mit Faltenbildung gehandelt hatte.

Sehr interessant ist in dieser Hinsicht das Gebiß des jungen Neandertalers, des *Homo Moustériensis* Hauseri, dessen Molaren, abgesehen von  $M_3$  inf. und sup., stark abgekaut sind. Eine so starke Abnutzung (s. Fig. 8 u. 9 Taf. V) im Alter von 15—18 Jahren läßt sich nicht auf Kosten der Nahrung allein setzen, sie beweist, daß menschliche Molaren mit oberflächlicher Runzlung und Aufteilung der Höcker in oberflächliche Falten weniger widerstandsfähig sind als reine Höckerzähne. (Vergl. auch Fig. 26 Taf. VI, Molar des rezenten Menschen.)

Untersucht man nun Kiefer von 8—10jährigen Kindern, so überzeugt man sich, daß zwei Haupttypen von Molaren vorkommen, reine Höckerzähne und reine Faltenzähne. Übergänge zwischen beiden Typen gibt es, doch darf das selbstverständlich nicht so aufgefaßt werden, als ob jeder Zahn im Laufe seiner Entwicklung Entwicklungsstufen zwischen Faltenmolar und Höckermolar aufwies! Es kann nur heißen, daß man Zähne findet, bei denen die Faltung beziehungsweise die Runzlung mehr oder weniger ausgesprochen erscheint.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Zahl der Faltenzähne bei Kindern noch dadurch vermehrt erscheint, daß Runzlung der Oberfläche auch als pathologische Bildung vorkommt. In Fig. 12 und in Fig. 13 Taf. V bilde ich je einen Unterkiefer ab, an dem eine auffällige Runzlung der Kaufläche von  $M_1$  zu bemerken ist. Die Höcker sind neben der starken Runzlung als dünne Zapfen ausgebildet.  $M_1$  sup. zeigt ein ganz entsprechendes Bild. Berücksichtigt man aber, daß alle Zähne an der buccalen Fläche »wurmstichig« aussehen, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß es sich um eine pathologische Bildung handelt. Ob die Bildung auf luetischer oder auf anderer Basis entstand, läßt sich nicht entscheiden; soweit mir bekannt, sind auch die Ansichten der Zahnärzte in diesen Fragen nur auf Vermutungen aufgebaut.

Die Figg. 14 u. 15 Taf. V geben je einen Unterkiefer wieder, dessen junge Molaren den reinen Höckertypus repräsentieren. In Fig. 14 ist  $M_1$  durchgebrochen,  $M_2$  ist noch im Kiefer versteckt; in Fig. 15 bricht  $M_1$  gerade durch.

Untersucht man die Zahnanlagen ganz junger Kiefer, so überzeugt man sich, daß reine Höckerbildung an den Molaren auch im

jugendlichen Alter das häufigste Vorkommen darstellt, daß Molaren mit Kronenfurchung sehr selten sind. Auch die Untersuchung frisch konservierter und entkalkter Kiefer in den verschiedenen Entwicklungsstufen führen zu dem gleichen Ergebnis. Die Ansicht ADLOFF's, daß der Höckerzahn ein Vorstadium besitzen könne, das durch Molaren mit Kronenfurchung dargestellt werde, entspricht also nicht den Tatsachen.

Die zweite Annahme ADLOFF's, der Zahn sei noch nach dem Durchbruch fähig, die Form abzuändern, ein Zahn mit Kronenrunzlung könne diese nach dem Durchbruch noch verlieren und zu einem Höckerzahn werden, verkennt die Sachlage durchaus.

ADLOFF scheint in seiner Auffassung zu schwanken, oder er hat seine Ansicht geändert. Gegen die Möglichkeit einer Umwandlung der Zahnform in der Gebrauchsperiode spricht er sich einerseits aus und begründet dieses mit dem Hinweis, daß die Zahnkrone schon vor dem Durchbruch fertiggestellt sei. Andererseits verteidigt aber ADLOFF die Umwandlung der Zahnform in der Gebrauchsperiode in einer Arbeit in der D. M. Schr. f. Zahnheilk. 1907, p. 129, in der er einen Fall beschreibt, in welchem der zweite Schneidezahn der linken Seite sich dachziegelartig über den großen Schneidezahn herübergeschoben hat. Der Zahn ist von ungewöhnlicher Form, nach mesial schaufelförmig ausgezogen. Diese Abänderung der Form soll nach ADLOFF erst nach dem Durchbruch des Zahnes erfolgt sein. Der Fall wird von ihm als Beweis für dieses Geschehen, für Umformung nach dem Durchbruch, verwertet, und er verallgemeinert den Fall zur Erklärung der Anpassung der Zahnform an die Funktion. ADLOFF schließt die Möglichkeit, daß die Umformung schon im Stadium des Zahnkeims erfolgte, ausdrücklich aus, ohne aber für diese Ansicht irgend einen Beweis anzutreten. »Schließen wir aber eine zufällige Abweichung von der Norm aus, dann bleibt eben nur übrig, anzunehmen, daß andauernder Druck auf bereits durchgebrochene Zähne eine bleibende Wirkung auszuüben vermag. Allerdings dürfte dieses nur im jugendlichen Alter möglich sein, solange die Dentinkanälchen noch weit und durch zahlreiche Anastomosen miteinander verbunden sind.« Auch BRANCA hat sich übrigens eine ähnliche Auffassung gebildet, die er auf das phylogenetische Geschehen anwendet. Er sagt: »Tatsache ist jedenfalls, daß Zähne trotz ihrer Härte offenbar ein sehr biegsames Material sind, welches unter verschiedenen Einflüssen im Laufe der Zeiten sehr verschiedenartige Formen annahm.« (BRANCA.<sup>1</sup>)

In meiner eingangs zitierten Arbeit habe ich hervorgehoben, daß die Zahnkeime in meiner dritten Periode der phylogenetischen Entwicklung wohl von der Umgebung aus mechanisch beeinflusst werden

<sup>1</sup> Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. Jahrgang 54, S. 124.

können, hierdurch aber niemals etwas prinzipiell Neues geschaffen wird. Der Charakter dieser Formabänderungen des Zahnes wird am besten durch das sogenannte Krümmungsmerkmal der Zähne erläutert. In sehr ungünstigen mechanischen Bedingungen für den sich entwickelnden Zahnkeim kann seine Entwicklung auch gehemmt oder ganz unterdrückt werden. Neue Formen aber entstehen in dieser Periode nur unter Abänderung der Wachstumstendenzen der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe. In dem von ADLOFF beschriebenen Fall handelt es sich um eine Abänderung der Zahnform, die durchaus genügend durch Vorgänge am Zahnkeim erklärt wird, es liegt kein Grund vor, den Zeitpunkt der Abänderung durchaus in die Gebrauchsperiode verlegen zu müssen.

Hervorgehoben wurde, daß der Schmelz des Zahnkeims des neugeborenen Kindes im frischen Zustand noch verhältnismäßig weich ist, daß er eben schneidbar ist, in der Zeit aber, in der der Zahn den Kieferknochen zu durchbrechen beginnt, ist der Härtegrad des Schmelzes schon ein derartiger, daß von Beeinflussung der Form infolge äußerer mechanischer Einflüsse, die auf die Zahnkrone einwirken, nicht mehr die Rede sein kann. Hierfür ein großes Beweismaterial aufzufinden ist nicht schwer. Untersucht man z. B. die schaufelförmigen Schneidezähne des Rindes — ich ziehe diesen Fall heran, weil die Form dieser Zähne dem von ADLOFF beschriebenen Einzelfall des Menschen, der sein Beweismaterial bildet, sehr ähnelt —, so überzeugt man sich, daß die schaufelförmigen Kronen sich dachziegelartig decken, weil die Raumverhältnisse für die Zähne offenbar nicht günstige sind. In Analogie zu dem Fall ADLOFF'S müßte eine Abänderung der Form in der Gebrauchsperiode erwartet werden, hiervon ist aber nichts zu bemerken. Dagegen beobachtet man, daß die Zähne sich an den Berührungsstellen gegenseitig abschleifen, man kann nachweisen, daß langsamer Materialverlust auftritt. Bekannt ist ferner, daß Schlißflächen, welche die Zähne sich an Berührungsstellen unter der Funktion gegenseitig beibringen, zur Zahnbestimmung von allen Forschern als Merkmal herangezogen werden. Nach ADLOFF'S Auffassung dürften derartige Substanzverluste nicht vorkommen, sondern die Zahnform müßte abgeändert werden, denn schon frühzeitig besteht die Berührung der Zähne, sie bildet sich nicht erst in einer Zeit aus, in der der Zahn nicht mehr jugendlich ist.

Mechanische Beeinflussung der Zahnkrone durch die Umgebung mit nachfolgender Abänderung der Zahnform findet also nur in der Entwicklungsperiode der Krone statt, während des Durchbruches und nach dem Durchbruch des Zahnes kann nur noch Substanzverlust statthaben.

Ich gebe zu, daß man den Eindruck bei eben durchgebrochenen Zähnen gewinnt, die Höcker und Täler, die Leisten und Furchen seien

deutlicher modelliert als beim Zahn, der in Funktion getreten ist. Man könnte sich auf Grund der sicher nicht gleichartigen Proliferationsfähigkeiten der Odontoblasten — die Proliferation überwiegt an der Basis der Krone — vorstellen, daß in der Wandung der Zahnkrone unter diesen Einflüssen, während der Zahn noch in der Alveole steckt, ein Druck in der Richtung von buccal, platinal, mesial und distal nach der Oberflächenmitte der Krone wirke. Diese Spannung, so ließe sich folgern, könnte die Höcker erhöhen, die Täler vertiefen und Runzlung verursachen, nach Freiwerden der Krone aus der Umgebung könnte, unter der Annahme, daß das Material noch plastisch in gewissen Grenzen nachgiebig sei, eine sekundäre Ausdehnung der Krone erfolgen. Diese müßte dann allerdings sehr rasch eintreten. Die Untersuchungen jugendlicher Kiefer, die Tatsache, daß die Alveole weit größer ist als der Zahnkeim, zeigt, daß eine derartige Annahme sicher falsch ist. Der Eindruck, daß Höcker und Täler beim noch nicht durchgebrochenen Zahn stärker ausgeprägt sind als beim funktionierenden Zahn, wird lediglich durch die Glätte und Unversehrtheit des Schmelzes hervorgerufen.

Man muß daher der Auffassung ADLOFF's entgegentreten, daß die Oberflächenrunzlung hauptsächlich an noch nicht ausgebildeten Keimzähnen vorkommt, und daß sie nach beendeter Entwicklung zum Teil wenigstens oder ganz schwinde. Rasche Abnutzung bewirkt, daß Runzlung beim Erwachsenen seltener beobachtet wird.

Die kausale Entstehung der Kronenrunzlung im Sinne DE TERRA's, durch funktionelle Anpassung, ist ebenso wie die Auffassung ADLOFF's zurückzuweisen, nach welcher die Runzlung einen Jugendzustand des Zahnes darstellen soll, der unter unbekanntem (mechanischen) Einflüssen verschwindet, um der reinen Höckerform Platz zu machen.

Der rezente Mensch besitzt zwei Hauptformen von Molaren, reine Höckermolaren und Molaren mit Kronenrunzlung. Diese sind selten, jene die bei weitem häufigste Form. Beide Zahnformen erscheinen schon in jungen Stadien der Entwicklung festgelegt.

Ontogenese und Phylogenese offenbaren nun einwandfrei die Tatsache, daß der Höckerzahn älter ist als der Faltenzahn.

Auch die Runzlung der Oberfläche an Molaren des Menschen ist als Faltenbildung zu betrachten, weil die Furchen, abgesehen von den feineren Verzweigungen, nachweislich auch von der Schicht der Odontoblasten mitgebildet werden können. Diese Tatsache wird dadurch klargelegt, daß die Grenzlinie zwischen Zahnbein und Schmelz bei Runzlung der Oberfläche einen den Runzeln entsprechenden Verlauf nimmt.

Bei der Bildung der Runzeln an der Kaufläche der Molaren handelt es sich also um das Ergebnis einer Variation in der Wachstumstendenz von Zahnkeimgrundgeweben. Nehmen wir eine gestei-



gerte Wachstumstendenz der Odontoblasten und der Schmelzzellen zugleich an, so muß notwendigerweise eine Oberflächenfaltung die Folge sein, wenn nicht bei gleichbleibender Masse der Pulpa der Zahn unter Verschmälerung sich verlängert. Die Epithelschichten, welche unter der gesteigerten Wachstumstendenz bestrebt sind, ihre Oberfläche zu vergrößern, könnten sich unter Mitnahme von Pulpagewebe austülpeln oder nach dem Zentrum des Zahnkeims hin einstülpen. Bei der allseitigen Umhüllung des Zahnes findet Einstülpung statt. Eine gesteigerte Wachstumstendenz, welche nur die Odontoblasten trifft, also nur zur Oberflächenvergrößerung der zahnbeinliefernden Schicht und zu deren Einstülpung führt, ist an den Zähnen der Labyrinthodonten in ihrer Wirkung erkennbar: in den enormen Faltungen und Einstülpungen der Odontoblastenschicht, welche den Tieren den Namen prägten. Andere Zahnformen (z. B. in der phylogenetischen Reihe der Pferde und der Elephanten) offenbaren eine vorwiegende Abänderung in der Wachstumstendenz des Schmelzes. Ungleich starke Beteiligung der Zahnbeingrundgewebe und lokale Abänderung der Wachstumstendenz führen zu unendlich vielen Kombinationen. Die Entstehung des hypselodonten Zahnes aus dem brachyodonten ist nur möglich unter Steigerung der Wachstumstendenz aller den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe, jedoch ist die Steigerung nicht bei allen Geweben in gleicher Stärke vorhanden. Man vergleiche hierzu die Figg. 3 u. 4 Taf. V.

Bei der Entstehung von neuen Höckern (Talonbildung) liegt das gleiche Geschehen, aber örtlich beschränkt, vor.

Übergänge von Faltenbildung zu Höckerbildung sind in ihrer Entstehung durch Kombination der Vorgänge unschwer zu erklären.

Aber nicht nur Abänderung in der Wachstumstendenz der Grundgewebe des Zahnkeims (Zellvermehrung) kommt als Faktor in Betracht, es kann sich bei den, Hartsustanzen liefernden, Zellen auch um Steigerung und Verminderung der Produktionsfähigkeit handeln. Als Ergebnis der Wirkung dieses Faktors (Schmelzproduktion) hatten wir schon die Entstehung der Differenz der Oberfläche der Krone des Zahnes des Hirsches und der Giraffe kennen gelernt (s. Figg. 1 u. 2).

Schließen wir die Fälle aus, in denen möglicherweise pathologische Einflüsse durch Reizung oder Beeinträchtigung der Zahnkeimzellen eine Abweichung vom normalen Geschehen bewirken, so haben wir die Faktoren für das Geschehen in den Zellen des Zahnkeimes selbst zu suchen. Welche kausalen Momente hierbei eine Rolle spielen, entzieht sich unserem Blick. Diese Vorgänge greifen an die Wurzel allen Geschehens; wir werden die Ursachen für diese Abänderung ebensowenig erschließen, wie es möglich ist, zu erkennen, warum bei der Entwicklung des Embryo z. B. einzelne Epithelzellen unter Vermehrung



dem Mesoderm zustrebend den Ausgangspunkt zur Bildung einer Drüse abgeben.

Ich habe hervorgehoben, daß die Kronenrunzlung verschiedenen Momenten ihre Entstehung verdanken kann. Es kann sich um Steigerung der Wachstumstendenz einzelner oder mehrerer Zahnkeimgrundgewebe oder um Steigerung der Hartsubstanzenproduktion handeln. Bei den feinen zarten Runzeln an der Kaufläche des Orangmolaren z. B. scheint nur lokale Steigerung oder Abschwächung der Schmelzproduktion vorzuliegen (Figg. 40 u. 41 Taf. VI).

Wir sind daher nicht berechtigt, Kronenrunzlung ohne eingehendere Untersuchung jedes einzelnen Falles stets als gleichwertig zu betrachten, wie es bisher geschehen ist.

Variationen in dem Verhalten der Grundgewebe des Zahnkeims, die zur Bildung von Kronenrunzlung führen, können nun anscheinend oft lediglich als zufällige Erscheinung in Einzelfällen auftreten. Einleuchtend ist aber ohne weiteres, daß ein Fall genügen kann, in dem die Erscheinung erblich, als Mutation, auftritt, um die Möglichkeit einer Verbreitung der Form in einer Tiergruppe abzugeben. Nahrungswechsel und Abänderung der mechanischen Beanspruchung kann eine Abänderung der Kronenform direkt nicht bedingen. Daß Abänderungen des Organismus in dem Sinn, daß bei Klima- oder bei Nahrungswechsel etwa die chemische Zusammensetzung der Körpersäfte eine andere wird und Abänderung der Zahnform durch Beeinflussung der Zellen des Zahnkeims entsteht, ist nicht nachweisbar (s. S. 547 u. 548). Ob die seltene Kronenrunzlung beim rezenten Menschen sich vererbt, wissen wir ebenfalls nicht. Untersuchungen nach dieser Richtung hin sind nicht gut möglich. Sollte dies aber der Fall sein, so ist zuzugeben, daß heute die Verbreitung eines neuen Merkmals nicht so sehr hervortreten wird als einst, in einer Zeit, in welcher der Mensch in kleineren Gruppen zusammenlebte.

Es fragt sich nun, wie das Auftreten von Kronenrunzlung zu deuten ist. Stellt die Kronenrunzlung eine primäre oder sekundäre Bildung dar, ist sie primitiv oder erworben.

Nach meinen Darlegungen und an der Hand der Ergebnisse der Paläontologie der Tiere dürfte die Antwort nicht schwer fallen; die Höckerbildung ist, abgesehen von nachweisbarer sekundärer Höckerentstehung, das primitive, Faltung und Runzlung ist in meiner Periode III der phylogenetischen Zahnentwicklung unter Abänderung der Wachstumstendenz oder unter Abänderung der Fähigkeit zur Produktion von Hartsubstanzen sekundär entstanden. (Vergl. S. 468.)

Der gleichen Auffassung ist auch ADLOFF; er betrachtet die Kronenrunzlung als Spezialisierung.

ADLOFF sagt: »Wenn die Schmelzrunzeln das Anzeichen einer höheren Differenzierung sind, so ist es in der Tat sehr wohl möglich, daß die in dieser Beziehung noch höher differenzierten Schimpanse und Orang sich aus *Dryopithecus* entwickelt haben könnten, dieses ist aber ausgeschlossen für den Gorilla und den Menschen, die jeder Runzeln entbehren, sich mithin primitiver verhalten würden als ihr Vorfahr.« In seiner Monographie sagt er: »Auf jeden Fall ist diese Eigenschaft (Vermehrung der Schmelzfalten des Krapinamenschen) ebensowenig primitiv wie die Runzelung der Schimpanse- und Orangzähne.« (S. 105, Jahreshefte d. V. f. vaterl. Naturk. in W., 54. Jg.)

Zu anderer Auffassung müssen die Forscher gelangen, welche die Vorfahren des Menschen zu den Menschenaffen in abhängige Beziehung bringen. Auch diese Forscher erkennen an, daß beim Menschenaffen die Runzlung der Kaufläche sekundär erworben wurde. Da nun der rezente Mensch die Runzlung nur in seltenen Fällen besitzt, wird angenommen, daß beim Menschen in früheren Entwicklungsstufen die Kronenrunzlung eine häufigere Erscheinung dargestellt haben müsse. Tatsächlich findet man diese Erscheinung ja auch bei manchen ausgestorbenen Menschenrassen verbreiteter.

Hieraus wird nun gefolgert, daß der Mensch im Beginn seiner Entwicklung die Kronenrunzlung von dem Menschenaffen ererbt habe, daß sie dann aber durch Reduktion wieder verloren gegangen sei.

Hiernach wäre die Kronenrunzlung des Menschen als primitiv im Sinne von »pithekoid« zu betrachten.

So sagt BRANCA bei Besprechung der Überreste des *Pithecanthropus*: »Endlich aber zeigt die Kaufläche des Zahnes einige Schmelzleisten bzw. Furchen, und das ist ein Merkmal, welches zwar beim Menschen auch vorkommen kann, jedoch immer ein anthropomorphes genannt werden muß.«

Auch SCHLOSSER steht auf diesem Standpunkt, den GORJANOVIC-KRAMBERGER übernommen hat. Dieser Autor sagt: »In Anbetracht dessen, daß die Schmelzfalten des rezenten Menschen in Abnahme begriffen sind, der *Homo primigenius* aber solche — wie es scheint — allgemein besessen hat, hat man auch diese Falten, weil sie in ähnlicher Weise wie bei den erwähnten Anthropomorphen auftreten, als pithekoide resp. primitive Merkmale aufzufassen.«

DE TERRA folgt den gleichen Gesichtspunkten. »Ich will aber einräumen,« sagt er, »daß die Furchen, wie wir sie jetzt an menschlichen Zähnen gelegentlich beobachten, vielleicht einst stärker und gleichmäßiger die Kaufläche bedeckten.«

Stellen wir uns zur Klärung der Frage auf diesen Standpunkt: der Menschenaffe hätte die Runzlung erworben und auf den Menschen übertragen. Nehmen wir an, daß der menschliche Vorfahre mithin den

Faltenzahn typischerweise besessen hätte, so ist zuzugeben, daß im weiteren Verlauf der Entwicklung der Mensch die Kronenrunzlung durch Reduktion wieder verlieren konnte. Gänzlich ausgeschlossen ist aber, daß er die typische Höckerbildung hätte wieder erwerben können!

Ein derartiger Entwicklungsmodus würde gegen das DOLLO'sche Gesetz verstoßen, nach dem eine einmal verloren gegangene Bildung niemals in der gleichen Weise wiedergebildet wird.

Somit ist als sicher anzunehmen, daß die Kronenrunzlung des rezenten Menschen und ausgestorbener Menschenrassen als Neuerwerb zu betrachten ist, der mit der Kronenrunzlung der Menschenaffen nicht in Beziehung stehen kann.

Man kann auch den Standpunkt vertreten, daß die Kronenrunzlung des rezenten Menschen einen »Rückschlag« darstelle. Voraussetzung für diese Ansicht muß sein, daß Vorfahren des Menschen einst die Faltenform des Zahnes besessen hätten, dann müßte, wie im vorher besprochenen Fall, Reduktion der Runzlung unter Wiedergebilde der Höcker erfolgt sein. Da dies nach dem DOLLO'schen Gesetz unmöglich, ist der Gedanke an einen Rückschlag zurückzuweisen.

In Frage der Möglichkeit, bei dem Auftreten der Kronenrunzlung des rezenten Menschen an Mendeln infolge von Urbastardierung zu denken, sei auf die Besprechung der Entstehung des Tuberculum bei Schneidezähnen hingewiesen (s. S. 537 ff). Das dort Bemerkte gilt auch hier.

Zu berücksichtigen ist noch eine Schlußfolgerung SELENKA's<sup>1</sup>. Dieser Forscher sagt: »Unter den Menschenaffen finden sich zunächst dem Orangutan die stärksten Runzeln auf den Backenzähnen des Schimpanse; doch sind sie immer viel spärlicher. Weit schwächer erscheinen sie im fossilen Dryopithecus, andeutungsweise beim Menschen und als individuelle Bildung gelegentlich beim Gorilla. Umgekehrt sind die Höcker der Backzähne beim Orangutan am schwächsten, in zunehmendem Maße stärker beim Schimpanse, Gibbon, Dryopithecus, Homo, und am mächtigsten beim Gorilla. Offenbar steht die Ausbildung von Höckern und Runzeln auf den Backenzähnen in Wechselbeziehung, was ja auch ganz plausibel. Je dicker die Höcker, desto weniger Raum bleibt für die Schmelzrunzeln; und umgekehrt, je ausgedehnter das Gebiet der Runzeln, desto mehr ist das Gebiet für die Tuberkelbildung beschränkt.«

Diese halbkausalen Erwägungen SELENKA's können deshalb nicht mehr allgemeine Gültigkeit haben, weil Gorilla Berengei Backen-

<sup>1</sup> Menschenaffen. Wiesbaden 1898—1900.

zähne besitzt, die in der Form der Höcker mit den Backenzähnen des westafrikanischen Verwandten völlig übereinstimmen, trotzdem aber zahlreiche Runzeln aufweisen.

Ferner sind Zahnformen mit schwacher Höckerbildung bei Affen sehr verbreitet, bei denen eine Kronenrunzlung nicht aufgetreten ist.

Höckerbildung und Faltenbildung sind in keiner Weise in ihrem Auftreten voneinander abhängig, wie SELENKA vermutete, beide entstehen unter Abänderung der Wachstumstendenz der Zahnkeimgrundgewebe, nur die Lokalisation dieser Erscheinung ist bei beiden Formen verschieden, daher sind auch alle Übergänge zwischen Höckerbildung und Faltenbildung und Kombination beider nicht nur theoretisch möglich, sondern tatsächlich vorhanden.

Nachweisen läßt sich nun, daß die Faltung der Zähne bei nahestehenden Tieren verschieden stark ausgebildet wird. Dies ist z. B. bei den Nagern der Fall. Auch die Runzlung der Zahnkrone beim Menschen und den verschiedenen Menschenaffen trägt, schon rein äußerlich betrachtet, einen verschiedenen Charakter, ganz abgesehen davon, welche Bestandteile des Zahnkeims an der Bildung beteiligt sind. Die Runzlung kann tiefe und weniger tiefe Furchen ziehen nur Schmelz oder Schmelz und Dentin kann am Aufbau beteiligt sein. Die Runzlung kann ferner sozusagen regellos auftreten, in anderen Fällen scheint die Tendenz zur Wiederholung bestimmter Anordnungsweisen ausgesprochener.

Beim Orang scheint die Furchung oft nach einem bestimmten Schema angeordnet wiederzukehren, während bei den übrigen Menschenaffen von der Furchung — soweit sie vorhanden — höchstens gesagt werden kann, daß gewisse Verlaufsrichtungen sich nachweisen lassen, die mit Vorliebe eingeschlagen werden. Untersucht man nun verschiedene Orangutanschädel, so überzeugt man sich, daß auch beim Orang der Verlauf der Furchen durchaus nicht so regelmäßig ist, wie man anzunehmen geneigt ist. Ich bilde zwei Orangunterkiefer ab, die beide eine verschiedene Anordnung der Furchen und auch an den entsprechenden Zähnen ein und desselben Unterkiefers nicht völlige Übereinstimmung der Furchenlinien aufweisen (Figg. 40 u. 41 Taf. VI). Beim Schimpanse variiert die Furchung in den Verlaufsrichtungen nicht weniger als beim Menschen.

Bei diesen Differenzen im Auftreten der Furchungslinien handelt es sich um Erscheinungen, die lediglich dartun, daß die Furchung in verschiedener Art und in verschiedenem Grade erblicher Fixierung vorkommt.

Die Bedeutung der Faltung der Kaufläche an sich wird hierdurch nicht entkräftet.

Die Paläozoologen haben die Bedeutung derartiger Formverschiedenheiten erkannt und entsprechend verwertet.

Die Tatsache einer Existenz der Furchung am Zahn besagt, daß in den Entwicklungsgang des Zahnes mit Kronenrunzlung im Gegensatz zu dem Höckerzahn ein neuer Faktor eingegriffen hat. Für stammesgeschichtliche Forschungen besitzt daher eine schwache sich vererbende Kronenrunzlung dieselbe Bedeutung wie eine ausgesprochene Faltung der Hartsubstanzen. Hieran wird gar nichts geändert durch die Tatsache, daß beim rezenten Menschen die Erscheinung der Kronenfurchung nur selten und anscheinend als individuelle Bildung auftritt.

Man kann daher ADLOFF nicht beipflichten, wenn er sagt, »daß Runzeln eine sehr zweifelhafte Bildung sind, deren Wert nicht überschätzt werden darf«. Schon die Tatsache, daß die seltene Erscheinung der Furchung beim rezenten Menschen vonseiten vieler Forscher als Rückbildung gedeutet wird, während wir gezwungen werden, sie als Neuerwerb zu betrachten, hebt die zweifellose Bedeutung des Merkmals hervor. Die Tatsache, daß die Kronenfurchung für den Neandertaler die Norm darstellt, muß für die Beurteilung der Stammesgeschichte des Menschen von außerordentlichem Wert sein.

Die Untersuchung fossiler Menschenaffen hat ergeben, daß ihre Molaren zur Bildung von Kronenrunzlung sehr stark neigen. Hierbei hält sich die gleichzeitige Höckerbildung in mäßigen Grenzen.

Bei *Dryopithecus* und an den Zähnen aus den Bohnerzen zeigen sich nach BRANCA an unbenutzten Molaren auf der Kaufläche Schmelzleisten, wie sie nur ziemlich selten dem Menschen eigen sind. Dabei ist aber die Art der Runzlung der beim Menschen auftretenden sehr ähnlich.

Dagegen tritt beim lebenden Menschenaffen die Runzlung gegenüber der Höckerbildung zurück, bei einigen ist die Runzlung mit Höckervergrößerung gepaart.

Orangutan besitzt bei starker Höckerausprägung eine sehr oberflächliche seichte Furchung, die ganz auf den Schmelz beschränkt zu sein scheint (Figg. 40 u. 41, Taf. VI).

Bei Gorilla findet sich Höckervergrößerung mit (*Gorilla Berengei*) und ohne Runzlung.

Da die reine Höckerbildung als der primitive Zustand anzusehen ist, die Furchung eine sekundäre Bildung darstellt, so berechtigen die bisher aufgefundenen fossilen Menschenaffen nicht, einwandfreie genetische Beziehungen zwischen fossilen Menschenaffen und den lebenden Vertretern zu knüpfen.

Zu erwarten steht, daß paläontologische Funde uns ältere Formen erschließen werden, welche den reinen Höckertypus der Molaren aufweisen.

Vergleicht man die reine Höckerform des Gorilla mit den Höckermolaren der lebenden Affen der neuen und der alten Welt, so muß anerkannt werden, daß die Molaren der neuweltlichen Affen der ursprünglichen Zahnform näher stehen müssen als die Molaren der Affen der alten Welt und des Gorilla. Die Höcker der altweltlichen Affen und des Gorilla sind extrem in die Höhe ausgebildet. Die Höcker der altweltlichen Affen zeigen sogar gleiche Höhe an allen Höckern. Dies weist auf eine starke Spezialisierung hin. Auch die Höcker des Gorilla sind so hoch, daß in ihnen eine Sonderbildung zu erblicken ist. (Über Höckeralternation und Höckeropposition s. S. 492.)

Durchmustern wir das über den fossilen und lebenden Menschen vorliegende Material, so ergeben sich für stammesgeschichtliche Fragen ähnliche Verhältnisse.

Beim rezenten Menschen herrscht die reine Höckerform der Molaren vor, nur sehr selten beobachtet man als individuelle Erscheinung Kronenrunzlung. Ob diese Form vererbt wird, ist nicht untersucht. Die Kronenrunzlung kann an allen Molaren des rezenten Menschen auftreten, meist aber zeigt ein Gebiß nur an einem Molar, seltener an mehreren diese Erscheinung. Der einzige Fall, der bisher bekannt wurde, bei dem alle Molaren und Prämolaren Runzlung aufwiesen, ist von DE TERRA bei einem Timoresen beschrieben. Bestimmte Rassen werden von der Kronenrunzlung nicht bevorzugt, sie tritt überall gelegentlich auf. Von den diluvialen Menschenrassen stimmen alle mit einer Ausnahme in dem Vorkommen der Kronenrunzlung mit dem rezenten Menschen überein, wozu bemerkt werden muß, daß der älteste zweifellos menschliche fossile Fund, der Heidelberger Unterkiefer, Molaren mit reiner Höckerbildung besitzt; die Frage steht also noch offen, ob bei ihm die Runzlung als seltene individuelle Erscheinung wie beim rezenten Menschen schon vorkam. Zur Beurteilung dieser Frage müssen weitere Funde abgewartet werden.

Die Ausnahme beim Menschen wird dargestellt durch die Vertreter der Neandertalrasse, unter denen eine ganze Reihe gut erhaltene Zähne aufweisen und anscheinend eine einwandfreie Beurteilung zulassen.

Die Molaren des Krapinamenschen zeigen eine sehr ausgesprochene Runzelbildung der Kaufläche mit Neigung zur Unterdrückung der Höcker. Es handelt sich um Leisten, die nach der Zahnmitte konvergieren, zwischen den Leisten sind Furchen vorhanden, die sich in Unterfurchen aufteilen und Parallelfurchen erkennen lassen. Die Krone kann derart zerklüftet erscheinen, daß die ursprüngliche Höckerbildung in vielen Fällen kaum nachzuweisen ist. Dies schließt natürlich nicht aus, daß man mit mehr oder weniger Erfolg den Versuch macht, die ursprünglichen Höcker aus dem Wirrsal von Furchen herauszulesen. Oft greifen die Furchen aber in ungewöhnlicher Zahl auf die Seiten-

wände der Krone über und verhindern das Aufsuchen der verschwundenen Höcker. (Vergl.  $M_1$  und  $M_2$  des Homo Moustériensis in Fig. 8, Taf. V und Fig. 39 Taf. VI  $M_3$  des rezenten Menschen.)

Mit den Krapinafunden stimmt auch der jugendliche Vertreter der Neandertalrasse, der Homo Moustériensis Hauseri, überein. KLAATSCH sagt über den dritten Molaren (vergl. Fig. 8 u. 9 Taf. V), er lasse eine Homologisierung der Unebenheiten mit den Höckern der beiden anderen Molaren nicht zu. Ich gebe in Fig. 8 eine Abbildung der drei unteren rechten Molaren. Ersichtlich ist, daß KLAATSCH mit der Behauptung recht hat, eine Auffindung der Höcker sei bei  $M_3$  nicht möglich. Dasselbe gilt auch in geringerem Maße allerdings von  $M_1$  und  $M_2$ . Man ist gewiß in der Lage, zu sagen, wo die einzelnen Höcker gesessen haben müssen, aber ein Blick auf die zahlreichen Furchen, welche von der Kaufläche auf die Seitenwände der Krone übertreten, belehrt uns, daß tiefgreifende Abänderung in der Form der Krone durch Furchung Platz gegriffen hatte, und daß lediglich durch die Abkautung die Verhältnisse einfacher erscheinen, als sie am unbenutzten Zahn gewesen sind. Ganz müßig ist im übrigen der Streit, der daraus hervorging, daß einige Forscher glaubten besser, andere weniger gut die ursprünglichen Höcker herauslesen zu können. Darauf kommt es gar nicht an, es handelt sich in der Hauptsache darum, ob wir die Tatsache anerkennen müssen, daß beim Neandertaler die Molaren mit Furchung die Norm darstellen, während beim rezenten Menschen und bei den anderen diluvialen Rassen der reine Höckerzahn die typische Gestalt für die Molaren darstellt.

In Fig. 9 habe ich die oberen rechten Molaren des jungen Moustérienmenschen wiedergegeben. Sie zeigen die Runzlung in gleicher Weise wie die unteren, mit dem Unterschiede, daß die Faltung deutlicher auf der Grundlage des vierhöckrigen oberen Molars aufgebaut ist.

Sehr bemerkenswert ist, daß die Molaren der bekannt gewordenen fossilen Menschenaffen in der Art der Ausbildung der Kronenrunzlung den Zähnen mit Kronenrunzlung des Menschen näher stehen als den Zähnen der lebenden Menschenaffen. Fehlerhaft wäre, wollten wir hieraus schließen, hier seien uns Formen vorgelegt, die einer gemeinsamen Urform nahestehen müßten. Die Runzlung muß als eine sekundäre Bildung betrachtet werden, sie stellt beim Menschen und bei Menschenaffen eine Konvergenzerscheinung dar: das geht schon aus dem ganz verschiedenartigen Charakter der Furchung bei beiden hervor; auch ist die Annahme einer Umwandlung des Faltenzahnes unter Reduktion der Falten in den Höckerzahn unzulässig (Verstoß gegen das DOLLO'sche Gesetz).

Die Tatsache, daß beim Menschenaffen und beim Menschen die Rassen untergegangen sind, welche ausgesprochene Faltung verbunden

mit Höckerschwund aufweisen, ist nur ein Beitrag zur Erweiterung der alten Erfahrung, daß die Formen, welche am stärksten spezialisiert sind, die kürzeste Lebensdauer besessen haben.

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß der älteste Vertreter des Menschen, dessen Unterkiefer in der Erdrinde erhalten blieb, der *Homo Heidelbergensis*, Molaren mit reiner Höckerbildung besaß; wir sahen, daß diese Kronenform zweifellos als die ursprüngliche zu betrachten ist; Abänderungen der Form der Krone im Sinne einer Fältelung der Oberfläche sind nur möglich unter Abänderung der Wachstumstendenzen der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe und müssen als ein Neuerwerb betrachtet werden. Diese Spezialisierung durch Runzlung der Zahnoberfläche ist bei den verschiedenen im Laufe der Entwicklung entstandenen Menschenrassen verschieden stark ausgebildet worden. Der rezente Mensch und auch einige ausgestorbene diluviale Rassen haben sich die ursprüngliche Form ziemlich rein bewahrt. Es können also diejenigen ausgestorbenen diluvialen Rassen, welche in diesem Merkmal weiter vorgeschritten sind, nicht als Vorfahren des rezenten Menschen in Betracht kommen.

Wir müssen den Krapinamenschen und den *Homo Moustériensis* sowie alle anderen diluvialen Funde, die in bezug auf Zahnform mit diesen gleichartigen Bau aufweisen, aus der Vorfahrenreihe des heutigen Menschen und jener diluvialen Rassen, welche im Zahnbau mit dem rezenten Menschen übereinstimmen, ausschalten. Wir haben Grundlagen, um eine ganz bedeutende Zahl von diluvialen Funden als zusammengehörig zu betrachten; man bezeichnet sie als *Homo neandertalensis sive Homo primigenius*. Dieser Rasse kommt die Runzlung der Kronenoberfläche als allgemeines Merkmal zu.

ADLOFF vertritt nun zwar ebenfalls den Standpunkt, daß die Runzlung keineswegs als ursprüngliches Merkmal angesehen werden dürfe, er hält sie für eine Spezialisierung, aber er mißt dem Merkmal keine stammesgeschichtliche Bedeutung zu. Hierzu wurde ADLOFF geführt einerseits durch die Tatsache, daß beim rezenten Menschen, wenn auch selten, so doch entsprechende Bildungen vorkommen, andererseits dadurch, daß bei den Krapinafunden wiederum in wenigen Fällen reine Höckerzähne erschienen.

Die reinen Höckerzähne bei einzelnen Individuen der Krapinafunde würden ausscheiden, wenn man mit GORJANOVIC-KRAMBERGER die Krapinaskellettreste zwei verschiedenen Rassen angehören läßt. GORJANOVIC-KRAMBERGER nimmt bekanntlich an, daß die Krapinaresten einem Kampf zwischen zwei Urhorden entstammen, dem *Homo primigenius var. krapinensis* und *var. spyensis*.

Auch KLAATSCH vermutet, daß die Skelettreste von Krapina von



zwei Rassen herrühren, und denkt neben dem Neandertaler an die Aurignacrasse.

Derartige Vermutungen sind durchaus nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, im Augenblick aber ist das vorliegende Material zur Entscheidung dieser Fragen noch zu klein und auch noch nicht genügend durchgearbeitet. Zu solchen Untersuchungen muß man die Knochen selbst in die Hand bekommen, Gipsabgüsse genügen nicht immer.

Nehmen wir aber an, es sei nachgewiesen, daß alle Individuen des Krapinamenschen einer Rasse angehörten, so wird die Bedeutung des Merkmals der Runzeln durchaus nicht durch die Tatsache abgeschwächt, daß es nicht allen Individuen und nicht allen in gleicher Stärke zukommt. Bestehen bleibt immer die Tatsache, daß die Oberflächenrunzlung der Krone bei dem Neandertaler die Regel, die reine Höckerbildung die Ausnahme darstellt, während bei anderen diluvialen Rassen und beim rezenten Menschen das umgekehrte Verhältnis besteht.

Der Höckertypus ist jedenfalls der ursprüngliche. Neigung zu Oberflächenfaltung hat sich bei den Zähnen sehr verschiedener Tiergruppen als Spezialisierung und in sehr verschiedenem Grade geltend gemacht, für den Menschen gilt dasselbe.

Sollte aber sicher nachgewiesen werden, daß unter den Menschengruppen, die wir heute als *Homo Neandertalensis* zusammenzufassen gezwungen sind, Untergruppen mit reiner Kronenfurchung neben solchen vorkommen, die reine Höckerzähne besitzen, so würde dies doch nur bedeuten, daß innerhalb der Art eine Spezialisierung stattgehabt hat, wie sie uns z. B. beim Gorilla bekannt ist.

Die Bedeutung des Merkmals wird dadurch in keiner Weise gemindert. Als völlig wertlos könnte sich das Merkmal beim Menschen herausstellen, wenn erwiesen würde, daß die Kronenrunzlung stets auf konstitutioneller oder pathologischer Basis entstände. Für diese Annahme besitzen wir aber keine Anhaltspunkte.

Bei Menschenaffen und Menschen finden sich beide Formtypen der Molaren. Da nun die Runzlung als Spezialisierung aufzufassen ist, sind wir zu behaupten berechtigt, daß Menschenaffen und Menschen sich spätestens schon in einer Zeit getrennt haben müssen, in der der primitive Zustand der Höckerzähne dem hypothetischen Vorfahren beider noch zukam. Die Runzlung bei beiden ist eine Konvergenzerscheinung, daher sind auch Unterschiede im Charakter der Runzlung nicht wunderbar.

Trat nun beim Menschen unter Runzelbildung an der Oberfläche der Krone Spezialisierung ein, so wird dies zunächst als Variation bei einzelnen Individuen der Fall gewesen sein. Erschien die Kronenrunzlung nur bei einem Individuum als Mutation, also erblich, so wird in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Reinzüchtung des Merkmals eingetreten

sein können, da die Isolierung der Horden in jenen Zeiten eine viel stärkere gewesen ist, und zwar auch in Gegenden, die nicht durch Gebirge und Meere abgegrenzt sind. Daß dabei einzelne Individuen den ursprünglichen Typus bewahrten, ist nicht auffallend.

Wenn der rezente Mensch den reinen Höckermolar besitzt, so kann das nur heißen, daß er sich eine ursprüngliche Form bewahrt hat. Treten individuell beim rezenten Menschen Fälle von Kronenfurchung auf, so kann es sich nur um eine Variation handeln, die auf Neuerwerb beruht, auf Abänderung der Wachstumstendenz der Zahnkeimgrundgewebe. Als Reduktionserscheinung oder als Rückschlag darf die Kronenrunzlung nicht betrachtet werden, sie ist stets eine sekundäre Bildung; wird Reduktion oder Rückschlag angenommen, so wird ein Verstoß gegen das DOLLO'sche Gesetz begangen.

Der rezente Mensch und die diluvialen Menschenrassen, welche reine Höckerbildung an den Molaren als Grundtypus aufweisen, sind also durch dieses Merkmal im Hinblick auf die Neandertalrasse als ursprünglicher charakterisiert.

*Homo Neandertalensis sive primigenius* muß als Vorfahre des rezenten Menschen ausscheiden.

Verständlich ist, daß man anfangs den Neandertaler und seine Stammesgenossen ohne weiteres als unsere Vorfahren ansah. Entspricht es doch dem Werdegang einer Wissenschaft, das jeweils vorliegende Material kausal zu verknüpfen; oft stößt aber ein einziger Fund oder eine neue Tatsache, die bei anderen Tieren gewonnen wird, das ganze Gebäude um. Für den rezenten Menschen steht zu erwarten, daß durch neue Funde fossiler Menschen der Beweis erbracht werden wird, er sei älter als der *Homo »primigenius«*, älter als die rezenten und fossilen Menschenaffen.

Nur der *Homo Heidelbergensis* könnte, beurteilt nach dem Merkmal der Kronenrunzlung als Vorfahre des rezenten Menschen in Betracht kommen, da er in diesem Merkmal ebenso primitiv ist; wir werden aber sehen, daß auch er auf Grund eines anderen Merkmals als unmittelbarer Vorfahre nicht in Betracht kommen kann.

## B. Die Molarenhöcker.

Unterschiede in der Höckerbildung spielen bei der Beurteilung der Beziehungen der Tiere in systematischer und genetischer Hinsicht für Zoologie und Paläozoologie eine große Rolle, oft bieten sie die alleinige Quelle für die Forschung.

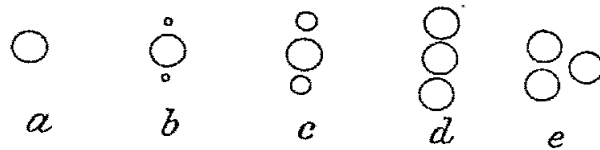
Wir verdanken daher diesen Wissenschaften bestimmte Richtlinien zur Beurteilung der Tiere nach der Höckerzahl, Höckerform, Höckerhöhe und Höckerstellung, die auf den Lehren der Differenzierungshypothese aufgebaut sind.

Hier sollen die Grundsätze der Differenzierungshypothese nun insoweit besprochen werden, als sie zur Beurteilung des Menschen in Betracht kommen.

Der einfache Kegelzahn soll sich bekanntlich dadurch kompliziert haben, daß an der mesialen und distalen Seite des Zahnes sich je ein Nebenhöcker ausbildete, der sich allmählich vergrößernd die Höhe des Haupthöckers erreichte, s. Textfig. 1 a, b, c, d.<sup>1</sup>

Der weitere Entwicklungsgang soll sich derart vollzogen haben, daß die Höcker des triconodonten Zahnes, die bei diesem in einer Ebene liegen, sich gegeneinander in der Weise verschoben, daß die Verbindung der Spitzen der Höcker ein Dreieck bilden, und zwar soll der Haupthöcker im Oberkiefer nach lingual, im Unterkiefer nach bukkal gerückt sein (Fig. 2 a, Textfig. 3 a, Fig. 1 e).

Ich habe schon eingangs darauf hingewiesen, daß es sich bei dieser Stufenfolge der Entwicklung der Zahnform lediglich um eine Annahme handelt, welche sich auf Existenz der verschiedenen bezeichneten Formen bei verschiedenen Tieren gründet. Über den tatsäch-



Textfig. 1. Schematische Darstellung der Entwicklung des einfachen Kegelzahns zum trituberkulären Zahn über das triconodonte Stadium.

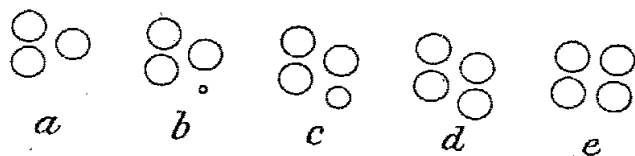
lichen Ablauf der Entwicklung wissen wir nichts. Die Umgestaltung der Zahnform an Flossenstacheln dagegen tut einwandfrei dar, daß die Einhaltung einer hypothetischen Stufenfolge der Entwicklung nicht als notwendige Vorbedingung zur Entstehung des trituberkulären Zahnes anzusehen ist; im Gegenteil ist anzunehmen, daß auch im Kiefer, wie in Flossenstacheln verschiedene Formen primitiver Höckerzähne unmittelbar aus den Zahnkeimen einfacher Kegelzähne hervorgegangen sind, und zwar unter mechanischer Beeinflussung der Zahnkeime von seiten der Umgebung. Als primäre Höckerzähne hätten wir Höckerzähne mit verschiedener Zahl von Höckern anzusehen, welche sehr frühzeitig parallel mit der für das Tier charakteristischen Schädelform entstanden; sekundäre Umgestaltung der primären Höckerzähne wird bewirkt durch Abänderung der Wachstumstendenz der Zahnkeimgrundgewebe.

Im Sinne der Differenzierungshypothese soll sich die Weiterentwicklung des trituberkulären Zahnes im Oberkiefer folgendermaßen abgespielt haben.

<sup>1</sup> In den schematischen Textfiguren soll rechts als bukkal für den Unterkiefer und als lingual für den Oberkiefer, vorn gleich mesial gelten.

An der lingualen und distalen Ecke des trituberkulären Zahnes (Fig. 2 a) beginnt die Bildung des Talon, der zur Entwicklung eines vierten Höckers führt (Fig. 2 b, c, d). Unter der Vergrößerung des vierten Höckers soll der vor ihm liegende Haupthöcker nach mesial verlagert worden sein, so daß die Höcker der lingualen und bukkalen Seite, die im Stadium d (Fig. 2) alternierend angeordnet waren, nunmehr im Stadium e sich paarweise in bukkal-lingualer Richtung gegenüberliegen. Bei alternierend angeordneten Höckern liegt der Haupthöcker, der bei der Bildung des trituberkulären Zahnes (Fig. 2 a) nach lingual gerückt war, gegenüber der Furche, welche die beiden bukkalen Höcker voneinander trennt. Im Sinne der Differenzierungshypothese sind daher Zähne mit alternierend angeordneten Höckern gegenüber Zähnen mit opponiert angeordneten Höckern als primitiv zu betrachten.

Am Unterkiefer sind die Höcker des trituberkulären Zahnes in der Weise angeordnet, daß der Haupthöcker bukkal gelegen ist, während die aus den Nebenhöckern des trikonodonten Zahnes hervorgegangenen Höcker lingual liegen (Fig. 3 a). Bei der weiteren Entwicklung der



Textfig. 2. Umwandlung des trituberkulären Zahnes des Oberkiefers in den vierhöckerigen Zahn nach der Differenzierungshypothese.

Unterkiefermolaren soll nun distal der Talon entstehen, welcher zur Bildung zweier neuer distaler Höcker Veranlassung gibt. Hierdurch entsteht ein fünfhöckeriger Zahn, bei dem die beiden distalen Höcker niedriger sind als die drei vorderen (Miacis, Centetes, Viverra).

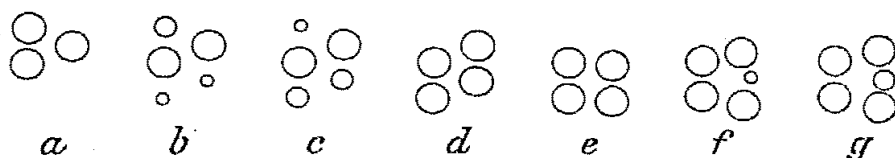
Beim Menschen soll, wie auch bei vielen Tieren, der mesiale Höcker im Verlaufe der Entwicklung vollständig geschwunden sein (Fig. 3 a, b, c, d), so daß unter Reduktion einerseits und Neubildung der distalen Höcker andererseits ein vierhöckeriger Zahn entstand (Fig. 3 d, e). Aus diesem soll dann wieder ein fünfhöckeriger Zahn hervorgegangen sein, indem nach der einen Auffassung zwischen den distalen Höckern ein neuer fünfter auftrat, während nach anderer Ansicht der fünfte Höcker zwischen den bukkalen Höckern sich entwickelte (Fig. 3 f, g).

So sagt WETZEL<sup>1</sup>: »Aus der vierhöckerigen Krone können wir uns die fünfhöckerige entstanden denken, indem in der bukkalen Hälfte der Krone statt einer zwei Querfurchen auftreten, von denen die eine etwas nach vorn, die zweite etwas mehr nach hinten vom Platz der ursprünglichen liegt. Wir haben somit bei der fünfhöckerigen Form zwei lin-

<sup>1</sup> Lehrbuch (FISCHER, Jena 1914).

guale und drei bukkale Höcker.« WETZEL bezieht sich nicht auf die phylogenetische Entwicklung, sondern beschreibt lediglich die bei Molaren vorkommenden Formen, doch ist ein unparteiischer Autor gerade darum wertvoll, weil er den durchaus richtigen Eindruck gewann, daß in der Mehrzahl der Fälle der fünfte Höcker zwischen den bukkalen entsteht, worauf ich gleich noch zu sprechen komme.

Bei DE TERRA<sup>1</sup> lesen wir: »Bei eintretender Reduktion der kompliziert gebauten Molaren läßt sich auch wieder das Verschwinden des zuletzt hinzugekommenen Höckers konstatieren, d. h. auf den Menschen übertragen; da, wo sich nur drei bzw. vier Höcker finden statt der typischen Höckerzahl von vier im Oberkiefer und fünf im Unterkiefer, ist auch der zuletzt angegliederte Lingualhöcker bzw. der distale fünfte zuerst wieder verschwunden.« Ich sehe davon ab, daß die Behauptung, der zuletzt gebildete Höcker schwinde bei angenommener Reduktion zuerst, durchaus nicht für alle Fälle zu Recht besteht; hier sollte nur die geltende Auffassung festgelegt werden, daß für den



Textfig. 3. Schematische Darstellung der phylogenetischen Entwicklung des fünfhöckerigen unteren Molaren aus dem trituberkulären Zahn.

Menschen angenommen wird, es habe sich aus einem Vierhöckerstadium ein Fünfhöckerzahn gebildet, der das Endstadium der Entwicklung des Unterkiefermolaren darstellt. Wenn wir heute im Unterkiefer des Menschen vierhöckerige Zähne finden, so haben diese nach der geltenden Auffassung mit der Vierhöckerform der phylogenetischen Entwicklung gar nichts zu tun, sondern sind sekundär aus dem Fünfhöckerzahn durch Reduktion entstandene Formen. WETZEL beabsichtigt in seiner Formenbeschreibung in keiner Weise diese Annahme anzutasten.

Da der vierte (lingual-distale) Höcker der oberen Molaren und der fünfte Höcker der unteren Molaren erst sekundär gebildet sind, werden sie in verschiedenen Entwicklungsstadien verschieden stark sein. Der Grad der Entwicklung äußert sich auch in der Höhe des Höckers; daher wird ein Zahn mit niedrigerem distal-lingualen Höcker im Oberkiefer für phylogenetisch jünger gehalten als ein Oberkiefermolar mit höherem Höcker. Das gleiche gilt für den Unterkiefermolar, beurteilt man ihn nach dem fünften Höcker.

Der vierhöckerige Molar eines Cynocephalus, bei dem die vier Höcker gleich hoch sind, erscheint, nach der Höckerhöhe beurteilt,

<sup>1</sup> G. FISCHER, Jena 1911.

außerordentlich vorgeschritten gegenüber einem vierhöckerigen unteren Molar des Menschen, dessen distale Höcker niedriger sind als die mesialen.

Zahl, Größe, Höhe und Stellung der Höcker ist nach der Differenzierungshypothese zur Beurteilung eines Tieres auf Grund des Gebisses zu berücksichtigen.

Bei dieser Art, die Primitivität zu bestimmen, ist aber nicht zu vergessen, daß sie auf rein hypothetischen Erwägungen aufgebaut ist, wenngleich sie sich allgemeinsten Anerkennung von seiten der Paläontologen und Zoologen erfreut und mit einem Sicherheitsgefühl benutzt wird, als handle es sich um erwiesene Tatsachen.

Auch nach meiner Darstellung der kausalen Vorgänge in der Periode III der phylogenetischen Entwicklung, in der grundsätzliche Abänderung der Zahnform nur durch Abänderung in der Wachstumstendenz der Zellen des Zahnkeims eintreten kann, wird das Einfache im allgemeinen der Vorgänger des Komplizierten sein.

Die Komplizierung in der Periode III kann also phylogenetischen Entwicklungsreihen entsprechen, braucht es aber nicht, weil nicht nötig ist, daß eine Komplizierung durch Abänderung der Wachstumstendenz eine bestimmte Reihenfolge einhalten müßte. Wenn wir z. B. beobachten, daß die Epithelien eines Organes bei verschiedenen Tieren eine verschiedene Höhe aufweisen, so »können« wir annehmen, daß dies entweder auf eine Steigerung der Größe im Laufe der Stammesgeschichte oder auf eine Minderung der Größe zurückzuführen sei. Wir werden Stufenreihen der Tiere nach der Größe der Epithelzellen aufstellen können, die bei Annahme einer Reduktion die umgekehrte Aufstellung zeigen werden als bei Annahme einer Wachstumssteigerung. Aus diesen Reihen ergeben sich aber weder Verwandtschaftsbeziehungen noch die Tatsache etwa, daß das Maximum der Zellgröße nur hätte erreicht werden können, indem alle Übergangsstufen durchwandert werden mußten!

Ich frage nun, warum die Zahnform, die in der Periode III durch Abänderung der Wachstumstendenz der Zellen des Zahnkeims modifiziert wird, anders beurteilt werden soll?

Vermag die Differenzierungshypothese hierfür keine Gründe anzugeben, so sind wir nicht gezwungen, eine Stufenfolge als genetische anzusehen.

Auch bei Zähnen existieren selbstverständlich verschiedene Möglichkeiten der Erklärung einer Formwandlung. Ich kann eine Zunahme und eine Abnahme der Wachstumstendenz der Zellen des Zahnkeims annehmen. Beide Möglichkeiten, nämlich Höckervermehrung und Höckerreduktion, werden von der Differenzierungshypothese herangezogen.

Handelt es sich um eine Tierreihe, in der man Zunahme der Höckerzahl beobachtet, so wird eine aufsteigende Reihe angenommen, ist man

aber gezwungen, anzunehmen, daß ein Stadium mit größerer Anzahl von Höckern voranging, so deutet man die Reihe als entstanden durch Reduktion, wenngleich die Beweise meist nicht vorliegen.

Auch Fälle kommen vor, in denen im Gebiß einer rezenten Art alle möglichen Übergangsstufen zwischen einfacheren und komplizierten Formen nachweisbar sind, wie z. B. beim Menschen.

Hier erwächst der Deutung eine neue Schwierigkeit. Soll auch hier die Komplizierung nur in der Weise vor sich gehen, daß bei einer Stufenreihe der Komplizierung, die wir als die Reihe a, b, c, d, e bezeichnen wollen, stets die Form b aus a, c aus b, d aus c usw. hervorgehen konnten?

Nach der Auffassung der Differenzierungshypothese wäre man zu dem Schluß gezwungen. Die Notwendigkeit ist aber gar nicht einzusehen, warum bei einsetzender Komplizierung, bei der durch Abänderung der Wachstumstendenz der Zahnkeimzellen, ein neuer Höcker entsteht, der Grad der Ausbildung des Höckers nicht wahllos das eine Mal stärker, das andere Mal schwächer entwickelt auftreten könne.

Wir werden hierauf noch zurückkommen.

Sind einem Zweifel gekommen, ob das Geschehen im Sinne der Differenzierungshypothese zwingende Notwendigkeit sei, erscheint einem auf Grund des vorliegenden Materials richtiger, anzunehmen, daß die in manchen Tiergruppen hervortretende Stufenfolge nur der Ausdruck der allgemeinen Tatsache sei, daß das Einfachere im allgemeinen der Vorgänger des Komplizierten ist, so gelangt man auch zur Frage, ob die Annahme einer Reduktion nicht in vielen Fällen lediglich das Ergebnis theoretischer Schlußfolgerungen darstelle, die aus falschen Annahmen sich ergeben mußte.

Die Klarstellung dieser Verhältnisse sind für die Beurteilung des Menschen nach der Zahnform von größter Tragweite. Daher wollen wir uns zunächst darüber klar werden, wie sich die Autoren zu der Tatsache stellen, daß beim Menschen Übergänge vorkommen, die im Oberkiefer die Lücke zwischen dreihöckrigem und vierhöckrigem Molar, im Unterkiefer die Lücke zwischen fünfhöckrigem und vierhöckrigem Molar ausfüllen.

Handelt es sich um fortschrittliche Bildung oder um Reduktion? In jenem Fall ist der Zahn mit der geringeren Höckerzahl der primitive, im anderen Fall der Zahn mit der größeren Höckerzahl.

Nach WINGE ist das Gebiß des Menschen noch in Entwicklung begriffen, nach SCHLOSSER, BRANCA und nach der Auffassung der meisten Autoren überhaupt ist es auf dem Wege des Verfalls durch Reduktion.

Endlich ist auch an die Möglichkeit zu denken, daß die Übergangsstadien und die Endstadien der Entwicklung als Rückschlagserscheinungen gedeutet werden könnten (COOPER'S lemurine Reversion).

Die Entscheidung ist natürlich nicht einfach, zu welcher Auffassung man sich bekennen soll, und BRANCA hat recht, wenn er sagt: »Das sind ja natürlich Dinge, bei welchen Meinen und Glauben eine größere Rolle spielt als das Wissen.«

Die pessimistische Auffassung BRANCA's besteht aber doch nur dann zurecht, wenn man das »Wissen« begrenzt, indem man die Ergebnisse der ontogenetischen Entwicklungsgeschichte der Zähne nicht berücksichtigt. Die größte Schwierigkeit, die sich dem Problem der Entstehung der Zahnformen entgegengestellt hat, liegt darin, daß oft den Forschern, welche eine breite Kenntnis der Zahnformen besitzen, die Kenntnis der feineren Vorgänge der Entwicklung abgeht und umgekehrt den Kennern der Entwicklung die Kenntnis der Zahnformen. Selbstverständlich ist hierin kein Vorwurf zu erblicken, da die Disziplinen sich sonst kaum enger berühren. Dazu kommt aber, daß den Paläontologen und Zoologen gar nicht möglich ist, auch nur annähernd bei einem Tier das Material zu durchmustern, das beim Menschen ohne große Schwierigkeiten zu beschaffen ist. Bei wichtigen Tieren stehen oft dem Forscher nur wenige Schädel zur Verfügung.

Was im besonderen den Menschen betrifft, so ist die Beurteilung seiner Zahnformen heute noch völlig abhängig und beeinflusst von der hypothetischen Voraussetzung, daß der Mensch in verwandtschaftlicher Beziehung zu den Anthropomorphen stehe.

Da die Molaren des Oberkiefers bei Menschenaffen vierhöckrig sind und die Unterkiefermolaren mit großer Konstanz fünf Höcker aufweisen (zahlenmäßig beträchtliche Ausnahmen kommen vor), so hat man eine ideelle ursprüngliche Normalzahl der Höcker für die Molaren konstruiert. Angenommen wird, daß der gemeinsame hypothetische Vorfahr von Menschenaffen und Menschen das Stadium des Fünfhöckerzahns im Unterkiefer, das Stadium des Vierhöckerzahns im Oberkiefer erreicht hatte.

Wenn nun trotzdem der Mensch neben fünfhöckrigen unteren Molaren vierhöckrige und neben vierhöckrigen oberen Molaren dreihöckrige besitzt, so wird diese Erscheinung weitaus von den meisten Forschern als sekundäre Abänderung durch Reduktion gedeutet.

»Diese Reduktion aber bedeutet für den Menschen nichts anderes als eine Rückkehr der Bezahnungsweise von derjenigen der höherstehenden, der Menschenaffen, zu derjenigen der niedrigstehenden, der Halbaffen eocäner Zeiten.« (BRANCA.) »Wir finden also,« sagt BRANCA, »im allgemeinen bei den höchststehenden Menschen, den Kulturrassen, Übereinstimmung mit den niedrigstehenden, den Halbaffen, und umgekehrt im allgemeinen bei den Völkern mit niedriger Kultur eine Übereinstimmung mit den höchstorganisierten Affen, den menschenähnlichen.«



COPE glaubt, daß alle Menschen »ursprünglich« die höhere Höckerzahl besessen haben, wie sie die Menschenaffen aufweisen, daß »mit der Kultur« die Höckerzahl sich vermindere.

Bei den Eskimos dürfte dieses jedenfalls kaum als zutreffend zu verteidigen sein!

Man findet im Oberkiefer die vierhöckrige Form bei Malayen, Micronesiern, Australiern und Negern überwiegen; der dreihöckrige Typus besteht in großer Zahl bei Eskimos, Europäern und deren amerikanischen Abkömmlingen, und zwar hauptsächlich an  $M_2$  und  $M_3$ .

$M_1$  sup. besitzt eine Vorliebe für den vierhöckrigen Typus,  $M_2$  sup. weist bei Europäern in 54,4% der Fälle drei Höcker auf,  $M_3$  sup. hat in 71,4% drei Höcker. Es kommen aber auch vielhöckrige dritte obere Molaren mit 5, 6 und 7 Höckern vor.

Am Unterkiefer zeigt  $M_1$  nach WETZEL in 25% fünf Höcker, der Rest ist vierhöckrig,  $M_2$  inf. hat in 16,6% fünf Hügel, in 83,4% vier Höcker,  $M_3$  inf. ist in 43% fünfhügelig; der Rest zeigt mehr oder weniger Hügel, 6, 7 und mehr Höcker kommen zur Beobachtung.

Die statistischen Aufzeichnungen weisen natürlich sehr verschiedene Zahlenergebnisse auf, so findet DE TERRA bei  $M_2$  inf. nur in 6,25% fünf Höcker, dagegen bei Australiern den fünfhöckrigen Typus in 73,3%! So viel ist aber sicher, daß bei den rezenten Menschen die Höckerzahl im Ober- und Unterkiefer stark variiert, daß der dreihöckrige Molar im Oberkiefer sicher nicht seltener ist als der vierhöckrige, und der vierhöckrige Molar im Unterkiefer nicht seltener ist als der fünfhöckrige Zahn.

Rassenunterschiede kommen vor, wenn aber COPE meint, daß unter dem Einfluß der Kultur die Höckerzahl sich vermindere, so sprechen, wie gesagt, die Eskimos dagegen. Unter dem Einfluß, den die geistreiche Differenzierungshypothese ausübt, ist erklärlich, daß eine Reihe von Forschern die angenommene Reduktion der Höckerzahl als Anpassung an die verschiedene Ernährungsweise betrachten; COPE bringt die Reduktion mit der Fleischnahrung in Zusammenhang.

Anderen Forschern sind Zweifel an der Richtigkeit dieser Auffassung gekommen, weil gleiche Reduktionserscheinungen bei Völkern mit sehr verschiedener Ernährungsweise (Eskimos, Europäer) und ungleiche Reduktionserscheinungen bei Völkern, die unter sehr ähnlichen Bedingungen leben, aufgefunden werden.

Da der Zahn in der Gebrauchsperiode keine reaktionsfähigen Zellen mehr im Schmelz besitzt, so kann von einer Anpassung an die Lebensweise nicht die Rede sein, worauf schon genügend hingewiesen wurde.

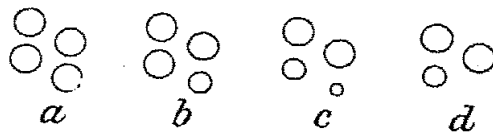
Ferner ist die Ansicht geäußert worden, daß die Reduktion der Höcker auf mechanischem Wege veranlaßt worden sei, und zwar durch die Verkürzung des Kiefers. Will man nun die Kiefer-

verkürzung nicht nur als Redensart gebrauchen, so muß man eine Vorstellung derartiger mechanischer Einflüsse bei eintretender Kieferverkürzung zu gewinnen suchen.

Die mechanischen Einwirkungen könnte man sich derart vorstellen, daß bei eintretender Kieferverkürzung die Zahnkeime gegeneinander beziehungsweise gegen die Interalveolaresepten gedrückt werden, und daß als Folgeerscheinung ein Höckerverlust eintritt.

Gehen wir von einem vierhöckrigen oberen Molaren des Menschen aus, und zwar von dem »Haupttypus«, bei welchem alle vier Höcker im bekannten Größenverhältnis gut ausgebildet und alternierend gegeneinander gestellt sind (Fig. 4 a).

Ein Druck von distal gegen den sich entwickelnden Zahnkeim müßte in dem angenommenen Fall zuerst den distal-lingual gelegenen Höcker treffen. Dieser, an sich schon klein, würde zunächst noch weiter reduziert werden (Textfig. 4 b), um schließlich ganz zu verschwinden. Ehe dieses eintritt, müßte aber der distal-bukkal gelegene Höcker schon beginnen sich zu verkleinern (Textfig. 4 c). Das Ergebnis



Textfig. 4. Schematische Darstellung der Reduktion eines vierhöckrigen oberen Molaren unter mechanischer Beeinflussung.

müßte typischerweise ein dreihöckriger Zahn sein, dessen distal-bukkaler Höcker kleiner wäre als die beiden anderen. Der distal-bukkale Höcker ist in geringem Maße schon beim vierhöckrigen Molar kleiner. In der postulierten Weise spielt sich die »Reduktion« aber tatsächlich nicht ab, der distale Bukkalhöcker wird gar nicht beeinflusst.

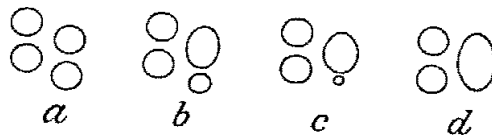
Untersuchen wir die Formdifferenzen zwischen dreihöckrigen und vierhöckrigen Zähnen des Oberkiefers, so stellt sich der Übergang von einer Form zur anderen meist folgendermaßen dar. (Auf die Ausbildung eines Schmelzgrades zwischen dem bukkal-distalen und dem lingual-mesialen Höcker [Fig. 23, 24 Taf. V], auf die Ausbildung des Carabellischen Höckers [Fig. 25 Taf. VI], sowie auf die Entstehung vielhöckriger oberer Molaren [Fig. 26 und 27 Taf. VI] brauchen wir hier nicht Rücksicht zu nehmen, wieweil diese Bildungen zur Beurteilung der grundsätzlichen Fragen von Bedeutung sind; es handelt sich hierbei um Neuerwerb.) Der vierhöckrige obere Molar des Menschen zeigt an seiner lingualen Seite zwei Höcker, von denen der distale stets kleiner ist als der mesiale (Fig. 24, 25).

Bei kleinem distalen Zungenhöcker beobachtet man oft, daß der mesiale linguale Höcker vergrößert ist. Ich habe in Textfig. 5 a, b, c, d

dieses Verhalten der Höcker schematisch dargestellt und gebe zur Erläuterung dieser und anderer komplizierter Verhältnisse, die bei der Betrachtung sogenannter Übergangsformen sich finden, in den Figg. 16 bis 23 Taf. V ein geringes aber doch zur Orientierung genügendes Material. Die Vergrößerung des mesialen Lingualhöckers bei Verkleinerung des distalen Lingualhöckers ist nämlich durchaus nicht immer wahrnehmbar, andererseits aber besteht eine Abhängigkeit zwischen Höckergröße des distalen Zungenhöckers und der Entwicklung der distalen Randleiste.

In Fig. 16 Taf. V haben wir einen dreihöckrigen oberen linken Molaren mit einem sehr großen lingualen Höcker. Dieser kommt in seinen Dimensionen den beiden bukkalen Höckern zusammen nahezu gleich. Das distale Ende der Längsfurche geht in eine Grube über, die zwei winklig gestellte Furchen aufweist.

Fig. 17 zeigt uns einen Molaren mit gleich stark entwickeltem lingualen Höcker, auch hier geht die Längsfurche an der distalen Seite in eine Vertiefung über, welche durch eine Erhebung des distalen



Textfig. 5. Schematische Darstellung der Größenbeziehungen der Höcker bei Übergangsstufen zwischen drei- und vierhöckrigen oberen Molaren.

Randes von einem hervortretenden Wulst umsäumt erscheint. Am lingualen Höcker ist die Andeutung eines vierten Höckers vorhanden.

Fig. 18 stellt einen dreihöckrigen oberen rechten Molaren dar, dessen lingualer Höcker sehr viel kleiner ist als bei den Molaren der Figg. 16 und 17. Die Gabelung am distalen Ende der Längsfurche fehlt, eine entsprechende Grube wird auch vermißt. Es handelt sich um einen ganz reinen Dreihöckerzahn.

Fig. 19 unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, daß an Stelle der Gabelung der Längsfurche eine Grube sich befindet, die aber mit der Längsfurche im Gegensatz zu Fig. 16 und 17 nicht in Verbindung steht; eine leistenförmige Erhebung hat sich zwischen bukkal-distalem und lingualem Höcker ausgebildet, welche die Längsfurche unterbricht. Beim dreihöckrigen Zahn sehen wir also eine Schrägleiste in derselben Weise und an der entsprechenden Stelle auftreten wie beim vierhöckrigen Zahn. Beim vierhöckrigen Zahn ist bekanntlich die Form die seltenere, bei der die Leiste fehlt und die H-Figur der Kaufläche vollständig ist; in der Mehrzahl der Fälle ist die H-Figur durch die Leiste gestört.

Der linguale Höcker der Fig. 19 ist sehr mächtig.

Fig. 20 Taf. V zeigt ein ähnliches Bild, doch ist die Leistenverbindung zwischen distal-bukkalem und lingualem Höcker sehr schwach ausgebildet, so daß die Längsfurche nur flach erscheint.

In Fig. 21 Taf. V ist die von distal-bukkal nach mesial-lingual verlaufende Leiste ebenfalls vorhanden, die mesial vom distalen Randwulst gelegene Grube ist sehr tief und in bukkal-lingualer Richtung verbreitert; der Randwulst ist sehr kräftig, der Umfang der Krone nähert sich der quadratischen Form. Der linguale Höcker ist sehr kräftig und durch den Randwulst verstärkt.

Der Molar der Fig. 22 Taf. V zeigt einen deutlichen aber doch noch als schwach zu bezeichnenden vierten Höcker. Dieser ist von dem mesialen Lingualhöcker durch eine furchenartige Verlängerung der Grube abgetrennt, welche am Ende der Längsfurche durch deren Gabelung charakterisiert ist. Die H-Figur der Furchen ist deutlich ausgesprochen.

In den Molaren der Figg. 23 und 24 Taf. V ist der distal-linguale, also der vierte Höcker von der Längsfurche durch Entwicklung der von bukkal-distal nach lingual-mesial verlaufenden Leiste völlig getrennt.

Aus den verschiedenen Übergangstypen zwischen vier- und dreihöckerigen Molaren lassen sich die verschiedensten Wege hypothetischer progressiver Entwicklung oder hypothetischer Reduktion konstruieren.

Man kann im Sinne der Textfig. 5 eine Reduktionsserie zusammenstellen, in welcher der vierhöckerige Molar sich in der Weise in den dreihöckerigen »umwandelt«, daß der vierte Höcker kleiner wird und schließlich verschwindet, während der lingual-mesiale Höcker gleichzeitig an Größe zunimmt. Man vergleiche die Figg. 23, 22, 21, 17.

Aber auch eine Reduktionsserie ließe sich zusammenstellen, nach welcher zuerst der vierte Höcker sich rückbildet, dann der Randwulst sich verschmälert, um schließlich zu verschwinden. In diesem Fall müßte der linguale Höcker wesentlich kleiner sein als im vorhergehenden Fall. Vergleiche die Serie 22, 21, 20, 19, 18.

Ebenso gut aber und mit nicht geringerer Berechtigung läßt sich umgekehrt aus den verschiedenen sich präsentierenden Zwischenstufen folgern, daß der vierte Höcker eine Neubildung sei, die am dreihöckerigen Molar sich auf verschiedenem Wege habe an bilden können.

Man kann annehmen, daß im Verfolg der Serie 18, 20, 21, 22 der Vierhöckerzahn aus dem Dreihöckerzahn in der Weise entstanden sei, daß sich zunächst der Randwulst bildete, welcher eine Grube am Ende der Längsfurche erzeugt; der Randwulst habe sich dann in der Richtung auf den linguale Höcker zu verlängert und den vierten Höcker gebildet.

Durch eine andere Serie läßt sich aber auch folgender Hergang illustrieren. Der vierte Höcker soll sich primär und unabhängig von

dem Randwulst am distalen Abhang des lingualen Höckers ausbilden, und es soll erst sekundär zu einer Vereinigung des Höckers mit dem Randwulst, beziehungsweise der Grenzfurche zwischen den beiden lingualen Höckern und der Grube oder Furche kommen, welche den Randwulst mesial begrenzt. Vergleiche Figg. 16, 17, 22, 23.

Dabei ist hervorzuheben, daß zugleich mit der Bildung des vierten Höckers der ursprünglich linguale Höcker sich vergrößern kann. Hieraus könnte man folgern, daß die gleichzeitige Vergrößerung des ursprünglichen Höckers die Entwicklung des distalen behindert habe. Ist einem die Reduktion wahrscheinlicher, so läßt sich der Hergang in der Weise kausal verknüpfen, daß man behauptet, der distale Höcker verschwinde in diesem Falle, weil der mesiale sich vergrößere!

Durch die Erörterung der verschiedenen Möglichkeiten sollte vor Augen geführt werden, daß die Sachlage nicht so einfach ist, wie man sie sich im allgemeinen vorzustellen scheint.

Wir wollen abwägen, ob uns Momente erschlossen werden, die gegen eine Reduktion sprechen, und solche, die für einen Neuerwerb des vierten Höckers eintreten.

Die Tatsache, daß mit Kleinerwerden des vierten Höckers der lingual-mesiale Höcker sich vergrößern kann, spricht gegen eine mechanische Reduktion jenes. Wenn durch mechanische Einflüsse bei Kieferverkürzung auf den vierten Höcker in der Weise eingewirkt wird, daß er sich verkleinert, so kann für den mesialen Nachbar nicht gleichzeitig Raum zur Vergrößerung vorhanden sein.

Wenn wir (Fig. 25 Taf. VI) den Carabellischen Höcker als zweifellose Neubildung betrachten müssen, wenn Fälle vorkommen, in denen nicht nur vier, sondern fünf, sechs und sieben Höcker (Fig. 27) zur Ausbildung gelangen, die doch nur als Neuerwerb zu deuten sind, warum soll ausgerechnet der vierte Höcker kein Neuerwerb, sondern ein uralter Besitz sein, der verloren gehen soll, und dies doch nur zu Liebe der Hypothese, daß wir verwandtschaftlich in abhängiger Beziehung zu den Menschenaffen stehen sollen!

Noch andere Tatsachen sprechen nun gegen die Annahme einer Reduktion unter mechanischen Einflüssen.

Zunächst ist zu berücksichtigen, daß die Molaren sich nicht gleichzeitig entwickeln. Der distale Molar tritt erst in Entwicklung, nachdem der mesiale Nachbar schon weit in der Entwicklung vorgeschritten ist. Würde unter mechanischen Bedingungen eine Hemmung für  $M_2$  geschaffen, so würde der distale schon konsolidierte Abschnitt der Krone von  $M_1$  mit der mesialen Fläche des noch nicht konsolidierten  $M_2$  gegeneinander beziehungsweise gegen das Inter-alveolar-septum gedrängt werden. Selbstverständlich müßte nun der in der Entwicklung jüngere, und zwar an seiner mesialen Seite, von der Re-

duktion betroffen werden. Die »Reduktion« setzt aber tatsächlich an der distalen, der hinteren Fläche des Molaren ein!

An der hinteren Fläche des Molaren darf aber eine Hemmung nicht gut bei  $M_1$  und  $M_2$  angenommen werden, da in dem Falle auch die Vorderseite des distalen Nachbarn, ja vielleicht der ganze distal gelegene Zahn von der Reduktion betroffen werden müßte.

Die Annahme einer Reduktion auf mechanischer Grundlage begegnet aber noch einer weiteren Tatsache, die sich mit ihr nicht vereinigen läßt.

Man stellt sich bei dem Vorgang die Verhältnisse im Kiefer derart vor, daß die Zahnkeime in einer Ebene hintereinander lägen. Dieses ist aber nicht der Fall. Der Zahnkeim eines jeden sich entwickelnden Molaren liegt im Oberkiefer in der Aveole so gelagert, daß die Kaufläche dorsalwärts sieht, bei mechanischer Beengung der Raumverhältnisse würde also nicht die Kaufläche, sondern die Kronenbasis betroffen werden. (Siehe in Fig. 42 Taf. VI die Stellung von  $M_2$  im Kiefer!) Die Krone des sich entwickelnden Molaren rückt erst später nach Konsolidierung der Krone in die Zahnreihe ein. Dieser Vorgang ist vergleichbar dem angenommenen Geschehen bei dem sogenannten horizontalen Zahnwechsel der Elephanten. Beim Elephanten sollen die nachfolgenden Backzähne dauernd von distal nach mesial drängen und trotzdem ist eine Reduktion niemals beobachtet, wohl aber gegenseitige Abschleifung der Berührungsflächen.

Alles spricht also gegen die Annahme einer Reduktion auf Grund mechanischer Beeinflussung der Zahnkeime.

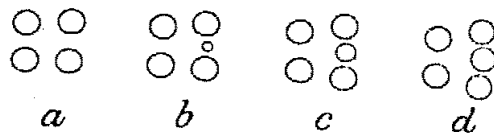
Nun darf nicht übersehen werden, daß die Tatsache des Vorhandenseins derartiger Übergangsformen durchaus nicht aussagt, daß der vierhöckrige Zahn nur unter Durchschreitung dieser Formen sich aus dem dreihöckrigen Molar hätte entwickeln können, oder daß bei eintretender Reduktion des vierhöckrigen Molaren zu dem dreihöckrigen alle Zwischenstufen notwendigerweise hätten durchheilt werden müssen. Diesem Trugschluß begegnet man sehr häufig. Wenn ich z. B. die Tatsache feststelle, daß aus einem Würfel durch Vermehrung der Wände eine Stufenfolge von Gebilden entsteht, die zur Kugelform hinleiten, ferner daß in der Natur, sei es bei Organismen oder Kristallen, Formen vorkommen, welche alle Übergänge vom Würfel zum Vielflächer mit unendlich vielen Flächen, d. i. eine Kugel, ausfüllen, so ist hiermit in keiner Weise der Beweis geliefert, daß eine Kugelform nur entstanden gedacht werden könnte unter der Annahme, daß alle theoretisch konstruierten und tatsächlich vorkommenden Übergangsformen durchlaufen worden wären!

Bei den Zahnformen liegen die Dinge nicht anders! Der vierhöckrige Zahn ist aus dem dreihöckrigen durch Neuanbildung eines

weiteren lingual-distalen Höckers entstanden. Der dreihöckrige Zahn stellt den primitiven Zahn des Menschen dar. Außer dreihöckerigen Molaren entstehen andere Formen unter der Tendenz zur Vergrößerung des ursprünglichen lingualen Höckers und unter gleichzeitiger Neubildung eines vierten Höckers. Dazu kommen Formen mit schwachem vierten Höcker ohne Vergrößerung des Nachbars

Alle diese Formen imponieren als Übergangsstufen der Entwicklung, als phylogenetische Reihe.

Grundsätzliche Abänderungen der Zahnform, und darum handelt es sich hier, entstehen in der Periode III der phylogenetischen Entwicklung auf Grund einer Abänderung der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe. Diese Tendenz kann in verschiedener Form und in verschiedenem Grade einsetzen. Hierdurch entstehen die vermeintlichen Übergangsstufen, ohne daß sie Übergangsstufen in dem Sinne wirklich sind, daß der vierhöckrige Zahn aus dem dreihöckerigen nur in der Weise hätte entstehen können, daß die Zwischenstufen hätten durchschritten werden müssen.



Textfig. 6. Entstehung des fünfhöckerigen unteren Molars aus dem vierhöckerigen durch Neubildung eines Höckers zwischen den bukkalen Höckern.

Da nun aber die Steigerung in der Abänderung der Wachstumstendenz in einer Tiergruppe allmählich auftreten kann, so ist erklärlich und für die Paläozoologie von so großer Bedeutung, daß Übergangsstufen zugleich genetische Reihen darstellen können, sie müssen es aber nicht in jedem Fall.

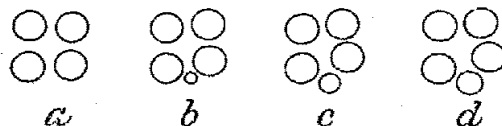
Da die Abänderung der Wachstumstendenz im Sinne eines Plus und eines Minus erfolgen kann, so können aufsteigende und absteigende Reihen entstehen.

Beim menschlichen oberen Molar habe ich Gründe vorgebracht, welche uns zwingen, in der Umwandlung des dreihöckerigen Molaren zum vierhöckerigen Typus eine aufsteigende Reihe zu erblicken.

Der dreihöckrige Molar des Menschen im Oberkiefer ist also primitiv.

Die gleichen Überlegungen lassen sich auf den Unterkiefer übertragen, hier liegen die Dinge noch eindeutiger.

Nehmen wir die Reduktion auf mechanischer Basis für den fünfhöckerigen Zahn des Unterkiefers als Tatsache an, so müßte nach der üblichen Auffassung die Reduktion am distalen Ende beginnen.



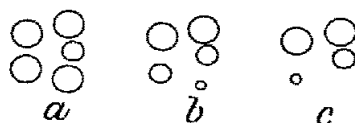
Textfig. 7. Entstehung des fünfhöckrigen unteren Molaren aus dem vierhöckrigen durch Neubildung eines Höckers zwischen den distalen Höckern.

Der fünfte Höcker des unteren Molaren entsteht aber am häufigsten entweder zwischen den beiden bukkalen Höckern (Textfig. 6 a, b, c, d) oder zwischen den beiden distalen Höckern (Textfig. 7 a, b, c, d).

In beiden Fällen ragt ein Höcker distal stärker vor. Vergleiche hierzu die Figg. 29 und 33 Taf. VI.

Tritt nun Reduktion unter mechanischer Einwirkung auf den Zahn oder besser gesagt auf den Zahnkeim ein, so müßte sich zunächst in beiden Fällen der distale Höcker verkleinern.

Beim Verschwinden des distalen Höckers würde der distal-linguale in dem Fall in Mitleidenschaft gezogen werden, in dem der fünfte Höcker zwischen den beiden bukkalen entstand. Das Ergebnis müßte

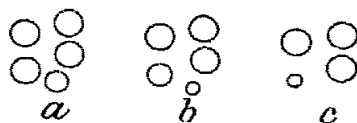


Textfig. 8. Schematische Darstellung der Reduktion eines fünfhöckrigen Molaren mit bukkalem fünften Höcker.

ein vierhöckriger Zahn sein, dessen distal-lingualer Höcker stark verkleinert wäre (Textfig. 8 c).

Beim vierhöckrigen unteren Molar ist aber der distal-linguale Höcker nicht in der Weise verkleinert; wie bei Einwirkung einer Reduktion auf mechanischer Basis zu erwarten wäre. Man vergleiche die Figg. 30, 32 und 33 mit Fig. 28 Taf. VI.

Stellen wir uns vor, daß bei einem fünfhöckrigen Molar, dessen fünfter Höcker distal entstand, Reduktion auf mechanischer Basis einsetzt, so würde der Vorgang sich ähnlich abspielen müssen; auch in diesem Fall entstünde ein vierhöckriger Zahn mit stark reduziertem lingual-distalem Höcker (Fig. 9 c). Der Grad der Reduktion des lingual-distalen Höckers hängt natürlich von seinen Lagebeziehungen ab, ein Blick auf die Figg. 32, 33 und 35 genügt, um sich zu überzeugen,



Textfig. 9. Schematische Darstellung der Reduktion eines fünfhöckrigen Molaren mit distalem fünften Höcker.

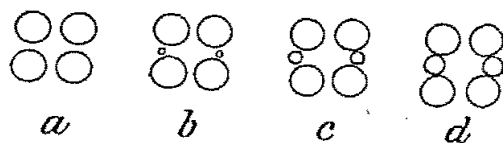


daß in den meisten Fällen auch der distal-linguale Höcker von der Reduktion ergriffen werden müßte.

Auch die Größenverhältnisse der Höcker des vierhöckrigen unteren Molaren sind also derart, daß die Einwirkung einer Reduktion auf mechanischer Grundlage nicht angenommen werden kann.

Von großer Tragweite ist nun in dieser Frage, daß nicht etwa der fünfhöckrige Zahn, wie augenblicklich angenommen wird, in längst vergangenen Zeiten aus dem vierhöckrigen Zahn entstand und erblich fixiert wurde, um dann durch Reduktion den vierhöckrigen Zahn entstehen zu lassen, sondern daß der fünfhöckrige Zahn heute noch aus dem vierhöckrigen auf verschiedenem Wege entsteht.

Man beobachtet, daß der fünfte Höcker in sehr verschiedenem Grade der Ausbildung auftritt und zwar zwischen den beiden bukkalen Höckern entsprechend der schematischen Fig. 6 oder zwischen den beiden distalen Höckern entsprechend Textfig. 7.



Textfig. 10. Darstellung der häufigsten Entstehungsart eines sechshöckrigen unteren Molaren.

Drittens aber kann ein fünfter Höcker auch zwischen den beiden lingualen Höckern auftreten, ein Verhalten, das allerdings nur bei  $M_3$  inf. zur Beobachtung gelangte.

Der sechshöckrige untere Molar entsteht nun durch Anbildung neuer Höcker zwischen den lingualen und den bukkalen Höckern (Textfig. 10 a, b, c, d) oder durch einen Höcker zwischen den distalen Höckern und einen anderen, der zwischen den bukkalen oder, in selteneren Fällen, zwischen den lingualen Höckern auftreten kann. Man vergleiche hierzu die Figg. 36 und 37. In Fig. 36 Taf. VI sehen wir die Querfurche des Zahnes in geradem Verlauf, der distalste Höcker ist daher als fünfter anzusehen, zwischen den beiden lingualen Höckern befindet sich ein gut ausgebildeter sechster. In Fig. 37 ist der sechste Höcker ebenfalls lingual entstanden, er ist aber sehr viel kleiner. In beiden Fällen ist der sechste Höcker mesial von der Querfurche aufgetreten.

Niemand wird bezweifeln, daß der sechshöckrige Zahn als Neuerwerb zu betrachten ist!

Warum soll nun der fünfhöckrige Zahn nicht ebenfalls aus dem vierhöckrigen durch Anbildung eines fünften Höckers entstanden sein? Warum soll es sich hier um eine Reduktion handeln?

Die Antwort lautet auch hier wie bei der Annahme, der vierhöckrige Molar des Oberkiefers sei der primitive, daß die Wissenschaft zu der Auffassung, der fünfhöckrige untere Molar sei der primitive, gedrängt wurde infolge der Hypothese, der Mensch stehe zum Menschenaffen in abhängiger verwandtschaftlicher Beziehung!

Diese Hypothese ist aber auch die einzige Stütze, welche die Lehre findet, der fünfhöckrige untere Molar des Menschen sei primitiver als der vierhöckrige!

Da nun heute noch der fünfhöckrige Molar den fünften Höcker in verschiedenem Grade der Ausbildung und an verschiedenen Stellen aufweisen kann, darf von einer Reduktion nicht wohl gesprochen werden, denn mit dem Hergang der Reduktion auf mechanischer Basis ist nicht vereinbar, daß das eine Mal dieser, das andere Mal jener Höcker sich verkleinernd verschwände.

Sind wir in der Lage nachzuweisen, daß der fünfte Höcker an verschiedenen Stellen des vierhöckrigen Zahnes in verschiedenem Grade der Ausbildung sich zeigt, so kann der fünfte Höcker nur als Neubildung betrachtet werden. Dann hat sich der Mensch den vierhöckrigen Zahn erhalten und dieser — könnte man sagen — ist im Begriff, einen fünften Höcker zu erwerben.

Beispiele für die Entstehung des fünften Höckers zwischen den beiden bukkalen Höckern sind nicht so selten aufzufinden.

Ich gebe in den Figg. 29, 30 und 34 Abbildungen von Molaren, bei denen die Lage des mittleren bukkalen Höckers und der Verlauf der Querfurche annehmen lassen, daß der fünfte Höcker zwischen den beiden bukkalen entstanden ist. Die Fig. 30 u. 34 zeigt dabei deutlich, daß der neugebildete Höcker durchaus nicht immer, wie angenommen wird (s. WETZEL 1914 S. 435), die Längsfurche lingualwärts eindrückt; hier ist im Gegenteil die Längsfurche im Bereich des distal-lingualen Höckers bukkalwärts ausgebuchtet, es hat sich also der distal-bukkale Höcker vergrößert. Bei Durchsicht eines größeren Materials ergibt sich, daß die Größenverhältnisse der Höcker sehr mannigfaltig variieren; die Dinge am Zahn liegen nicht so einfach und schematisch, wie sie gewöhnlich betrachtet werden, wenn man genetische Studien macht.

Die Figg. 31, 32, 33 Taf. VI zeigen eine Serie der verschiedenen Ausbildung eines fünften Höckers, der zwischen den beiden distalen Höckern, und zwar mehr bukkal als lingual, sich anbildet. In Fig. 31 sind die Querfurchen schwach entwickelt, weil die Höcker sanftere Erhebungen darstellen, an der bukkalen Seite ist aber doch deutlich distal ein fünfter Höcker ausgebildet. Sehr viel stärker markiert sich die Umgrenzung des fünften Höckers in dem Molar der Abbildung 32. Die Reflexe in der Tiefe der Furchen sind durch Zahnstein hervorgerufen. In Fig. 33 ist der fünfte Höcker sehr stark entwickelt.

In den drei Fällen ist sicher, daß der fünfte Höcker distal entstand, weil die Quersfurche völlig gerade verläuft; die Größenzunahme gibt im übrigen förmlich eine »Entwicklungsreihe«.

Überlegt man sich, daß der Fünfhöckerzahn auf so verschiedenem Wege entsteht, und nur als Neubildung lassen sich die verschiedenen Typen deuten, so wird man den Gedanken an eine Entstehung des vierhöckrigen Molaren des Unterkiefers des Menschen aus einem fünfhöckrigen durch Reduktion fallen lassen!

Als feststehend dürfte also zu betrachten sein, daß der dreihöckrige Molar des menschlichen Oberkiefers und der vierhöckrige Molar des menschlichen Unterkiefers als primitiv angesehen werden müssen. Der vierhöckrige Molar des Oberkiefers und der fünfhöckrige Molar des Unterkiefers sind sekundär entstanden durch Variation der Wachstumstendenz der Zahnkeimgrundlage (Periode III der phylogenetischen Zahnentwicklung).

Wenn wir den Versuch machen, den Menschen nach Höckerbildung an den Molaren zu beurteilen, so muß sich nach unseren Darlegungen ergeben, daß die Rassen, welche den vierhöckrigen Molaren im Oberkiefer und den fünfhöckrigen im Unterkiefer in überwiegender Zahl aufweisen, als spezialisierter angesehen werden müssen. In diesem Merkmal ist also der Europäer und der Eskimo primitiver als z. B. die Australier und die Neger.

Durch Untersuchung anderer Merkmale bin ich schon lange zu der Ansicht gekommen, daß der Europäer in sehr vieler Hinsicht primitiver ist als andere rezente Rassen. Das Ergebnis der Beurteilung nach der Zahnform war daher für mich keine Überraschung.

Die Höckerzahl ist auch zur Beurteilung des rezenten Menschen in seiner Stellung zu diluvialen Rassen verwertet worden, natürlich stets in der Weise, daß die Zahnformen mit der Minderzahl von Höckern als reduziert betrachtet werden.

ADLOFF sagt z. B. vom Krapinamenschen, daß er »eine besondere, von den heutigen Menschen verschiedene Art ist und in keinem direkten genetischen Zusammenhang mit demselben steht, vielmehr einen Seitenzweig darstellt, der, ohne Nachkommen zu hinterlassen, ausgestorben sein dürfte«. »Wenn von zwölf oberen zweiten Molaren nur zwei vier Höcker besitzen, die übrigen drei, — wenn die drei oberen  $M_3$  zwei vordere Höcker aufweisen, während die distalen Höcker in mehrere kleine aufgelöst sind, wenn schließlich von neun unteren  $M_3$  nur angegeben wird, daß sie variabel sind, und daß die Krone stark gefurcht ist, daß mit anderen Worten sämtliche unteren  $M_3$  keine typische Molarform besitzen, so sind das Bildungen, die sicher nicht in die

Variationsbreite des rezenten Menschen fallen, ja nicht einmal in die des Kultureuropäers.\*

Zunächst ist mir, nebenbei bemerkt, sehr erfreulich, daß ADLOFF an dieser Stelle der Kronenrunzlung eine größere Bedeutung zuerkennt, als es der Fall ist, wenn er die Bedeutung des Merkmals der Kronenrunzlung für sich diskutiert. (Vergleiche den Abschnitt über Kronenrunzlung S. 485.)

Nach den vorstehenden Erörterungen ist unnötig, zu betonen, daß ich Beurteilungen menschlicher Rassen, welche aufgebaut sind auf der Annahme, daß der dreihöckrige Molar ein Reduktionsergebnis darstelle, keinen Wert beimessen kann, da es sich, wie dargelegt, beim dreihöckrigen Molaren nicht um eine reduzierte, sondern um eine primitive Form handelt.

Trotzdem bin ich mit ADLOFF einer Meinung darin, daß der Krapinamensch einen Seitenzweig repräsentiert; zu diesem Ergebnis gelangten wir schon bei Besprechung des Merkmals der Kronenrunzlung, das ADLOFF nicht in seiner großen Bedeutung anerkennt.

Wenn der Krapinamensch den dreihöckrigen Molaren in großer Zahl sich bewahrt hat, im Gegensatz zum rezenten Menschen und zu anderen diluvialen Rassen, so beweist diese Tatsache, daß er sich schon frühzeitig vom Stammbaum abgezweigt hat.

### C. Die Molarengroße.

Die Größe der Molaren variiert beim Menschen und bei Affen derart, daß auf dieser Grundlage keinerlei phyletische Hypothesen aufgebaut werden können.

Selbst die Zähne des Heidelberger Unterkiefers fallen in die Variationsbreite des rezenten Menschen.

Die Angabe, daß die Größe der Molaren der Neandertaler vom ersten zum dritten Molaren zunehme, hat sich als nicht richtig erwiesen.

Da ferner auch beim Menschenaffen festgestellt ist, daß eine Zunahme der Größe von  $M_1$  zu  $M_3$  durchaus nicht charakteristisch für ihn ist, so hat dieses Merkmal an Interesse völlig verloren.

### D. Die Molarenwurzeln und die Pulpahöhlengroße.

Die Bedeutung der Gestalt der Wurzeln zur Beurteilung stammesgeschichtlicher Fragen ist angezweifelt worden. Man hat im Auge, daß die Wurzeln sekundäre Bildungen sind und mit großer Häufigkeit ein irreguläres Verhalten aufweisen; sie erscheinen zu sehr abhängig von den Bedingungen der Umgebung.

Ich werde versuchen, klarzulegen, daß man entschieden zu weit geht, wollte man alle Formunterschiede an den Wurzeln als wertlos

für unsere Forschungen betrachten. Berücksichtigt wird nicht genügend, welche kausalen Momente Formenunterschiede der Wurzeln bedingen.

Angenommen muß werden, daß ursprünglich der wurzellose Zahn der Vorgänger des Wurzelzahns gewesen ist, wenn auch die wurzellosen Zähne mit permanentem Wachstum der rezenten Tiere als sekundäre Bildungen anzusehen sind.

Der primitive Zahn wird die Form der Hautpapille fortgeführt haben, aus der er entstanden ist. Er wird also eine basal offene Pulpahöhle besessen haben, eine Differenzierung in Krone und Wurzel war von Anfang an nicht vorhanden. Ontogenetisch sehen wir einen Zahnkeim entstehen, der eine weite basale Öffnung der Pulpahöhle besitzt. Dieser Zustand könnte als ontogenetische Wiederholung des phylogenetischen Geschehens gedeutet werden.

Am Zahnkeim eines Wurzelzahns wird die Wurzel schon frühzeitig angelegt, indem das Schmelzorgan eine Sonderung in zwei Abschnitte eingeht. Der Kronenabschnitt liefert Schmelz, der basale Abschnitt nicht, er bildet die sogenannte Schmelzscheide des Schmelzorgans.

Dies ist zweifellos eine Spezialisierung, die bei verschiedenen Tierklassen gesondert zur Ausbildung gelangte. Finden wir doch schon bei Fischen Zähne mit Wurzelbildung.

Zähne mit offener Pulpahöhle, welche möglicherweise den primitiven Zustand bewahrt haben, könnten in Schneidezähnen und Eckzähnen vieler Tiere erhalten sein. Oft läßt sich aufsteigend bei den geologisch jüngeren Vertretern einer Art nach der Auffassung BAUME'S die Tendenz zur Umwandlung des Zahnes mit offener Pulpahöhle in einen Wurzelzahn verfolgen.

Als Persistenz wurzelloser Backzähne lassen sich nach BAUME die Molaren der Edentaten auffassen. BAUME berücksichtigt allerdings nicht genügend, daß die Zähne der Edentaten in anderen Merkmalen einseitige Differenzierungen aufweisen (Schmelzlosigkeit), nach denen es nicht wahrscheinlich ist, daß es sich um primitive Formen handeln kann; die eigenartige Struktur des Dentins erhärtet diese Annahme.

Bei anderen Zähnen mit offener Pulpahöhle könnte die Gestalt der letzteren eher die Annahme gelten lassen, daß es sich um primitive Formen handle, wenn nicht das Milchgebiß einen Wurzelzahn als Vorgänger zeigte und die Paläontologie Wurzelzähne als Vorläufer aufdeckte. Dies ist z. B. beim Stoßzahn des Elefanten der Fall.

Die Ansicht BAUME'S, alle wurzellosen Zähne seien primitiv, besteht gewiß nicht zurecht, wenngleich theoretisch die wurzellose Form einmal als Vorgänger des Wurzelzahns existiert haben wird.

Die Mehrzahl der heute vorhandenen wurzellosen Zähne sind sicher sekundär aus Wurzelzähnen entstanden. Dies läßt sich in einer großen

Serie übereinstimmender Fälle bei verschiedenen Tiergruppen unmittelbar nachweisen. Die kausalen Faktoren, Abänderung der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe, ist ersichtlich.

Die Umwandlung dieser Zahnarten ist auch für die Beurteilung der Formverhältnisse an den Wurzeln der Molaren des Menschen von einschneidender Bedeutung.

Abgesehen von Unterschieden in der Wurzelzahl lassen sich wichtige Differenzen in der Form an den Wurzeln der menschlichen Zähne nachweisen.

Für uns kommen besonders drei Hauptformen in Betracht: erstens beobachtet man, daß die Wurzeln verschieden stark divergieren, zweitens findet man die getrennt angelegten Wurzeln sekundär durch Zahnbein oder (und) Zement mehr oder weniger miteinander verschmolzen, drittens kommt vor, daß der Pulpakörper sich vergrößert, wobei die Bildung getrennter Wurzeln teilweise oder völlig unterdrückt werden kann.

Die beiden letzten Abänderungen sind grundsätzlich voneinander zu trennen, worauf um so mehr Gewicht zu legen ist, als sie sich sehr ähneln können. Dies ist bisher nicht genügend geschehen und hat zu Kontroversen geführt, die bis heute nicht geschlichtet wurden.

Von Bedeutung ist, festzustellen, daß die Ursache für die Zahl der Wurzeln und für ihre abweichende Richtung bestimmt wird durch Zahl und Richtung der an den Zahn herantretenden Nerven beziehungsweise der Gefäßnervenbündel.

Hierauf beruht das bekannte Wurzelmerkmal der Zähne, welches zur Bestimmung eines isolierten Zahnes dient. Das Wurzelmerkmal stimmt mit der Verlaufsrichtung des zum Zahn hinlaufenden Gefäßnervenbündels überein. Die Untersuchung der Verlaufsrichtung der aufgemeißelten Nervenkanäle am Schädel ergibt deutlich, daß eine kausale Beziehung im Verlauf zwischen Nerv und Wurzel besteht. Der beim Embryo frühzeitiger angelegte und ausgebildete Nerv beherrscht Richtung und Zahl der Zahnwurzel.

Die räumlichen Verhältnisse des Oberkiefers bieten für die auswachsenden peripheren Nerven ganz andere Möglichkeiten als der schmale Unterkiefer. Hierdurch wird der Unterschied in der Wurzelbildung zwischen Ober- und Unterkiefer kausal bestimmt. Laufen die Nerven von einer breiten Basis aus auf den Zahn zu, so entstehen divergierende Wurzeln. Laufen aber die Nerven eines Zahnes parallel und sehr dicht nebeneinander oder gar in der Weise, daß sie annähernd von einem Punkt aus in der Richtung von der Wurzel zur Krone diver-

gieren, so werden die, die Nerven umhüllenden, Pulpamassen beim Auswachsen der Wurzeln zusammenfließen, ohne daß sich Bindegewebe aus der Umgebung des Zahnkeims zwischen sie einschleibt. Die vorwachsene Schmelzscheide umhüllt in diesem Falle sonst getrennt verlaufende Nerven mit dem zugehörigen Pulpagewebe gemeinschaftlich.

Auf diese Verhältnisse ist zurückzuführen, daß Differenzen in der Wurzelzahl zwischen Oberkiefer und Unterkiefer vorkommen. Beim Unterkiefer haben wir enge räumliche Verhältnisse, die Nerven aller Zähne gehen von einem Nervenkanal aus. Beim Oberkiefer sind die räumlichen Bedingungen günstigere, die Nerven gehen von einem breiten Nervenplexus aus.

Je günstiger also die räumlichen Verhältnisse sind, je weiter auseinander die Ausgangspunkte der Nerven liegen, je konvergenter sie ihren Verlauf zur Pulpahöhle nehmen, desto divergenter werden die Wurzeln des Zahnes verlaufen.

Bei gleichen Entwicklungstendenzen des Zahnkeimes müßten also die Wurzeln bei Tieren mit räumlich ungünstigen Verhältnissen im Kiefer eng zusammenliegen, während bei Kiefern mit günstigen räumlichen Verhältnissen stärker divergierende Wurzeln aufgefunden werden müßten. Dies trifft im allgemeinen auch zu.

Ausnahmen, wie solche beim Menschen und bei Affen vorkommen, können auf doppeltem Wege ihre Erklärung finden. Einerseits muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die Verlaufsrichtung der Nerven primär eine andere ist, oder der Kiefer kann sich sekundär vergrößert haben, nachdem die Verlaufsrichtung der Nerven und damit die Wurzelrichtung erblich fixiert war.

Eine Entscheidung über das stattgehabte Geschehen ist nicht möglich.

Dies ist sehr zu bedauern, denn — um ein menschliches Beispiel zu erörtern — der Homo Heidelbergensis besitzt eine sehr geringe Divergenz der Wurzeln bei einer ganz ungewöhnlichen Massigkeit des Kiefers. Hier wäre sehr wichtig, könnten wir entscheiden, ob die Kiefergröße sekundär erworben ist oder einen primitiven Zustand darstellt.

Für genetische Forschungen bietet die Verlaufsrichtung der Wurzeln der Molaren keine sichere Handhabe, wiewohl von vielen Autoren eine starke Divergenz der Wurzeln als primitiv bezeichnet wird.

Wie über die kausale Entstehung der Zahnform, sind auch über die kausale Entstehung der Wurzelform Auffassungen verbreitet, über die eine Diskussion sich erübrigt.

Ich zitiere zur Klarlegung der Verhältnisse nur die Auffassung GORJANOVIC-KRAMBERGER'S: »Warum aber der Spymensch noch primi-

tivere Molarwurzeln hatte als der Krapiner, dies dürfte in denselben Umständen gelegen sein, welche ähnliche Verhältnisse zwischen dem rezenten Kaukasier und den schwarzen Rassen (besonders Australier) bedingten. Höhere Intelligenz und die durch diese zum Teil motivierte Lebens- resp. Ernährungsweise waren etwa die Ursachen jener physiologischen Einwirkungen, welche diese bei gleichzeitig lebenden Menschen vorkommenden Differenzen zustande brachten und noch immer bringen.«

Lebensweise und Ernährungsweise können, wie wir gesehen haben, die Form der Zahnkrone überhaupt nicht abändern oder doch nicht in dem Sinne, daß etwas grundsätzlich Neues entsteht. Dieses gilt für die Wurzeln natürlich erst recht.

Die Wurzeln scheinen sich in der Zeit der Entwicklung mechanischen Einflüssen der Umgebung gegenüber noch nachgiebiger zu erweisen als die Krone in der Zeit vor der Konsolidierung, denn man beobachtet bei Anomalien in der Stellung der Zähne, daß die Richtung der Wurzeln stark zur Krone abweichen kann, dabei aber stets in die Verlaufsrichtung des Nerven eingestellt erscheint, welche in solchen Fällen ebenfalls abnorm sein kann. Sekundär können die Wurzeln noch bei der Zahnwanderung durch Zementauflagerung in der Form unbedeutend modifiziert werden.

Auffallender sind Abänderungen der Gestalt, welche dadurch zustande kommen, daß zwei Wurzeln oder mehrere zugleich durch Hartsubstanzen untereinander verbunden werden, so daß von Wurzelverschmelzung gesprochen werden kann.

Man beobachtet diese in der Weise, daß auf dem Querschnitt jeder Wurzelkanal getrennt ist und auch die den Kanal umhüllenden Dentinringe sich nicht berühren. Eine Verbindung der Wurzeln wird in diesen Fällen lediglich durch Zement hervorgerufen. Hier sind also die Wurzeln ursprünglich getrennt angelegt worden und erst sekundär durch Zement verkittet.

In anderen Fällen findet man auf dem Querschnitt der Wurzelpartie die Wurzelkanäle zwar ebenfalls getrennt, aber die Verbindung der Wurzeln wird durch Verkittung der Dentinumhüllungen bewirkt; die verschmolzenen Dentinmassen werden im ganzen von Zement eingeschlossen. Dies Verhalten ist in der Weise entstanden zu denken, daß die, die Wurzelpulpa umkleidenden, Epithelscheiden des Schmelzorganes sich bei sehr nahem Verlauf der Wurzeln berührten; bei dem physiologischen Untergang der Epithelscheide des Schmelzorganes berührten sich dann und verschmolzen die von der Odontoblastenschicht gebildeten Zahnbeinmassen und wurden gemeinsam von Zement umhüllt.



Endlich können die Nerven eines Zahnes so dicht nebeneinander liegen, daß sie in eine gemeinsame Masse von Wurzelpulpa eingehüllt werden.

Grundsätzlich verschieden von dieser Art der Wurzelverschmelzung, die lediglich vom Abstand der Zahnerven abhängig ist, ist eine andere Erscheinung, die bei äußerlicher Betrachtung des Zahnes mit Wurzelverschmelzung verwechselt werden kann. Dies ist jene Erscheinung, deren Extrem durch die sogenannte Prismenwurzelbildung dargestellt wird. Hier handelt es sich um eine normalerweise und vielleicht in seltenen Fällen auch unter pathologischen Einwirkungen einsetzende Vergrößerung der Masse des Kronenpulgewebes. Bei der konsekutiven Vergrößerung der Pulpahöhle kann natürlich eine Ausdehnung derselben nur in Richtung nach den Wurzelspitzen hin erfolgen. Man erhält so den Eindruck, daß die Wurzeln kürzer, der Zahnkörper länger würde.

Diese Erscheinung hat man »Wurzelverschmelzung« genannt, was zu Verwechslungen Anlaß gegeben hat. Besser wäre daher, den Namen Wurzelverschmelzung hierauf nicht mehr anzuwenden, sondern nur von totaler und partieller Prismenbildung der Wurzeln zu sprechen im Gegensatz zu Wurzelverschmelzung, bei welcher Pulpahöhle und Wurzelkanäle in normaler Weise gebildet werden, jedoch in der Umhüllung mit Hartsubstanzen Differenzen aufweisen.

Zum Verständnis dieser Bildungen ist notwendig, sich die Zahnkeimentwicklung und die Vorgänge bei der Wurzelbildung ins Gedächtnis zu rufen.

Wir wollen vom Becherstadium des Schmelzorganes ausgehen. Fig. 43 Taf. VII zeigt bei einem Embryo die vier Zahnanlagen. Das Schmelzorgan ist noch in Verbindung mit dem Epithel der Mundbucht. Schon auf dieser frühen Entwicklungsstufe ist histologisch ein deutlicher Unterschied zwischen dem Bindegewebe, das vom Schmelzorgan umhüllt ist, dem Pulpagewebe und dem Bindegewebe der Umgebung nachweisbar. Das Pulpagewebe ist bereits histologisch differenziert. Bei etwas stärkerer Vergrößerung tritt diese Tatsache noch deutlicher hervor, Fig. 44. Untersucht man eine noch fortgeschrittenere Entwicklungsstufe des Zahnkeimes (Fig. 45), so ist die Differenzierung des Pulpagewebes histologisch noch weiter gediehen, unterscheidet sich aber trotzdem noch wesentlich von der Pulpa des ausgewachsenen Zahnes. Die Zellen besitzen einen mehr »embryonalen Charakter«. Zugleich gewahrt man aber, daß die Umbiegungsstelle des Schmelzepithels basal das Pulpagewebe umfaßt. Der Durchmesser der Öffnung des Kelches ist kleiner als der Durchmesser in der Kelchmitte. An der Kelchöffnung liegen die beiden Blätter des Schmelzorganes dicht aneinander, sie werden durch die Schmelzpulpa hier nicht auseinandergedrängt. In diesem

Abschnitt der sich berührenden Epithellagen des Schmelzorgans ist die Anlage der Epithelscheide des Schmelzorganes gegeben. Schon bei ganz jungen Entwicklungsstufen des Zahnkeimes ist nachweisbar, daß die Kelchöffnung kleiner ist als der Umfang des Bechers in der Mitte, Fig. 44. Ganz gleichgültig nun, welches Stadium wir aus der weiteren Entwicklung bis zum fertigen Zahn untersuchen, stets beobachtet man, daß die Schmelzscheide an der Basis der Zahnanlage das Pulpagewebe umfaßt. Fig. 46 Taf. VII gibt einen Schnitt durch einen Zahn wieder, der nahe vor dem Durchbruch steht, auch hier umfalzt die Epithelscheide des Schmelzorganes das Pulpagewebe an der Basis.

Aus dieser Serie geht deutlich hervor, daß schon sehr frühzeitig die gesamte Zahnanlage von der Umgebung abgegrenzt ist, daß das Gewebe, welches den Zahnkeim zur Zeit der Anlage bildet, bestimmt ist, aus sich selbst durch Vermehrung seiner Bestandteile den Zahn zu bilden. Sekundär tritt kein neues Zellmaterial aus der Umgebung hinzu!

Im Gegensatz zu dieser sichergestellten Tatsache nimmt man heute allgemein an, daß die Schmelzscheide bei der Entwicklung des Zahns unter dem Wachstum des Zahnkeimes fortwährend Bindegewebe aus der Umgebung in den Bereich der Pulpahöhle neu einbeziehe. Dieses sekundär in den Zahnkeim angeblich einbezogene Bindegewebe müßte dann erst den Charakter des Pulpagewebes erwerben, es müßte sich umdifferenzieren. Man glaubt, daß durch das Vorwachsen des freien Randes der Schmelzscheide förmlich das Material für die Pulpahöhle aus der Umgebung ausgestochen würde, wie von einem vorgestoßenen Spaten etwa die Erde umfaßt wird. So sagte DE TERRA: »Diese aus zwei Schichten bestehende Membran, die Epithelscheide, dringt schlauchförmig in die Tiefe des Mesodermgewebes ein, bis schließlich ein der künftigen Wurzelmenge entsprechender Bindegewebszapfen in derselben steckt.« Nach den wirklichen Verhältnissen ist das eine durchaus unmögliche Vorstellung!

Solange das Pulpagewebe wächst, ragt es leicht über den Becher wie ein Pfropf heraus (Fig. 45 Taf. VII). Das Wachstum des Pulpagewebes durch Vermehrung des Zellmaterials der ursprünglichen Anlagen ist also die treibende Kraft, der die Epithelscheide des Schmelzorganes im Wachstum folgend sich anpaßt; letztere besitzt insofern formbestimmende Einwirkungen, als eine Abgrenzung nach den Seitenwänden hin geschaffen wird.

Ist die definitive Größe der Pulpahöhle beim Zahnkeim erreicht, so hört das allgemeine Wachstum des Pulpagewebes auf. Nur in der Umgebung der Nerven wächst nunmehr das Pulpagewebe weiter fort, und die Schmelzscheide umwächst an der Basis die Kronenpulpa, zwischen die entstehenden Wurzeln eindringend. Dies geschieht in

Verfolg der von Anbeginn sich zeigenden Tendenz der Epithelscheide, eine Abgrenzung des Pulpagewebes nach außen hin zu schaffen.

So gelangen die Einfaltungen der Schmelzscheide zwischen den Wurzeln an der Basis des Zahnkörpers zur Berührung, Verwachsung der Ränder tritt ein. Die Verwachsungslinie ist am fertigen Zahn noch lange sichtbar, verschwindet erst durch Auflagerung von Zement. Bei zweiwurzelligen Zähnen markiert sich die Verwachsung durch eine Linie, welche an der Innenseite der Wurzelbasis von Wurzel zu Wurzel geht. Bei dreiwurzelligen Zähnen bilden sich drei Verwachsungslinien, die sich in einem Punkt treffen. An Fig. 6 und Fig. 7 Taf. V sind die Verwachsungslinien der Epithelscheide an Zähnen von Wiederkäuern deutlich zu sehen. Da die Schicht der Odontoblasten sich gleichzeitig mit der Vergrößerung der Schmelzscheide verbreitert und verlängert, so gelangen an der Basis des Zahnkörpers die aufeinander zustrebenden Schichten von Odontoblasten zur Berührung und verwachsen.

Streng genommen entsprechen also am fertigen Zahn die Verwachsungslinien an der Basis des Zahnkörpers der Odontoblastenschichtvereinigung, da die Epithelscheide des Schmelzorganes untergeht. Aus dem ontogenetischen Entwicklungsgange des Zahnes ist also unmittelbar abzulesen, daß dem Pulpagewebe bei dem Wachstum des Zahnes eine sehr aktive Rolle zukommt.

Dies ist auch für die Frage der beim Zahndurchbruch obwaltenden mechanischen Verhältnisse von großer Bedeutung.

Die Wurzeln wachsen aus dem fertiggestellten Zahnkörper dadurch aus, daß das Pulpagewebe in der Umgebung der Nerven sich vermehrt, nicht etwa dadurch, daß Bindegewebe der Umgebung neuerdings einbezogen wird, wie man heute annimmt. Bei der Entstehung der Wurzeln findet ebenso wie bei der Bildung des Zahnkörpers in dem umgebenden Knochengewebe des Kiefers fortwährend Anbau und Abbau statt.

Anzunehmen ist, daß bei Vererbung in dem Sinne, daß große Zahnanlagen mit kleinen Kiefern zusammentreffen, der Zahn von der Umgebung in gewissen Grenzen beeinflusst werden kann. Im allgemeinen aber beherrscht die Zahnanlage nach der geltenden Auffassung das Geschehen.

Der Einfluß der Umgebung auf den Zahnkeim kann insofern wirken, als durch bessere räumliche Verhältnisse die Grundlage für fortschrittliche Entwicklung gegeben oder durch Einengung der junge Zahnkeim direkt in der Entwicklung behindert wird. Dadurch aber werden in der Periode III der phylogenetischen Zahnentwicklung (s. S. 469) niemals grundsätzlich neue Zahnformen geschaffen. Grundsätzlich neue Zahnformen entstehen in dieser Periode nur unter Abänderung der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe.

Einfluß der Umgebung, Kieferwachstum wirkt aber auch auf die Zahnbewegung. Die Drehung der oberen Molaren um fast  $90^\circ$  (s. Abb. 42 Taf. VI) ist nur möglich bei und durch Kieferwachstum. Anomalien in der Kieferentwicklung führen zu Verlagerung der Zahnnerven und damit zu Anomalien in der Stellung der Wurzeln.<sup>1</sup>

Man muß nun, wie hervorgehoben wurde, in der ontogenetischen Entwicklung des Zahnkeims zum fertigen Zahn zwei Hauptperioden unterscheiden: die Periode der Bildung des Zahnkörpers, in der das Pulpagewebe allgemeines Wachstum zeigt (Zahnkörper ist gleich Zahn weniger Wurzeln) und die Periode der Wurzelbildung, in der das Pulpagewebe nur in der Umgebung der Zahnnerven weiterwächst.

Man beobachtet in sehr seltenen Ausnahmefällen beim rezenten Menschen fast typischerweise wie beim Krapinamenschen eine Zahnform, die man als prismatische oder zylindrische Zähne bezeichnen kann. Diese Zähne zeichnen sich dadurch aus, daß die Höhe der Pulpahöhle sehr groß ist, während die geteilten Wurzeln entsprechend kurz sind; ja sie können ganz fehlen, wenn die Höhe der Pulpahöhle der ganzen Zahnhöhe nahe kommt. Diese Zähne gleichen gelegentlich äußerlich völlig Zähnen mit sekundär verschmolzenen Wurzeln, im inneren Aufbau aber unterscheiden sie sich grundsätzlich. Untersucht man sie auf Querschnitten und Längsschnitten, so ergibt sich, daß beim prismatischen Zahn die Höhle die ganze Höhe des Zahnes einnehmen kann, während bei sekundärer Wurzelverschmelzung in der Wurzelpartie des Zahnes die einzelnen Wurzelkanäle getrennt sind. Vergleiche hierzu Figg. 48 u. 52 Taf. VI.

Es fragt sich nun, auf welche Ursache diese Bildung zurückzuführen ist.

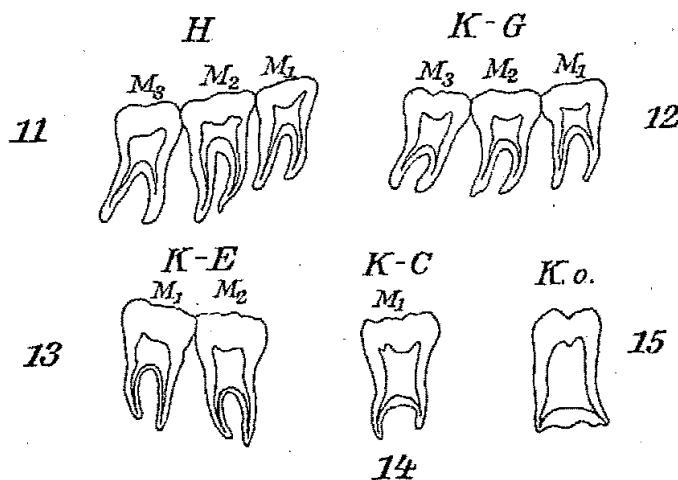
Wir hatten gesehen, daß typischerweise an Wurzelzähnen das Pulpagewebe ein allgemeines Wachstum zeigt, bis der Zahnkörper (Zahn weniger Wurzeln) vollendet ist, daß dann eine Periode einsetzt, in der das Pulpagewebe nur noch in der Richtung der Nerven und in ihrer Umgebung sich vermehrt, wodurch die Wurzeln entstehen.

Möglich erscheint, daß die Höhe der Pulpahöhle durch Aufspaltung der Nerven (und Gefäße) in ihre zahlreichen Endäste kausal bestimmt wird. Jede feinste Nervenfasern wird im Zahnkeim mit Pulpagewebe umhüllt. Anzunehmen ist, daß die zahlreichen Endäste der Nerven in der Kronengegend zur Bildung einer zusammenhängenden Masse von Pulpagewebe die Veranlassung geben, während im Gegensatz dazu an Stellen, die von der Krone weiter entfernt sind, an denen die Nerven und Gefäße als Stämme noch ungeteilt verlaufen, das Pulpagewebe, ebenfalls nur um die Nervenstämme sich gruppierend, die Bildung getrennter Wurzeln verursacht.

<sup>1</sup> Siehe z. B. bei WETZEL p. 788 Fig. 708.

Bei den prismatischen Zähnen dauert die Periode des allgemeinen Wachstums des Pulpagewebes länger an, die Pulpahöhle vergrößert sich also in der Richtung des Wurzelendes. Untersuchungen über die Nerven und ihre Aufteilungsart liegen bei dem seltenen Vorkommen der Prismenzähne bei rezenten Menschen begrifflicher Weise nicht vor. Doch wären Untersuchungen nach dieser Richtung hin von großem Interesse; das frische Material steht nur Zahnärzten zur Verfügung.

Die vermehrte Wachstumstendenz des Pulpagewebes tritt bei den Krapinazähnen in sehr verschiedener Stärke auf; so daß alle Übergänge von den Anfängen der Bildung bis zu Formen beobachtet werden, bei denen die Pulpahöhle der Gesamthöhe des Zahnes entspricht. In diesen Fällen findet eine getrennte Wurzelbildung über-



Textfigg. 11—15. Darstellung der Vergrößerung der Pulpahöhle bis zur Entstehung der Zahnform mit prismatischen Wurzeln, nach GORJANOVIC-KRAMBERGER. 11 Homo Heidelbergensis. 12—15 Homo Krapinensis.

haupt nicht mehr statt, die Nerven treten direkt in die vergrößerte Pulpahöhle ein.

Die schematischen Textfiguren 11—15 nach GORJANOVIC-KRAMBERGER illustrieren die Zunahme der Pulpahöhle in der Richtung der Zahnbasis sehr deutlich. Die Molaren H entsprechen denen des Homo Heidelbergensis, die übrigen Molaren denen des Krapinamenschen. Der Zahn K. o. zeigt, daß bei extremster Größe der Pulpahöhle der Abschluß der Höhle an der Basis durch eine deckelartige Platte hergestellt wird, die mehr oder weniger gewölbt ist. Ich reproduziere zur Kontrolle auch noch die Röntgenaufnahme einiger Unterkiefer des Krapinamenschen in den Figg. 47—50 Taf. VI.

Diese Zahnformen können nur entstanden gedacht werden durch Wirkung einer erworbenen vermehrten Wachstumstendenz des Pulpagewebes (vielleicht in Abhängigkeit von Nervenendaufteilung).

Mit Wurzelverschmelzung hat die Bildung von Zähnen mit pris-

matischen Wurzeln nichts zu tun. Bei diesen sind innerhalb der verschmolzenen Wurzeln die Wurzelkanäle getrennt nachzuweisen.

In den Figg. 52 a—f Taf. VII gebe ich die Röntgenaufnahmen verschiedener Molaren des rezenten Menschen mit Wurzelverschmelzung. Bei allen sechs Zähnen sind die Wurzeln durch Hartschubstanz bis zur Basis vereinigt. Daß dies an dem Zahn b nicht hervortritt, rührt daher, daß der Abzug der Platte zugunsten der Sichtbarmachung der Wurzelkanäle nicht fertig entwickelt wurde.

Der Zahn f ist äußerlich völlig übereinstimmend mit einem Prismenzahn, bei dem die Pulpahöhle bis an das Wurzelende reichen würde. An der Röntgenaufnahme sind die getrennt verlaufenden Wurzelkanäle deutlich zu sehen. Dies war auch makroskopisch erkennbar, weil bei dem kariösen Zahn die Pulpahöhle eröffnet war.

Nicht möglich ist zu entscheiden, ob bei der Bildung des Prismenzahnes die Vermehrung der Wachstumstendenz des Pulpagewebes im Zahnkeim primär entstand oder ob sie in Abhängigkeit von verschiedener Art der Aufteilung der Nerven und Gefäße in ihre Endäste abhängig ist. Denkbar wäre, wie gesagt, daß eine mikroskopische Untersuchung eines frisch konservierten Prismenzahnes die Tatsache ergäbe, daß die Nerven sich beim Eintritt in die Pulpahöhle sofort in Endäste aufteilen und dadurch mit ihrer Pulpahülle einen größeren Raum beanspruchen.

Wie dem aber auch sei, in jedem Fall handelt es sich um einen Neuerwerb.

Wenn nun bei einer isolierten Rasse des diluvialen Menschen der Prismenzahn sich als typische Molarenform auszubilden begann, so beweist dies, daß diese Rasse, der Krapinamensch, eine Sonderstellung einnimmt, daß sie in diesem Merkmal spezialisierter ist als andere ihm sonst sehr ähnliche Unterarten des diluvialen Menschen.

Ich muß daher ADLOFF beistimmen, wenn er behauptet, der Krapinamensch nehme auf Grund eigenartiger Gestaltung der Wurzel der Molaren eine Sonderstellung ein. Wir müssen uns auch weiter der Behauptung ADLOFF's anschließen, daß der Krapinamensch aus der Vorfahrenreihe des rezenten Menschen auszuschneiden habe, daß er einen einseitig entwickelten Zweig darstellt. Diese Auffassung findet, wie wir sahen, auch in der Kronenrunzlung ihre Stütze.

Bei der Häufigkeit der ausgesprochenen Zylinderform der Molaren (nahezu 50% der Fälle) ist ADLOFF berechtigt, die Ansicht GORJANOVIC-KRAMBERGER's zurückzuweisen, es handle sich um eine individuelle Variationserscheinung, die dem rezenten Menschen ebenfalls zukommt. Hervorzuheben ist hierbei, daß am Unterkiefer des rezenten Menschen eine derartige Bildung überhaupt noch nicht zur Beobachtung gelangt ist, sondern nur in wenigen Fällen am Oberkiefer.

WALKOFF untersuchte Tausende von Zähnen, bis er einen Fall an einem Oberkieferzahn des rezenten Menschen fand. Da die veröffentlichten Fälle prismatischer Zähne des rezenten Menschen einer Durchleuchtung nicht immer unterzogen wurden, auch eine mikroskopische Untersuchung des Wurzelteiles nur in einem Fall stattgefunden hat, ist anzunehmen, daß ein großer Teil der sogenannten prismatischen Zähne des rezenten Menschen doch noch auszuschneiden haben, da es sich zum Teil um Fälle mit sekundärer Wurzelverschmelzung handeln dürfte. Nur bei einzelnen dieser Zähne ist die prismatische Form dadurch festgestellt worden, daß sie durchsägt wurden.

Sekundäre Wurzelverschmelzung kommt im übrigen auch beim Krapinamenschen vor, obschon sehr selten, weil bei ihm eine annähernd normale Ausbildung der Wurzeln überhaupt sehr selten ist (vergl. hierzu Fig. 18 a, S. 133, Anat. Anz. Bd. 31, 1907).

Hervorgehoben soll noch werden, daß die prismatischen Zähne oft um eine Kleinigkeit länger sind als bewurzelte Molaren. Das spricht deutlich dafür, daß ein neuer Faktor bei der Entstehung prismatischer Zähne aufgetreten sein muß.

Wenn ich mich in der Beurteilung der phyletischen Bedeutung der prismatischen Zähne des Krapinamenschen ADLOFF'S Auffassung völlig anschließe, so weicht meine Ansicht über die kausale Entstehung dieser Zahnform doch wesentlich von ADLOFF'S Auffassung ab.

ADLOFF glaubt, die Bildung des prismatischen Zahnes sei als der höchste Grad der Wurzelverschmelzung anzusprechen!

Daß Wurzelverschmelzung und die Bildung von Prismenzähnen zwei ganz differente Bildungen sind, die nichts miteinander zu tun haben, wurde bereits betont.

GORJANOVIC-KRAMBERGER macht verschiedene Faktoren für die Entstehung der prismatischen Molaren verantwortlich. Unter völliger Verkennung der Beziehungen des sich entwickelnden Zahnes zur Umgebung glaubt er, daß Wurzelverschmelzung auf Reduktion des alveolären Kieferteiles beruhe. Er sagt: »Beim Menschen von Krapina ist zwar eine Reduktion des gefächerten Kieferteils ebenfalls deutlich ersichtlich, doch ist sie noch nicht so weit vorgeschritten, und die entsprechenden Zähne hätten ja genugsam Raum gehabt, ihre Wurzeln normal auszubilden. Es müssen beim Krapinamenschen gewichtige Faktoren der Ernährungsweise hinzugekommen sein (der Feuergebrauch etwa), die eine sozusagen plötzliche Funktionsverringering der Zähne im Gefolge hatten, welche anfänglich jenes rasche Wachsen der ungliederten Wurzelwandung einleitete, wodurch es dann zu jener so umfangreichen Verkümmerung der Wurzeln an sonst ganz normal angelegten Zähnen gekommen ist. — Warum aber der Spymensch noch primitivere Molarwurzeln hatte als der Krapiner, dies dürfte in den-



selben Umständen liegen, welche ähnliche Verhältnisse zwischen dem rezenten Kaukasier und den schwarzen Rassen (besonders Australier) bedingten.«

Im Besonderen bezeichnet GORJANOVIC-KRAMBERGER die Bildung als »lappige Verkümmerng der Wurzeln«, als »Störung im Längenwachstum der Wurzeln«; die Wurzeln würden »je nach dem alveolaren Widerstand verschiedenartig ausgebogen und auch gänzlich verkümmert«; GORJANOVIC-KRAMBERGER sieht »sehr deutliche Anhaltspunkte zur Beurteilung der gehemmten Wurzelentwicklung«; scheinen will ihm, »daß die Gestalt der Wurzel die Folge jener Verdichtung der Spongiosa (der Alveole) ist, infolge welcher es zu einer Verkümmerng der basalen Wurzelpartie kam, obwohl auch andererseits die Verdichtung der Spongiosa durch den mechanischen Zahndruck entstanden sein könnte«.

Zu der letzten Bemerkung will ich gleich hervorheben, daß die Spongiosa der Alveole in dem Fall, auf den GORJANOVIC-KRAMBERGER sich bezieht (Unterkiefer K.) zweifellos durch den Zahn beeinflusst ist, und nicht umgekehrt der Zahn von der Umgebung, denn beim Zahndurchbruch wird der Zahn bekanntlich erst sekundär von neugebildetem Knochengewebe umfaßt. Das Knochengewebe aber kann die Zahnform nicht mehr abändern, während das Knochengewebe in der Gebrauchsperiode sicher vom Zahne beeinflusst wird.

Bei Besprechung des Unterkiefers C von Krapina (Fig. 48 Taf. VI) sagt GORJANOVIC-KRAMBERGER: »Infolge dieser Hemmung im weiteren Längenwachstum der Wurzeln würde sich die Wandung derselben verdickt haben und die Pulpahöhle durch die Bildung deformierter Wurzellappen oder eines Deckels nach unten abgeschlossen haben. In der Tat sehen wir auch schon nahe der Pulpahöhlenbasis (links) die Anlage eines derartig degenerierten Gebildes im Entstehen begriffen« (s. Fig. 48 M<sub>2</sub>).

An anderer Stelle meint GORJANOVIC-KRAMBERGER: »Streng genommen kann von einer Verschmelzung oder Verwachsung der Molarrurzeln des Menschen von Krapina nur in gewissen Fällen gesprochen werden, da es ja in vielen Fällen überhaupt zu keiner Verschmelzung kommen konnte.« Bei Beschreibung des Unterkiefers E (Fig. 49 Taf. VI) heißt es: »In der längeren Pulpahöhle des M<sub>2</sub> haben wir gleichzeitig die beginnende prismatische Wurzelbildung dieses Zahnes zu erblicken.«

Nach Entdeckung des Heidelberger Unterkiefers hat GORJANOVIC-KRAMBERGER unter Verzicht auf früher geäußerte Auffassungen diesen zuletzt zitierten Gedankengang erweitert, nämlich, daß die Vergrößerung der Pulpahöhle den wesentlichen Anteil an der Bildung prismatischer Zähne besitze.

Die Untersuchungen SCHOETENSACK's über die Pulpahöhlen der Molaren des Homo Heidelbergensis ergaben im Vergleich mit den Auf-



zeichnungen TRUEB's beim rezenten Menschen, daß der Durchmesser der Pulpahöhle des Heidelberger Fossils bedeutend größer ist als beim rezenten Menschen. Nur bei jugendlichen Individuen des rezenten Menschen werden annähernd gleiche Verhältnisse aufgefunden, in Entwicklungsstadien des Zahnes also, in denen die Dentinablagerung noch schwach ist.

GORJANOVIC-KRAMBERGER hebt nun hervor, daß eine andere von SCHOETENSACK nicht in Erwägung gezogene Tatsache viel wichtiger sei, »die nämlich, daß die Pulpahöhlen des Heidelbergers von  $M_1$  zu  $M_3$  gehend, im vertikalen Sinne also, an Höhe zunehmen. Dieser Befund bedeutet aber nichts weniger, als daß beim H. Heidelbergensis bereits die Tendenz zur Verlängerung des ungeteilten Wurzelkörpers angedeutet ist.« Er sagt, daß »die Tendenz nach der Vergrößerung der Pulpahöhle resp. Pulpahöhe an keine besondere Menschenart oder Varietät gebunden ist, sondern daß sie bereits beim geologisch ältesten Menschen, dem H. Heidelbergensis, in einer unverkennbaren Weise aufzutreten beginnt, sich dann aber bei der geologisch jüngeren Art, dem H. Primigenius (sowohl var. Krapinensis als var. Spyensis) individuell weiter potenziere und sich so bis auf den heutigen Tag erhalten hat.«

Auf die Frage, ob sich diese Tendenz der Vergrößerung der Pulpahöhle bis auf den rezenten Menschen erhalten hat, werden wir noch zurückzukommen haben.

Hier soll zunächst hervorgehoben werden, daß GORJANOVIC-KRAMBERGER trotz anfänglichen unsicheren Schwankens in der Frage der Entstehung der Prismenwurzeln doch schließlich die Bedeutung der Vergrößerung der Pulpahöhlen ganz richtig erkannt hat.

Die Vergrößerung der Pulpahöhle in einem Gebiß von  $M_1$  über  $M_2$  zu  $M_3$  ist allerdings eine physiologische Erscheinung, die lediglich mit dem verschiedenen Entwicklungsstadium dieser Zähne und der entsprechend bei den später sich bildenden Molaren weniger vorgeschrittenen Dentinablagerung zusammenhängt.<sup>1</sup>

ADLOFF sucht die Bedeutung der Auffassung GORJANOVIC-KRAMBERGER's zu entkräften, indem er sagt: »Die zunehmende Größe des Cavum pulpae vom 1. zum 3. Molaren beim Homo Heidelbergensis ist dagegen bei sämtlichen, sei es diluvialen, sei es rezenten Zähnen vorhanden und erklärt sich unschwer aus der bekannten Tatsache, daß der letzte Mahlzahn sehr viel später erscheint als der  $M_1$ , dessen Pulpa daher durch die Bildung von Schutzdentin bereits in erheblichem Maße verkleinert ist, wenn diejenige von  $M_3$  noch ihre jugendliche Größe besitzt.«

<sup>1</sup> Abb. 51 a—e Taf. VI zeigt Röntgenbilder des ersten oberen Molaren im Alter von 8½, 12, 19, 22 und 35 Jahren.

Die Tatsache, daß die Pulpahöhle des  $M_{11}$  aus den von ADLOFF herangezogenen Gründen bei gleicher Größendimension der Zähne beim Menschen und Affen stets größer ist als die Höhle von  $M_1$ , ist durchaus richtig. Damit wird aber — was ADLOFF auch nicht beabsichtigt — die Tatsache nicht aus der Welt geschafft, daß im Unterkiefer von Mauer, selbst unter Berücksichtigung dieser physiologischen Abnahme der Pulpahöhlengröße, doch alle Molaren eine Pulpahöhle besitzen, die viel größer ist, als man sie beim rezenten Menschen und auch bei diluvialen Menschenrassen findet, welche nicht dem Typus des Neandertalers entsprechen. ( $M_1$  sup. von 12jährigem Kind, Fig. 51 b hat schon eine kleine Höhle.)

Im übrigen sind die Pulpahöhlen an den Molaren aller Affen viel kleiner als bei *H. Heidelbergensis* und dem Neandertaler.

ADLOFF bringt weiter gegen GORJANOVIC-KRAMBERGER's Auffassung vor, man unterscheide eine Kronenpulpa und eine Wurzelpulpa. Die gesamte Pulpa besitze die gleiche Höhe bei Zähnen mit getrennten Wurzeln und bei Zähnen mit prismatischer Wurzel. Falsch sei also, von Vergrößerung der Pulpa im vertikalen Sinne zu sprechen, wenn ein Teil der Wurzelpulpa in die Kronenpulpa einbezogen wird. »Es hat nur eine Vereinigung der sonst getrennten Wurzelpulpen mit der Kronenpulpa zu einem einheitlichen größeren Pulparaum stattgefunden.« Diese Differenz der Auffassung zwischen GORJANOVIC-KRAMBERGER und ADLOFF ist darauf zurückzuführen, daß der Entwicklungsmodus der Wurzeln bei der Betrachtung außer acht gelassen ist, was bisher allgemein geschah. ADLOFF übersieht, daß die Annahme einer einfachen Einbeziehung der Wurzelpulpa in die Kronenpulpa die Verhältnisse durchaus noch unklar lassen würde.

Eine solche Einbeziehung im Sinne ADLOFF's wäre denkbar, hierzu müßte nur die Anlage der Wurzelhaut, ferner die Schicht der Odontoblasten und die Epithelscheide des Schmelzorganes zwischen den Wurzelanlagen schwinden, d. h. sich nicht entwickelt haben, dann könnte eine »sogenannte« Einbeziehung der Wurzelpulpa in die Kronenpulpa erfolgen, d. h. eine Verschmelzung statthaben. Der Zahn müßte aber in der Gegend der Einbeziehung eine äußerlich sichtbare Einschnürung, einen Absatz, besitzen und im ganzen Wurzelabschnitt stark verschmälert sein, ebenso wie alle Zähne mit Wurzelverschmelzung eine schmalere Wurzel haben. Dies ist aber nicht der Fall, also muß sich das Pulpagewebe vermehrt haben!

Bei der Prismenbildung muß im Gegensatz zu der Wurzelverschmelzung dieser neue Faktor, vermehrte Wachstumstendenz des des Pulpagewebes, hinzutreten, in die Entwicklung eingreifen.

Mit diesem Nachweis wird aber erst festgelegt, daß es sich bei der Prismenbildung um etwas Neues, um eine Sonderbildung handelt; zweifellos liegt eine Spezialisierung vor.

Im Anschluß an fossile Funde in England (Zahnfunde in einer Höhle der Insel Jersey 1910 und Schädelfragment von Piltdown 1913) hat KEITH die Auffassung GORJANOVIC-KRAMBERGER's sich zu eigen gemacht. KEITH belegt die prismatischen Zähne mit dem Beinamen »taurodont«, die Zahnform mit getrennten Wurzeln und Teilung der Pulpa in Kronen- und Wurzelpulpa nennt er »cynodont«, weil der Carnivorenmolar diesen Typus am besten charakterisiere.

Der taurodonte Zahn soll für alle Vertreter der Neandertalrasse bezeichnend sein, der Homo Neandertalensis soll auf Grund der eigenartigen Gebißform eine besondere Stellung beanspruchen und als Vorfahre des Homo recens nicht in Betracht kommen.

ADLOFF sagt, der prismatische Molar des Menschen erinnere »in der Tat vielleicht ein wenig an den hypselodonten Zahn vieler Ungulaten«.

Berücksichtigen wir die Entwicklung des hypselodonten Ungulatenzahns, so ergibt sich, daß eine Parallele zwischen ihm und dem Molar mit prismatischer Wurzel des Menschen durchaus unstatthaft ist. Bei beiden handelt es sich nur um eine rein äußerliche Ähnlichkeit. Zwischen beiden Zahnformen besteht ein grundsätzlicher Unterschied darin, daß von den Faktoren, welche die Entstehung des hypselodonten Zahnes aus dem brachyodonten bewirken, nur ein Faktor bei der Entstehung des prismatischen menschlichen Molars beteiligt ist.

Vergleichen wir einen brachyodonten Zahn mit einem hypselodonten, so ergibt sich das folgende. Man vergleiche die Figuren 3 und 4 Taf. V, welche einen der Länge nach durchsägten hoch- und niedrigkronigen Zahn darstellen.

Erstens wird beim Übergang vom brachyodonten zum hypselodonten Stadium der Zahn gewöhnlich im ganzen länger.

Zweitens nimmt beim hypselodonten Zahn die Krone an Höhe zu, die Wurzelpartie an Höhe ab. Dies ist an unseren Abbildungen nicht zu sehen, weil jugendliche Zähne vorliegen.

Drittens vertiefen sich die halbmondförmigen Einsenkungen zwischen den miteinander verbundenen Höckern (Fig. 5 Taf. V) in demselben Maße, als der Zahn in die Länge wächst.

Analysieren wir die Faktoren, welche diese Abänderungen zustande bringen, so müssen wir folgende Faktoren als beteiligt voraussetzen: erstens eine Erhöhung der Wachstumstendenz des Pulpagewebes, zweitens Erhöhung der Wachstumstendenz der Schmelzzellen und Odontoblasten des Zahnkeims durch Vermehrung der Zellzahl in den Wandpartien des Zahnkeimes, und drittens Erhöhung der Wachstumstendenz der Schmelz und Zahnbein liefernden Zellen in der Gegend der halbmondförmigen Einsenkungen zwischen den untereinander verbundenen Höckern.

Würde der letzte Faktor ausfallen, wirkten nur die Faktoren, welche Zahnwand und Zahnhöhle erhöhen, so erhielten wir ein äußerlich dem hypselodonten Zahn gleichartiges Gebilde, jedoch würde die halbmondförmige Einsenkung des hypselodonten Zahnes in diesem Falle nur ebenso schwach ausgebildet sein, wie bei dem brachyodonten Zahn. Die Zahnkrone würde also in der Periode der Abnutzung in kürzester Zeit den selenodonten Charakter einbüßen.

Da die Ablagerung der Hartsubstanzen in früher Zeit der Entwicklung am Zahnkeim an der Spitze der Höcker beginnt, in einer Zeit also, in der das Höhenwachstum des Zahnes im Werden ist, so ergibt sich ganz einwandfrei, daß der zuletzt genannte Faktor zur Entstehung des hypselodonten Typus vorliegender Art unbedingt postuliert werden muß.

Lassen wir den Faktor wegfallen, der die Masse der Pulpahöhle vergrößert, wirken nur die beiden anderen, entsteht also Vergrößerung der hartsubstanzenliefernden Gewebe bei gleichbleibender Masse des Pulpagewebes, so würde sich der Zahn entweder unter starker Verschmälerung außerordentlich verlängern oder bei Beibehaltung der Höhe einfalten und verbreitern müssen.

Alle Möglichkeiten, sich zu überlegen, welche die verschiedenen Kombinationen bei der Zahnentwicklung vorhandener Faktoren zulassen, ist sehr wichtig zum Verständnis der Entstehung verschiedener Zahnformen, man überzeugt sich hierbei zugleich von der Realexistenz der Faktoren; man sieht ein, daß ohne sie die Formumwandlung gar nicht möglich ist.

Eine Abänderung der Wachstumstendenz der schmelzbildenden Zellen und der Odontoblasten in entgegengesetztem Sinne — Zunahme bei einem, Abnahme bei dem andern Gewebe oder umgekehrt — spielt natürlich auch bei der Entstehung der Zahnformen eine Rolle, kommt aber für den vorliegenden Fall nicht in Betracht.

Analysieren wir nun die Faktoren, welche die Umwandlung des prismatischen menschlichen Molaren bewirken, so ergibt sich, daß nur ein Faktor in Betracht kommt, eine Erhöhung der Wachstumstendenz des Pulpagewebes, denn die Gesamthöhe des Zahnes wird nicht vergrößert oder wenigstens nur ganz minimal, und im Gegensatz zum »tauroodonten« Typus wird auch eine Vertiefung der Einsenkungen, der Täler zwischen den Höckern, vermißt.

Wir können also auf die Ausdrücke »taurodont« und »cynodont« verzichten, weil sie die Verhältnisse nicht nur nicht klarer gestalten, sondern sogar falsche Vorstellungen erwecken.

Bei seinen verschiedenartigen Erklärungsversuchen der Entstehung des prismatischen Molars des Menschen von Krapina bezeichnet Gor-

JANOVIC-KRAMBERGER anfänglich diese Bildung auch als eine »Verkrüppelung« der verwachsenen Wurzeln in allen möglichen Formen und Graden, er faßte sie als »individuelle Anomalien« auf.

ADLOFF bemerkt hierzu, GORJANOVIC-KRAMBERGER habe die prismatischen Molaren des Krapinamenschen als »individuelle Anomalien« aufgefaßt, die in die Variationsbreite des rezenten Menschen fielen, später habe er aber die Unmöglichkeit dieser Behauptung eingesehen und die Bildung für eine »pathologische« erklärt.

Hierauf erwidert GORJANOVIC-KRAMBERGER, er habe die prismatischen Molarwurzeln »niemals direkt als pathologisch, sondern für Anomalien erklärt« insofern, als es sich nicht um regelmäßige Erscheinungen handelte.

Dieser Streit könnte uns heute gleichgültig sein, wenn er nicht geeignet wäre, Unklarheiten aufzudecken, ohne deren Klärung die ganze Frage nicht zu behandeln ist. In der Anomaliefrage fußt GORJANOVIC-KRAMBERGER darauf, daß die Zahnärzte derartige Bildungen als »Odontome« bezeichnen sollen, Hypoplasie des Schmelzes soll oft an diesen Anomalien (14<sup>o</sup>/<sub>o</sub> bei Krapina) vorkommen, und zwar in Gestalt von kleinen Grübchen. Andere Exemplare sollen mit einer Zementhyperplasie behaftet sein. Ferner stützt sich GORJANOVIC-KRAMBERGER auf eine mikroskopische Untersuchung eines rezenten Molaren mit prismatischen Wurzeln, welche Prof. Dr. TRAUNER vornahm. Dieser teilte ihm brieflich mit: »Das mikroskopische Präparat gibt über den Aufbau der Wurzelneubildung Aufschluß. Abgesehen von dem interradiikulären Osteodontintumor besteht Riesenwachstum der Wurzel selbst, die sich bis an das Ende des ganzen Gebildes verfolgen lassen. — — — Da sich die Neubildung zwischen die Wurzeln einschleibt, sind dieselben auseinandergedrängt, wodurch das ganze Gebilde eine breite Basis erhalten hat.«

GORJANOVIC-KRAMBERGER sagt dann: »Vergleichen wir nun diesen Befund Dr. TRAUNER's mit meinen bisher gegebenen Beschreibungen der fossilen Wurzelprismen und Wurzeldeckel, so wird es jedermann klar sein, daß die fossilen sogenannten Wurzeldeckel mit dem Osteodontintumor des rezenten Molaren ganz gleichartige Bildungen darstellen, die sich untereinander bloß graduell unterscheiden.«

Hieraus folgert GORJANOVIC-KRAMBERGER: »Man kann die Prismenwurzelbildung als Hemmung der Wurzelgliederung infolge zu raschen Vorwachsens des ganzen Wurzelkörpers betrachten.« Überblickt man diese Ausführungen, so wird man ADLOFF zustimmen, wenn er annimmt, daß GORJANOVIC-KRAMBERGER an »pathologische Bildungen« dachte.

Im Einzelnen muß man sich aber fragen, wie es möglich ist, eine lokalisierte geringe Hypoplasie des Schmelzes und eine Hyperplasie

des Zements mit dieser Bildung überhaupt in kausale Beziehungen zu bringen. Das sind doch Dinge, die gar nichts miteinander zu tun haben.

Die mikroskopische Untersuchung bezog sich ferner lediglich auf macerierete Zähne, das Pulpagewebe war der Untersuchung nicht zugänglich.

Pathologisch würde nun sein, wenn ein Verschuß an der Basis des Zahnes ausgeblieben wäre.

Unter den abgeänderten Bedingungen, welche die Vergrößerung der Pulpamasse schuf — (GORJANOVIC-KRAMBERGER ist die Abänderung der Form der Zahnhöhle durchaus nicht entgangen) — mußte natürlich der typische Verschuß der Zahnbasis eine andere Gestalt annehmen, als bei Zähnen mit typischer Wurzelbildung, grundsätzlich aber ist durch die Verschußplatte kein Novum geschaffen. Wenn nun die Zahnärzte einen basalen Verschuß in Gestalt einer Platte bei Prismenzähnen als Osteodontintumor bezeichnen, so ist diese Bezeichnung sicher sehr schlecht, da man mit dem Wort »Tumor« gerne pathologische Vorstellungen, d. h. Neubildung, verknüpft. Hier handelt es sich aber um einen physiologischen Vorgang, der nur örtlich verschoben ist.

Weiter ist es völlig unverständlich, wie nach GORJANOVIC-KRAMBERGER der Tumor, also die Verschußplatte des prismatischen Zahnes, die Wurzeln aktiv auseinandergedrängt haben soll! Damit läßt sich gar nicht vereinigen, daß in jungen Zähnen, die ihre endgültige Länge schon erreicht haben, der Deckel erst in Bildung begriffen ist. GORJANOVIC-KRAMBERGER beschreibt selbst einen Fall (M<sub>2</sub> der Fig. 48 Taf. VI), bei dem in einem jungen prismatischen Zahn der »Tumor«, die Verschußplatte, erst im Entstehen ist. Wie soll da der sogenannte Tumor die Wurzeln erst auseinanderdrängen?

Weiter sagt GORJANOVIC-KRAMBERGER: »Da aber diese Neubildungen (Wurzeldeckel) im ursächlichen Zusammenhang mit der Prismenbildung stehen, so wäre bloß noch die Ursache, welche jene Prismenbildung des Wurzelabschnittes einleitete, festzustellen. Dies ist indessen nicht zu ermitteln; es dürften dabei wahrscheinlich mechanische, mit dem Kauakt in Zusammenhang stehende Faktoren im Spiele gewesen sein, welche diese anomalen Bildungen einleiteten.« Hier wird also wieder die Kautätigkeit als Faktor herangezogen! GORJANOVIC-KRAMBERGER schwankt, wie gesagt, in seiner Auffassung immer hin und her.

Eine Untersuchung der Nerveneintrittsstellen bei prismatischen Zähnen ist völlig unterlassen. Nach der Beschreibung erscheint für einige Fälle berechtigt, anzunehmen, daß der Nerven- und Gefäßzutritt für den prismatischen Zahn in der Mitte des sogenannten Deckels gelegen ist. Dies würde darauf hindeuten, daß die Innervierung des prismatischen Zahnes eine grundsätzlich verschiedene vom Wurzelzahn ist.

Nach meinen Darlegungen ist diesen Verhältnissen größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Leider bin ich nicht in der Lage, Untersuchungen anzustellen, da ich frisches Material nur aus dem pathologischen Institut erhalte, Prismenzähne erhielt ich bisher nicht.

Wir müssen daran festhalten, daß nur das Pulpagewebe des Zahnkeimes durch eine Massenproduktion, die nicht im Verhältnis zu den anderen, den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgeweben, steht, die prismatische Zahnform kausal veranlassen konnte; möglicherweise hat die Abänderung des Pulpagewebes ihre Ursache in Abänderung der Aufteilungshöhe der Nerven.

Da die Pulpahöhle bei allen einwandfreien Vertretern der Neandertalrasse außerordentlich groß ist, da ferner alle Übergänge vorkommen, die bis zur Prismenzahnbildung führen, so handelt es sich bei der Bildung um eine Spezialisierung, die bei verschiedenen Unterrassen verschieden weit vorgeschritten ist. Jedenfalls liegt eine physiologische Bildung vor.

Übereinstimmende Zahnformen beim rezenten Menschen (wirkliche Prismenzähne, nicht etwa Wurzelverschmelzung) — nur am Oberkiefer aufgefunden — bilden ein ungewöhnlich seltenes Vorkommnis. Diese Bildung könnte vielleicht auf pathologischer Grundlage, auf einer atypischen quantitativen Vergrößerung des Pulpagewebes beruhen. Solange keine Gelegenheit geboten ist, das Zellmaterial der Pulpahöhle eines prismatischen Zahnes zu untersuchen, ist eine Entscheidung der Frage unmöglich, ob pathologisches Geschehen oder eine zufällige individuelle Variation vorliegt. In Rechnung werden beide Möglichkeiten gestellt werden müssen. Die Verschlußplatte des Prismenzahnes selbst aber als pathologische Bildung anzusehen, entspricht durchaus nicht den wirklichen Verhältnissen; würde die Verschlußplatte sich nicht bilden, dann hätten wir ja einen dauernd wachsenden Zahn mit offener Pulpahöhle vor uns!

Als sicher erwiesen ist also anzunehmen, daß die prismatischen Wurzeln des Krapinamenschen eine Sonderbildung darstellen, was ADLOFF zuerst behauptete. Der Krapinamensch ist in dieser Richtung einseitig differenziert und muß nach diesem Merkmal als Vorfahre des rezenten Menschen ausscheiden.

Andererseits ist die zuerst von GORJANOVIC-KRAMBERGER geäußerte Auffassung als zutreffend zu erachten, daß die spezialisierte Zahnform des Krapinamenschen, der Prismenzahn, das Endergebnis einer Umwandlung der Zahnform darstellt, die in geringerem Grade allen Angehörigen der Neandertalrasse in Gestalt vergrößerter Pulpahöhlen zukommt und schon beim Unterkiefer von Mauer vorhanden ist.



Wollen wir wagen, stammesgeschichtliche Fragen zu untersuchen, so wäre zunächst erforderlich, Klarheit in die Frage zu bringen, welcher Zustand als ursprünglicher zu gelten hat, relativ kleine oder relativ große Pulpahöhlen. Diese Frage haben bisher die Forscher gar nicht diskutiert, weil sie ausnahmslos ohne weiteres der Ansicht sind, die relativ größeren Pulpahöhlen seien als »primitiv« zu betrachten.

Ich bringe einige Belege. »Es liegt auf der Hand, daß wir es bei dem Homo Heidelbergensis mit der Fortführung eines Merkmals zu tun haben, das heute für den Jugendzustand vom Europäer typisch ist. Damit soll nicht eine sekundäre Ausprägung eines infantilen Charakters behauptet werden, sondern die Persistenz eines sehr primitiven Charakters überhaupt, wie er in der Stammesgeschichte des Primatengebisses als notwendiges Durchgangsstadium angenommen werden muß.« (SCHOETENSACK.)

KLAATSCH sagt, daß das Gebiß des modernen Europäers »direkt, lediglich unter der Annahme einer gewissen Reduktion der Masse aller Zähne an das Fossil von Mauer angeschlossen werden kann«. — — »Die Hartsubstanzmasse ist nämlich an den Zähnen des Heidelberger Unterkiefers verhältnismäßig schwach entwickelt; die Pulpahöhle ist relativ weit. Man braucht lediglich eine Konzentration der Teile anzunehmen, um gleichsam nach dem Prinzip ökonomischer Kraft- und Raumersparnis die modernen Europäerzähne mit ihrer kleinen Pulpahöhle aus der Urform hervorgehen zu lassen.«

GORJANOVIC-KRAMBERGER meint, »die großen Pulpahöhlen der Molaren, insbesondere ihre vertikale Vergrößerung, bilden einen primitiven Charakter des Menschen, der mit dem H. Heidelbergensis beginnend (bisher so weit zurück festgestellt) bis zum rezenten Europäer reicht«. — — »Im H. Primigenius var. Spyensis aus Krapina fand das exzessive Längenwachstum des Wurzelkörpers, somit die Pulpahöhle ihr maximales Ausmaß, das zwar im selben Grade der Intensität auch beim Europäer, doch, wie es scheint, in einer geringeren Anzahl auftritt. Nichtsdestoweniger besteht diesbezüglich ein unverkennbarer genetischer Zusammenhang zwischen dem ältesten Vertreter des Menschen und dem rezenten Europäer. Doch mußte es schon im ältesten Diluvium eine ganz bestimmte Veranlassung gegeben haben, derzufolge es zu jener sprungweise erfolgten Vergrößerung der Pulpahöhle resp. der Prismenwurzelbildung kam, die wir auch hier und da beim rezenten Europäer noch wiederfinden.«

ADLOFF sagt: »Ebensowenig wie die Molaren des rezenten Europäers stimmen die des Homo Heidelbergensis mit den Mahlzähnen des Krapinamenschen überein. Das, worin sie einander gleich sind, die unverhältnismäßige Größe der Pulparäume, ist ein primitiver Charakter,



der allen diluvialen Rassen gemeinsam zugekommen sein wird.« ADLOFF kritisiert dann GORJANOVIC-KRAMBERGER. In einem Satz behauptete dieser, daß »die prismatische Wurzelbildung beim rezenten Europäer in einer geringeren Anzahl auftritt und daß es schon im ältesten Diluvium eine bestimmte Veranlassung gegeben haben muß, derzufolge es zu jener sprungweise erfolgten Vergrößerung der Pulpahöhle resp. der Prismenwurzelbildung kam« usw., im nächsten Satz jedoch fahre er fort: »da aber gelegentlich rasches Wachsen des Wurzelkörpers und damit eine im vertikalen Sinne erfolgte Vergrößerung des Pulparaumes vom ältesten Menschen bis auf heute nicht geleugnet werden kann, dasselbe aber einen gemeinsamen alten Charakterzug der Menschheit darstellt, so steht der sinkenden Prismenwurzelbildung des rezenten Menschen bloß das relativ häufige Auftreten dieser Bildungsweise beim Krapinamenschen als eine auffällige Tatsache gegenüber.« Damit gäbe GORJANOVIC-KRAMBERGER aber selbst zu, daß die soeben von ihm behauptete Vergrößerung des Pulparaumes vom ältesten Menschen bis auf heute in der Tat nicht eingetreten sei.

Die Auffassung, daß größere Pulpahöhlen als primitiv zu betrachten seien, ist also eine ganz allgemein verbreitete Ansicht!

Die meisten Autoren halten diese Auffassung für selbstverständlich und machen gar nicht den Versuch, sie zu begründen.

Nur SCHOETENSACK und ADLOFF gehen auf die Frage näher ein. Beide berufen sich auf das Milchgebiß des Menschen, dessen Molaren sehr große Pulpahöhlen besäßen. Das Milchgebiß habe schon des öfteren wertvolle Aufschlüsse in phylogenetischer Hinsicht geliefert. Das Milchgebiß ist von vielen Forschern mit anscheinendem Erfolg in dieser Richtung verwertet worden, doch sind auch sichere Ausnahmen bekannt. Die Auffassung SCHLOSSER's, daß das Milchgebiß auch »prophetisch« die Merkmale der spezialisierteren Nachkommen aufweisen kann, mahnt jedenfalls zur Vorsicht.

Es fragt sich nun, ob die Größe der Pulpahöhlen des Milchgebisses beweisen, daß große Pulpahöhlen als primitiv zu betrachten sind.

Wir wissen, daß die Odontoblasten die Fähigkeit der Dentinausscheidung so lange beibehalten, als sie lebensfähig sind (TRUBB)<sup>1</sup>; das gilt für Milchmolaren und für bleibende Molaren.

»Diese Fähigkeit der Pulpahöhle,« sagt ADLOFF, »die durch die Kautätigkeit verloren gegangene Dentinschicht durch Bildung neuen Zahnbeins zu kompensieren, muß als eine eminent wichtige funktionelle Anpassung betrachtet werden, denn nur so ist Gewähr geleistet, daß der Zahn bis zuletzt brauchbar bleibt. Es ist auch klar, daß sich diese Eigenschaft der Pulpa auch erst im Laufe der phylogenetischen Ent-

<sup>1</sup> Deutsch. Monatsschr. f. Zahnh. 1909.

wicklung herausgebildet hat, und es scheint, als ob dieselbe dem diluvialen Menschen noch nicht in demselben Grade zugekommen ist.« — »Wenn Dentinneubildungen während der Gebrauchsperiode nur eine Antwort ist auf Reize, die auf die Pulpa durch das Kaugeschäft übertragen werden, so ist auch bei den Milchzähnen ganz zweifellos die Bedingung für dauernde Zahnbeinproduktion vorhanden, finden wir doch auch Abnutzung bei diesen.«

Das Milchgebiß soll also die Fähigkeit der Dentinabscheidung nicht in demselben Grade erworben haben wie das bleibende Gebiß. Da ferner angenommen wird, die Größe der Pulpahöhle sei lediglich das Ergebnis größerer oder geringerer Produktion von Zahnbein, so würde man berechtigt sein, zu folgern, das Milchgebiß zeige eine frühere Entwicklungsstufe an, es repräsentiere einen primitiven Zustand.

Untersuchen wir zunächst, ob zwischen Funktion und Zahnbeinproduktion ein kausaler Zusammenhang besteht. Über die Beziehungen der Bildung von Ersatzdentin zur funktionellen Anpassung habe ich mich in meiner Arbeit über die Entstehung der Zahnform eingehend ausgesprochen. Ich kam zu dem Ergebnis, daß wir nur bei Zähnen mit offener Pulpahöhle, also bei den sogenannten dauernd wachsenden Zähnen möglicherweise eine Einwirkung der Funktion auf Zahnbeinbildung anzunehmen berechtigt sein dürften. Möglich ist, daß bei diesen Zähnen die Zellen, welche zur Bildung von Hartsubstanzen in Beziehung stehen, zu intensiverer Produktion, bezw. zu erhöhter Zellvermehrung, durch die Funktion angeregt werden. Bei Wurzelzähnen aber liegt die Pulpa so geschützt in den Hartsubstanzen, daß bei der federnden Aufhängung des Zahnes gewiß auf die Schicht der Odontoblasten durch mechanische Beanspruchung des Zahnes keine direkten Reize vermittelt werden können. Daß eine indirekte Übertragung<sup>1</sup> der Reize auf dem Umwege des Nervenzentrums statt hätte, ist nicht anzunehmen. Übrig bliebe also nur noch die Möglichkeit, daß der Reiz direkt bei der Abnutzung des Zahnes durch die freigelegten Zahnbeinkanälchen übertragen würde. Gegen alle diese als möglich angenommenen Wege der Übertragung der Reize spricht die Tatsache, daß die Ablagerung von Zahnbein ganz regelmäßig und dauernd erfolgt. Wäre ein Einfluß der Funktion vorhanden, so müßte sich nachweisen lassen, daß bei einem abgenutzten Zahn von dem Augenblick an, in dem die Zahnbeinschicht freigelegt ist, die Zahnbeinproduktion verstärkt auftritt, dieses ist aber nicht der Fall. Selbst bei Caries ist nicht nachweisbar, daß entsprechend dem Vorschreiten des Prozesses durch den Reiz an der entsprechenden Stelle eine Zunahme der Zahnbeinproduktion stattgefunden hat.

Ein Zusammenhang zwischen Funktion und Produktion von Zahnbeinsubstanz besteht also nicht, ein solcher Vorgang wird lediglich bei

<sup>1</sup> Vergleiche auch den „Zusatz während der Korrektur“ S. 547 u. 548.

oberflächlicher Betrachtung vorgetäuscht, weil die Odontoblasten dauernd Zahnbein produzieren, solange sie lebensfähig sind. (TRUEB.)

Die erworbene Fähigkeit vermehrter Zahnbeinproduktion ist also gewiß für die Dauerfähigkeit des Zahnes von eminenter Bedeutung, diese Fähigkeit ist aber nicht durch funktionelle Anpassung erworben, wie ADLOFF betont.

Das geht schon daraus hervor, daß z. B. im achten Lebensjahr der zweite Milchmolar etwa dreimal so lange funktioniert als der erste bleibende Molar, und doch ist die Dentinablagerung im ersten bleibenden Molar stärker, als im zweiten Milchmolar.

ADLOFF untersuchte auch die Pulpahöhlen bei rezenten »primitiven« Rassen und konnte nur nachweisen, daß bei diesen die Pulpahöhlen sich nicht in dem Maße verkleinerten, als die höhere Beanspruchung durch die Nahrungsqualität im Vergleiche mit Kulturrassen erwarten ließe, wenn die Annahme zurecht bestünde, daß die Funktion einen Einfluß auf die Abscheidung von Zahnbein besitzt.

Die Funktion hat also keinen Einfluß auf die quantitative Ablagerung von Zahnbein!

Soll der Beweis erbracht werden, daß größere Pulpahöhlen primitiver sind als kleine, daß die größeren Pulpahöhlen des Milchgebisses einen primitiven Zustand bezeichnen, so muß einwandfrei feststehen, daß die Differenz in der Größe der Pulpahöhlen bei Milchmolaren und bleibenden Molaren auf Steigerung bzw. Verminderung der gleichen Faktoren beruht; die kausale Entstehung der beiden Erscheinungen, welche zunächst nur für verschiedene Ausbildungen ein und desselben Zustandes gehalten werden können, darf nicht auf verschiedener Basis ruhen. Ließe sich das nachweisen oder nur wahrscheinlich machen, so dürfen genetische Schlußfolgerungen auf ihrer Grundlage nicht aufgebaut werden.

Größere und kleinere Pulpahöhlen können nun auf zwei Wegen entstanden gedacht werden.

Nehmen wir an, es handle sich um die Anlage gleichgroßer Zähne, so kann erstens die Schicht der Odontoblasten eine größere oder geringere Tendenz besitzen, Zahnbein zu produzieren. Die Ontogenese lehrt einwandfrei, daß während der Entwicklung des Zahnkeims sich die Schicht der Odontoblasten und entsprechend das Pulpagewebe gemeinsam nach allen Richtungen hin ausdehnen; nachdem der Zahnkeim aber die Größe des fertigen Zahnes erreicht hat, verkleinert sich die Pulpahöhle entsprechend der Ablagerung von Zahnbeinmassen, sie paßt sich dem Zurückweichen der Odontoblastenschicht nach dem Zentrum der Pulpahöhle hin an.

Hieraus könnte man folgern, daß die Größe der Pulpahöhle bestimmt wird lediglich durch das verschiedene Quantum sich bildenden Zahnbeins.

Dabei wird eine zweite Möglichkeit völlig übersehen, nämlich die, daß die spezifische Fähigkeit der Odontoblasten, Zahnbein zu liefern, in der Quantität der Produktion abhängig sein könnte von den Raumverhältnissen, welche die Pulpa den Odontoblasten zur Verfügung stellt. Beide Vorgänge, Ablagerung von Zahnbein und Verringerung der Pulpamasse, lassen sich voneinander abhängig denken; einseitig wäre, wollten wir, ohne gebührende Berücksichtigung der Tatsachen, den einen Faktor allein und in jedem Fall als dominierend hinstellen.

Wir neigen im allgemeinen dazu, dem Epithel eine treibende Kraft beim Geschehen zuzuschreiben, weil bei mikroskopischer Untersuchung der Organentwicklung die Vorgänge an den Epithelien stärker in die Augen fallen.

Bei den Zähnen sind wir nun in der Lage nachzuweisen, daß das Pulpagewebe einen Einfluß auf die Zahngestaltung und auf die quantitative Produktion von Zahnbein durch die Odontoblasten erwerben kann, daß die Tätigkeit der Pulpa sich nicht einfach der Tätigkeit der Odontoblasten unterordnet.

Den Beweis hierfür liefern uns z. B. die Zähne des Krapinamenschen.

Bei diesem ist die Entstehung der Prismenform der Wurzel der Molaren nur verständlich unter Annahme einer gesteigerten Wachstumstendenz des Pulpagewebes. Hier wird unter Ausdehnung des Pulpagewebes die Zahnhöhle vergrößert, entsprechend dem verschiedenen Grade der Ausdehnung wird die typische Abschlußverwachsung der Odontoblastenschicht am Grunde der Pulpahöhle (s. Taf. V, Fig. 6 u. 7) von der Krone abgedrängt, ja, die Pulpahöhle kann bis zur Wurzelspitze apikal vordringen und fast die ganze Länge des Zahnes einnehmen. Dabei wird der Schluß der Pulpahöhle durch eine Basalplatte bewerkstelligt, der Zahn besitzt also nur eine plumpe Wurzel. Von einer Wurzelpulpa kann man wohl sprechen, sie grenzt sich aber in dem Fall nicht von der Höhlenpulpa ab.

Die Abänderung der Form der Krapinazähne beweist also, daß Abänderung der Wachstumstendenz des Pulpagewebes selbständig und dominierend vorkommt.

Die mögliche Beteiligung dieses Faktors bei Vergrößerung der Pulpahöhle ist also keine leere Annahme mehr.

Anders verhält es sich mit der angenommenen anfänglich geringeren Produktionsfähigkeit der Odontoblasten als Faktor für das Vorhandensein großer Pulpahöhlen bei Milchzähnen und damit hypothetischerweise bei Zähnen phylogenetisch älterer Vertreter einer Gruppe. Hier wissen wir nur, daß die Fähigkeit zu einer stetigen Produktion von Zahnbein eine spezifische Erscheinung bei Odontoblasten ist, wir wissen auch, daß konstant die Ablagerung von Zahnbein in bestimmten

Abschnitten der Pulpahöhle stärker ist als an anderen. Gewiß ist anzunehmen, daß eine Steigerung und Verminderung der Produktionsfähigkeit der Odontoblasten in phylogenetischen Reihen eintreten kann, ebenso wie eine gesteigerte Vermehrungstendenz der Odontoblasten sicher zur Abänderung der Zahnform führt (Labyrinthodonten), und ebenso wie zweifellos eine Qualitätsänderung in dem Produkt der Zahnbeinzellen beim Plicidentin, Vasodentin und Osteodentin eingetreten ist. Im Einzelfall ist aber eine Entscheidung nicht möglich, ob die Steigerung oder Verminderung der Zahnbeinproduktion und damit die Vergrößerung oder Verkleinerung der Pulpahöhle primär von der Schicht der Odontoblasten ausging oder sich einer quantitativen Änderung des Pulpagewebes anpaßte.

Daher ist beim Milchzahn auch die Entscheidung nicht zu treffen, ob die weite Pulpahöhle auf geringerer Produktion von Zahnbein oder auf gesteigerter Wachstumstendenz der Pulpa beruht; im ersten Fall wäre die große Pulpahöhle primitiv, im zweiten Fall nicht.

Gleichgültig nun, worauf das Volumen der Pulpahöhle zurückzuführen ist, müßte für den Fall einer primitiv großen Pulpahöhle erwartet werden, daß auch an der Höhle der Milchzähne phylogenetisch eine Tendenz zur Verkleinerung sich zeigte. Denn das Milchgebiß ist, soweit uns das zur Verfügung stehende Material zu Schlüssen berechtigt, bei den Säugetieren ebenso alt wie die bleibenden Zähne. Soweit wir aber das Milchgebiß verfolgen, ergibt sich für alle Tiere übereinstimmend, daß die Pulpahöhle im gleichen Verhältnis größer ist, als die der bleibenden Zähne. Auch bei den Beuteltieren zeigt sich am einzigen Zahn, der gewechselt wird, dem dritten Prämolare, das gleiche Verhältnis.

Warum die Milchzähne allein im Laufe der Stammesgeschichte unverändert geblieben sein sollten, ist nicht einzusehen.

Verständlich wäre, wenn die Milchzähne in der aufsteigenden Tierreihe stets im Verhältnis »primitiver« wären; ein gleichmäßiges Primitivbleiben in der ganzen Linie läßt sich aber mit dem Werdegang nicht vereinigen. Da ist doch wahrscheinlicher, daß die Größe der Pulpahöhlen des Milchgebisses vielleicht von besonderen Faktoren abhängt, die noch zu erforschen sind.

Die großen Pulpahöhlen der Milchzähne dürfen jedenfalls nicht ohne weiteres als primitiv betrachtet werden, sie scheiden also bei der Erörterung der Frage, ob große oder kleine Pulpahöhlen der Molaren primitiv sind, aus. Mit der Verwertung der Merkmale der Milchzähne als »primitive« muß man überhaupt sehr vorsichtig sein. Ich erinnere nur an den Carabellischen Höcker (Fig. 25), der zweifellos einen Neuerwerb darstellt und doch beim zweiten Milchmolar sehr viel öfter angetroffen wird als beim ersten bleibenden Molar.

Die wesentliche Stütze für die Behauptung, große Pulpahöhlen seien primitiv, liegt also schließlich in der Tatsache, daß gewisse ausgestorbene Menschenrassen (*Homo Heidelbergensis* und Vertreter der Neandertalrasse) große Pulpahöhlen aufweisen.

Die Zahnformen des Krapina-Menschen zeigen aber deutlich, daß hier eine Vergrößerung der Pulpahöhle vorliegt, die erst sekundär auf Grund einer Steigerung der Wachstumstendenz des Pulpagewebes entstanden ist.

Für die Auffassung, daß kleine Zahnhöhlen primitiver sind als große, kann noch angeführt werden, daß alle Affen kleine Pulpahöhlen besitzen. Auch die Pulpahöhlen der Carnivoren, deren Zähne im allgemeinen betrachtet, so gerne als primitiv hingestellt werden, sind klein.

Gehen wir weiter zurück auf die Reptilien, so sehen wir, daß sie keinen Vergleich zulassen, weil der Reptilienzahn einseitig differenziert ist, bei ihm hat sich eine weite Pulpahöhle gebildet, welche in Beziehung zum Zahnwechsel getreten ist. Die Zahnkeime der Ersatzzähne liegen an der Basis der funktionierenden Zähne, die Zahnreihen stecken ineinander wie zusammengesteckte Düten.

Auch die ausgestorbenen bezahnten Vögel zeigen weite Pulpahöhlen mit Ersatzzähnen im Basalteil der Pulpa. Die Pulpahöhle der funktionierenden Zähne ist aber bei diesen Tieren zunächst klein, sie erweitert sich erst sekundär unter Resorption beim Vorwachsen des Ersatzzahnes!

Wir werden daher bei Reptilien und Vögeln die große Pulpahöhle als erworben ansehen oder doch behaupten müssen, daß die Reptilien eine Entscheidung der Frage, ob große oder kleine Pulpahöhlen primitiv sind, nicht zulassen, gewiß aber nicht beweisen, die großen Pulpahöhlen seien primitiv.

Untersuchen wir die Fische nach dieser Richtung hin, so sehen wir, daß diese ältesten Vertreter der Wirbeltiere zu einer derartigen Spezialisierung gelangten, daß auch hier in der Frage, ob große oder kleine Pulpahöhlen primitiv sind, keine direkten Schlußfolgerungen möglich sind.

Sehen wir schon bei den Reptilien (*Varanus*) und Amphibien (Labyrinthodonten) Komplizierungen der Pulpahöhle durch Faltung der Odontoblastenschicht entstehen (Plicidentin) — dies tritt uns auch bei Fischen (Ganoiden) entgegen —, so verwickelt sich bei den Fischen die Sachlage noch durch das Auftreten des sogenannten Vasodentins (auch bei Edentaten vorhanden) und des Osteodentins. Interessant ist daß bei Spariden alle Arten von Zahnbein an einem Zahn entstehen; bei *Sargus ovis* bildet sich am freien Ende der Pulpahöhle echtes Dentin (feinröhrig, gefäßlos, von Odontoblasten ausgehend), dann folgt

ein Abschnitt, der aus Vasodentin besteht (ohne Dentinröhrchen, von Kapillaren durchsetzt und von Odontoblasten gebildet); der basale Abschnitt des Zahnes besteht aus Osteodentin (durch Verkalkung des Pulpagewebes ohne Beteiligung der Odontoblasten gebildet).

Diese Komplikationen erweisen, daß bei den Fischen die Zähne sich stärker spezialisiert haben als bei irgend einer anderen Klasse der Wirbeltiere. Wichtig ist, daß uns die Reihenfolge der Lage der verschiedenen Hartsubstanzen an einem Zahn (Spariden, Pleuronectiden) einen Hinweis darauf gibt, daß das echte Dentin, das stets an der Spitze des Zahnes gefunden wird (soweit es sich überhaupt bei diesen Tieren erhielt), das älteste verkalkte Gewebe des Zahnes repräsentiert. Auch ROESE ist auf Grund paläontologischer Erwägungen bei Fischen zu dieser Auffassung gelangt.

Wenn uns also die Untersuchungen an Fischen über die Größenverhältnisse der Pulpahöhlen keinen direkten Aufschluß in der Frage geben können, ob große oder kleine Pulpahöhlen als ursprünglich zu betrachten sind, so geht doch aus dem Zahn der Fische soviel hervor, daß bei ihnen diejenige Konsolidierungsform als ursprünglich zu betrachten ist, die der Mensch besitzt.

Ist demnach die Hartsubstanz des menschlichen Zahnes als primitiv zu betrachten, so wird auch seine Zahnform im allgemeinen primitiv sein.

Wir finden hier also eine indirekte Bestätigung unserer Auffassung, daß die Zahnformen des rezenten Menschen primitiv und erst in Umwandlung aus dem trituberkulären Stadium stehen. Ist dem aber so, dann werden wir auch die kleineren Pulpahöhlen des rezenten und einiger diluvialer Menschen als ursprünglicher betrachten, die größeren Pulpahöhlen einiger ausgestorbener diluvialer Rassen dagegen als Spezialisierung.

Schließlich sei in der Frage, ob große oder kleine Pulpahöhlen primitiv sind, noch auf die wichtige Tatsache hingewiesen, daß große Pulpahöhlen bei einzelnen Tiergruppen mit aller Bestimmtheit als erworben betrachtet werden müssen. Ich meine die Zähne, bei denen sekundär durch Abänderung der Wachstumstendenz des Pulpagewebes unter gleichzeitiger Vergrößerung der hartsubstanzenbildenden Schichten des Zahnes aus einem kleineren Wurzelzahn ein großer Zahn mit dauerndem Wachstum entstand. Wenn z. B. aus dem brachyodonten Wurzelzahn der Vorfahren der Pferde ein prismatischer Zahn entstand, so ist dieses zweifellos eine sekundäre Bildung.

Der Ausdruck »dauernd wachsend« gibt übrigens für viele Zähne eine falsche Vorstellung. Tatsächlich ist bei den meisten dauernd wachsenden Molaren, z. B. bei allen hypselodonten Zähnen die Wurzelbildung in der Ontogenese nur zeitlich hinausgeschoben, weil der Zahn



unter abgeänderter Wachstumstendenz seiner Bestandteile einer längeren Entwicklungszeit bedarf. Bei diesen Zähnen ist die Pulpahöhle also sekundär vergrößert.

Wir gelangen somit zu dem Ergebnis, daß Vieles dafür spricht, größere Pulpahöhlen als sekundäre Bildungen anzusehen, kleinere Pulpahöhlen dagegen als primitiv zu betrachten. Solange nicht der Beweis erbracht wird, daß es sich umgekehrt verhält, werden wir die Besitzer großer Pulpahöhlen für spezialisiert erachten.

Im europäischen Diluvium existierten zwei Rassengruppen, welche außer durch eine Reihe anderer Merkmale sich durch die verschiedene Größe der Pulpahöhlen unterschieden. Unter der Gruppe von Menschenrassen, welche sekundär abgeänderte Pulpahöhlen besaß, konnten sich auch andere Spezialisierungen entwickeln, z. B. die Kronenrunzlung. In einer Unterrasse kann dieses, in der anderen jenes, in einer dritten ein drittes Merkmal auftreten und in verschiedenem Grade ausgebildet werden; auch eine Kombination ist möglich.

Der bei weitem älteste menschliche Vertreter, der Heidelberger, besitzt als einzige Abweichung vom rezenten Menschen im Gebiß vergrößerte Pulpahöhlen. Er ist demnach beurteilt nur nach den Zähnen, weniger spezialisiert als der Neandertaler, aber spezialisierter als der rezente Mensch.

### III. Die Prämolaren, Eckzähne und Schneidezähne.

Die Prämolaren einiger fossiler Menschen weichen in der Form der Krone in ähnlicher Weise wie die Molaren von den Prämolaren anderer ausgestorbener diluvialer Menschen und vom rezenten Menschen ab (Kronenrunzlung). Die Differenzen sind nicht immer so ausgesprochen wie an den Molaren, stehen aber nicht im Gegensatz zu den Ergebnissen an Molaren, so daß sich eine gesonderte Besprechung erübrigt.

Zwischen den Menschenaffen und dem Menschen besteht in der Form des ersten unteren Prämolaren ein Unterschied, der unmittelbar gestattet, einen Unterkiefer dem Menschen oder dem Menschenaffen zuzuweisen; bei allen Menschenaffen besitzt der unterste erste Prämolar nur einen Höcker, höchstens noch eine Andeutung eines zweiten. In der Literatur wird diese Erscheinung als Neuerwerb beim Menschenaffen angesehen; diese Beurteilung steht nicht im Gegensatz zu der Auffassung, daß die Menschenaffen sekundär weiter umgebildet sind, als der Mensch.



Die Eckzähne bieten bei rezenten und prähistorischen Menschen keine durchgreifenden Unterschiede. Für das Tuberculum der Eckzähne gilt das bei dem Tuberculum der Schneidezähne zu Erörternde, ich verweise daher darauf.

Die alte Auffassung einer Affenabstammung des Menschen erwartete bei seinen Vorfahren große Eckzähne, die sich allmählich verkleinert hätten. Man betonte die Schwankung in der Größe der Eckzähne bei den Affen, andererseits glaubte man feststellen zu können, daß die Australier sich durch sehr lange Eckzähne auszeichnen und verglich sie mit denen des Orang.

SELENKA erklärte die großen Eckzähne des Affen für eine sekundär erworbene Bildung. Die aufgefundenen fossilen Menschen zerstörten die Hoffnung, bei Vorfahren des Menschen größere Eckzähne aufzufinden, und es ist ein zweifelloses Verdienst KLAATSCH's, für den Menschen energisch betont zu haben, daß er in einer Reihe von Merkmalen ursprünglicher sei als die lebenden und die bekannt gewordenen fossilen Vertreter der Menschenaffen; die Vorfahrenrolle der Affen sei gründlich ausgespielt.

Die Schneidezähne lassen bei Menschen und Tieren eine viel größere Übereinstimmung im allgemeinen Bauplan erkennen als die übrigen Zähne des Gebisses.

Dies ist erklärlich schon aus dem Grunde, weil die mechanischen Verhältnisse im vorderen Alveolarabschnitt des Kiefers unbeeinflusst bleiben von trajektorischen Knochenmassen, welche von den Kaumuskeln direkt und von ihnen indirekt durch Biegung des Kiefers beim Kauen erzeugt werden. Im Beginn der Entstehung der Säugtiere (in meiner Periode II der phylogenetischen Zahnentwicklung) wurden daher die mechanischen Bedingungen für die Entwicklung der Schneidezähne am wenigsten geändert, sie behielten die ursprüngliche Gestalt am reinsten bei. Abänderung der Zahnform auf mechanischer Grundlage in begrenzterem Maße als bei anderen Zähnen sind an Schneidezähnen in Beziehung zu der mehr oder minder ausgebildeten alveolären Prognathie zu bringen. Hierher gehört z. B. die mehr oder weniger ausgesprochene Konvergenz der Seitenkanten der Schneidezähne.

Andere Abänderungen der Schneidezähne sind wie bei allen Zähnen auf Variation in der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe zurückzuführen (Periode III der phylogenetischen Zahnentwicklung). Hierzu gehört unter anderem die Bildung eines Tuberculum an der lingualen Seite der Schneidezähne.

An den Schneidezähnen der Krapina-Menschen war man zuerst auf diese Bildung aufmerksam geworden. Sie trat individuell ver-

schieden stark entwickelt auf, aber mit einer derartigen Häufigkeit, daß man Schneidezähne mit Tuberculum zweifellos als den Normaltyp des Krapina-Menschen ansehen muß.

ADLOFF sah hierin zunächst den »Ausdruck einer besonderen Differenzierung, die der Homo sapiens wohl nie besessen hat«. Nachdem von GORJANOVIČ-KRAMBERGER der Nachweis erbracht wurde, daß entsprechende Bildungen, wenn auch nicht so oft, beim rezenten Menschen vorkommen, drückt sich ADLOFF etwas vorsichtiger aus. Derartiges, meint er, käme beim rezenten Menschen vor, aber schwach, in gleicher Art des Bauplanes, nicht als Rest einer primitiven Bildung. »Ich glaube daher,« sagt ADLOFF, »daß schon diese besondere Gestaltung der Incisiven des Homo primigenius Krapinensis als Zeichen einer höheren Komplizierung aufgefaßt werden muß.«

Das Tuberculum ist also nach ADLOFF ein Neuerwerb, der beim Krapina-Menschen in höherem Grade ausgebildet wurde als beim rezenten Menschen. Der Krapina-Mensch habe sich durch diese Bildung immer weiter vom ursprünglichen Typus entfernt, ein Grund sei daher nicht vorhanden, aus dem gemeinsamen Vorkommen der Erscheinung bei beiden Rassen einen Beweis für einen direkten genetischen Zusammenhang zu konstruieren.

ADLOFF hält es für unwahrscheinlich, doch läßt er die Möglichkeit offen, »daß die heutigen Schneidezähne durch allmähliche Rückbildung aus den Incisiven der altdiluvialen Menschen entstanden sind«.

GORJANOVIČ-KRAMBERGER ist der Ansicht, daß das gemeinsame Vorkommen des Tuberculum an den Schneidezähnen bei dem rezenten Menschen und bei ausgestorbenen diluvialen Rassen für die unmittelbare Abstammung des rezenten vom diluvialen Menschen spreche.

Zu dieser Frage ist hervorzuheben, daß nicht nur der Krapina-Mensch, sondern auch der Homo Moustériensis Hauseri diese Bildung besitzt, ebenso auch der Unterkiefer von Mauer. Überall variiert die Stärke der Bildung sehr.

Die folgenden Angaben über den Unterkiefer sind SCHOETENSACK entnommen.

Der rechte mittlere Schneidezahn zeigt »einen eben angedeuteten Schmelzwulst«. Der entsprechende linke ist in der Zungenfläche »derjenigen des rechten mittleren Schneidezahnes sehr ähnlich«. Der rechte äußere Schneidezahn »zeigt ähnlich wie der rechte innere einen Basalwulst, der sich gegen die Schneide in der Weise abdacht, daß in der Mittellinie eine Erhebung bestehen bleibt«. Beim äußeren linken Schneidezahn weist die Zungenfläche »unten eine deutliche Schmelzerhebung und nach oben verschiedene Grübchen und Leisten auf, die den Eindruck der Schmelzhyperplasie machen«.

Die Schneidezähne des Unterkiefers des Moustérien-Menschen sind außerordentlich ähnlich denen des Unterkiefers von Mauer. Die oberen Schneidezähne besitzen neben stark ausgebildetem Tuberculum, das an den äußeren Schneidezähnen am stärksten hervortritt, die Eigentümlichkeit, daß an den äußeren Schneidezähnen labial vom Tuberculum eine nadelstichartige Einziehung sich vorfindet (Taf. V, Fig. 10).

Die kräftige Ausbildung des Tuberculum der Schneidezähne ist eine Eigentümlichkeit der Vertreter der Neandertalrasse und des *Homo Heidelbergensis*. In gleichem Maße ausgesprochen kommt dieses Merkmal bei anderen diluvialen Rassen nicht vor; bei einigen rezenten Rassen (Australiern), kann das Merkmal individuell stärker auftreten, doch sehr selten.

In den mit ADLOFF einsetzenden, soeben kurz zitierten Erörterungen über die Bedeutung dieses Merkmals sind nicht alle Möglichkeiten berücksichtigt.

Folgende Wege der Entstehung des Tuberculum sind zu diskutieren.

1. Man könnte annehmen, daß die komplizierte Schneidezahnform ein alter Besitz der Menschheit sei, der schon sehr frühzeitig an der Wurzel des Säugetierstammes erworben wurde und allgemeine Verbreitung beim Menschen besaß. Dann erst hätte das Tuberculum der Schneidezähne begonnen, sich allmählich zurückzubilden. *Homo Heidelbergensis*, *Homo Neandertalensis* und *Homo recens* seien auf uns überkommene Verwandtschaftsstufen, welche die verschiedenen Grade der Rückbildung darlegten.

Hiergegen muß eingewandt werden, daß *Homo Heidelbergensis*, *Homo Moustériensis* und der Krapina-Mensch das Tuberculum einerseits zu gleichartig ausgebildet besitzen, als daß von einer stufenweisen Rückbildung gesprochen werden dürfte. Andererseits ist bei einigen Vertretern der Neandertalrasse das Merkmal viel ausgesprochener als beim Menschen von Mauer; der Moustérien-Mensch ist in dem Merkmal sogar ganz besonders spezialisiert.

Bei dieser Annahme müßte ferner erwartet werden, daß vom Neandertaler zum rezenten Menschen eine allmähliche Abnahme des Tuberculum deutlich zutage träte, zumal in dieser Zeit nicht von Materialmangel gesprochen werden kann.

Dies ist aber nicht der Fall. Im Gegenteil, im Diluvium schon treten uns zwei Gebißformen entgegen: während auf der einen Seite der Neandertaler durchgehend Höckerkomplizierung der Schneidezähne aufweist, haben andere diluviale Rassen diese Bildung in der Variationsbreite des rezenten Menschen.

Die für eine allmähliche Rückbildung zu postulierenden Übergänge sind also weder in der wünschenswerten Abstufung noch in der zu verlangenden Reihenfolge vorhanden, obwohl Material nicht fehlt.

2. Die Annahme, daß nach vollendeter Rückbildung des Tuberculum, also bei hypothetischer Anerkennung des soeben besprochenen Entwicklungsmodus. bei Homo recens neuerdings zum zweiten Male eine derartige Bildung im Entstehen begriffen sei, wodurch das seltene Vorkommen der Tuberculumbildung erklärt werde, ist völlig von der Hand zu weisen. Diese Auffassung würde gegen das DOLLO'sche Gesetz verstoßen, nach dem ein im Laufe der Stammesgeschichte verkümmertes oder gänzlich verschwundenes Organ niemals wiederkehrt.

3. Ferner könnte angenommen werden, daß das im Laufe der Stammesgeschichte gebildete Tuberculum der Schneidezähne sich allmählich zurückgebildet habe und daß beim rezenten Menschen in einzelnen Fällen ein Tuberculum als Rückschlagserscheinung auftritt.

Diese Auffassung könnte viel für sich haben, wenn die Voraussetzung der allmählichen Rückbildung zurechtbestünde (angenommener Fall 1), wenn also erwiesen oder auch nur wahrscheinlich wäre, daß die Vorfahren das Tuberculum besessen hätten. Diese Annahme stützt sich aber nur darauf, daß man den Neandertaler und den Heidelberger Menschen auf Grund des geologischen Alters als Vorfahren ansieht. Sie könnte sich daher in jedem Augenblick durch neue Funde als unzutreffend ergeben.

Wenn die Kronenrunzlung der Molaren beim Neandertaler, die auch beim rezenten Menschen individuell auftritt, sicher keine atavistische Erscheinung sein kann (s. S. 490), so dürfte das Auftreten eines Tuberculum beim rezenten Menschen ebenfalls als Rückschlagserscheinung ausscheiden.

4. Weiter wäre zu erörtern, ob eine Urbastardierung stattgefunden haben könnte zwischen Rassen, welche ein Tuberculum erworben hatten, und primitiven Rassen, die ein Tuberculum noch nicht besaßen, oder solchen, die es schon durch Reduktion verloren hatten.

In diesem Falle könnte das individuelle Auftreten des Tuberculum beim rezenten Menschen und bei einigen diluvialen Rassen als Mendeln infolge Urbastardierung angesehen werden.

KLAATSCH sagt bei der Vergleichung des Aurignac-Menschen mit dem Neandertaltypus, die Entwicklung des einen aus dem anderen sei bei der Verschiedenheit sehr schwer vorstellbar, »wohl aber scheinen sich beide Typen gemischt zu haben«. Mit dieser Möglichkeit ist gewiß zu rechnen, doch läßt sich an dem geringen vorliegenden Material und beim Mangel an Untersuchungen über Vererbung der Merkmale beim rezenten Menschen nicht entscheiden, ob und inwieweit diesem Faktor eine Bedeutung zukommt.

Da wir nun nicht annehmen können, daß Rückschläge infolge von Urbastardierung nur auf die Zahnform sich beschränkt haben werden, z. B. nicht ein einziger Fall bekannt ist, indem die charak-

teristische Kieferform des Neandertalers oder des Heidelberger Menschen beim rezenten Menschen in voller Ausprägung wieder aufgetreten wäre, so dürfte doch sehr zweifelhaft sein, ob man berechtigt ist, beim Tuberculum der Schneidezähne diesem Faktor eine Bedeutung zuzuerkennen.

5. Endlich besteht eine weitere Möglichkeit für die Entstehung des Tuberculum der Schneidezähne darin, daß man von der einfachen Form des Schneidezahnes als der primitiven auch beim Menschen ausgeht, und annimmt, diese habe zu variieren begonnen unter Abänderung der Wachstumstendenz der den Zahnkeim zusammensetzenden Grundgewebe. Bei einigen Gruppen von Menschen sei das Merkmal erblich aufgetreten und habe als Mutation zur Bildung von Unterrassen geführt, die übrigen bis zum rezenten Menschen zeigten das Merkmal noch als individuelle nicht erbliche Variation.

Für diese Auffassung spricht die Tatsache, daß vom Diluvium bis heute von einer Steigerung des Merkmals nichts nachzuweisen ist. Bei einzelnen rezenten Rassen kann oder konnte das Merkmal noch als Mutation auftreten. Untersuchungen, z. B. bei Australiern, klären vielleicht die Frage.

Das Tuberculum der Schneidezähne stellt letztlich zweifellos eine Spezialisierung dar.

Wir werden auf Grund unserer Erörterungen das Tuberculum beim Homo Heidelbergensis und beim Neandertaler als eine Sonderbildung betrachten müssen, die sie vom Stammbaum des Menschen entfernte. Sie scheiden daher nach diesem Merkmal beurteilt als Vorfahren des rezenten Menschen aus, denn der rezente Mensch ist primitiver als sie.

Ich stimme mit der Beurteilung des Krapina-Menschen durch ADLOFF völlig überein, erweitere aber das für den Krapina-Menschen geltende auch auf die übrigen Vertreter der Neandertalrasse und auf den Homo Heidelbergensis.

WALKOFF bemerkt zu den mächtigen konischen Basalhöckern der Schneidezähne des Krapinamenschen, die durch Längsrinnen in Unterabteilungen zerfallen, »offenbar liegen hier gewaltige Verstärkungsleisten vor, welche den gewaltigen Kaudruck, dem diese Zähne ausgesetzt waren, auffingen«.

Zieht man zum Vergleich Tiere heran, die keine »Verstärkungsleisten« besitzen, und beachtet bei diesen den mutmaßlichen Kaudruck, so ergibt sich, daß dieser Faktor bei der Entstehung des Höckers an Schneidezähnen keine Rolle spielen kann, ganz abgesehen davon, daß nach meinen eingangs gegebenen Darlegungen, eine funktionelle Anpassung als Faktor nicht in Betracht gezogen werden darf, weil der Zahn in der Funktionsperiode nicht mehr reaktionsfähig im Sinne der funktionellen Anpassung ist, da der Schmelz keine Zellen mehr besitzt.

#### IV. Schlußfolgerungen.

Versuchen wir zum Schluß auf Grund der in den vorangegangenen Erörterungen hervorgehobenen wichtigsten Merkmale des Zahnsystems verwandtschaftliche Beziehungen unter den uns bekannt gewordenen Menschenrassen klarzulegen.

Als primitive Zahnformen haben wir zu betrachten:

1. Schneidezähne ohne Tuberculum oder mit geringer Tuberculumbildung, gegenüber Schneidezähnen mit ausgesprochener Ausbildung des Tuberculum.

2. Molaren mit reiner Höckerbildung gegenüber Molaren mit Kronenrunzlung.

3. Molaren des Oberkiefers mit drei Höckern gegenüber Molaren mit vier Höckern.

4. Molaren des Unterkiefers mit vier Höckern gegenüber Molaren mit fünf Höckern.

5. sind alle Zähne mit kleiner Pulpahöhle primitiv gegenüber Zähnen mit Prismenbildung der Wurzeln, d. i. Vermehrung der Wachstumstendenz der Pulpa in allen Übergängen bis zu einer Vergrößerung der Pulpahöhle, welche der Gesamtlänge des Zahnes nahezu gleichkommt.

Um eine bessere Übersicht zu ermöglichen, stelle ich diese Hauptmerkmale in eine Tabelle zusammen.

Unter dem Namen Homo Neandertalensis sollen alle Neandertaler zusammengefaßt sein, die keine so extreme Neigung zur Prismenwurzelbildung besitzen wie der Krapina-Mensch. Zu Homo recens sollen alle rezenten Rassen und die diluvialen Rassen gerechnet sein, die nicht zum Typus des Neandertalers gehören.

	Schneidezähne	Kronenrunzlung	Höckerzahl	Pulpahöhle
Homo Heidelbergensis	spez.	prim.	spez.	spez.
Homo Krapinensis	spez.	spez.	prim (M. sup.)	stark spez.
Homo Neandertalensis	spez.	spez.	spez.	spez.
Homo recens	prim.	prim.	prim.	prim.

Der rezente Mensch ist also gegenüber dem Homo Heidelbergensis primitiv in der Form der Schneidezähne und der Pulpahöhle sowie in der Zahl der Molarenhöcker.

Dem Homo Neandertalensis gegenüber ist der rezente Mensch in allen Merkmalen primitiver.

Dem Homo Krapinensis gegenüber ist der rezente Mensch primitiv in der Form der Schneidezähne, in der Kronenrunzlung und in der Größe der Pulpahöhle, dagegen ist der Krapina-Mensch primitiver in der Zahl der Höcker an den oberen Molaren.

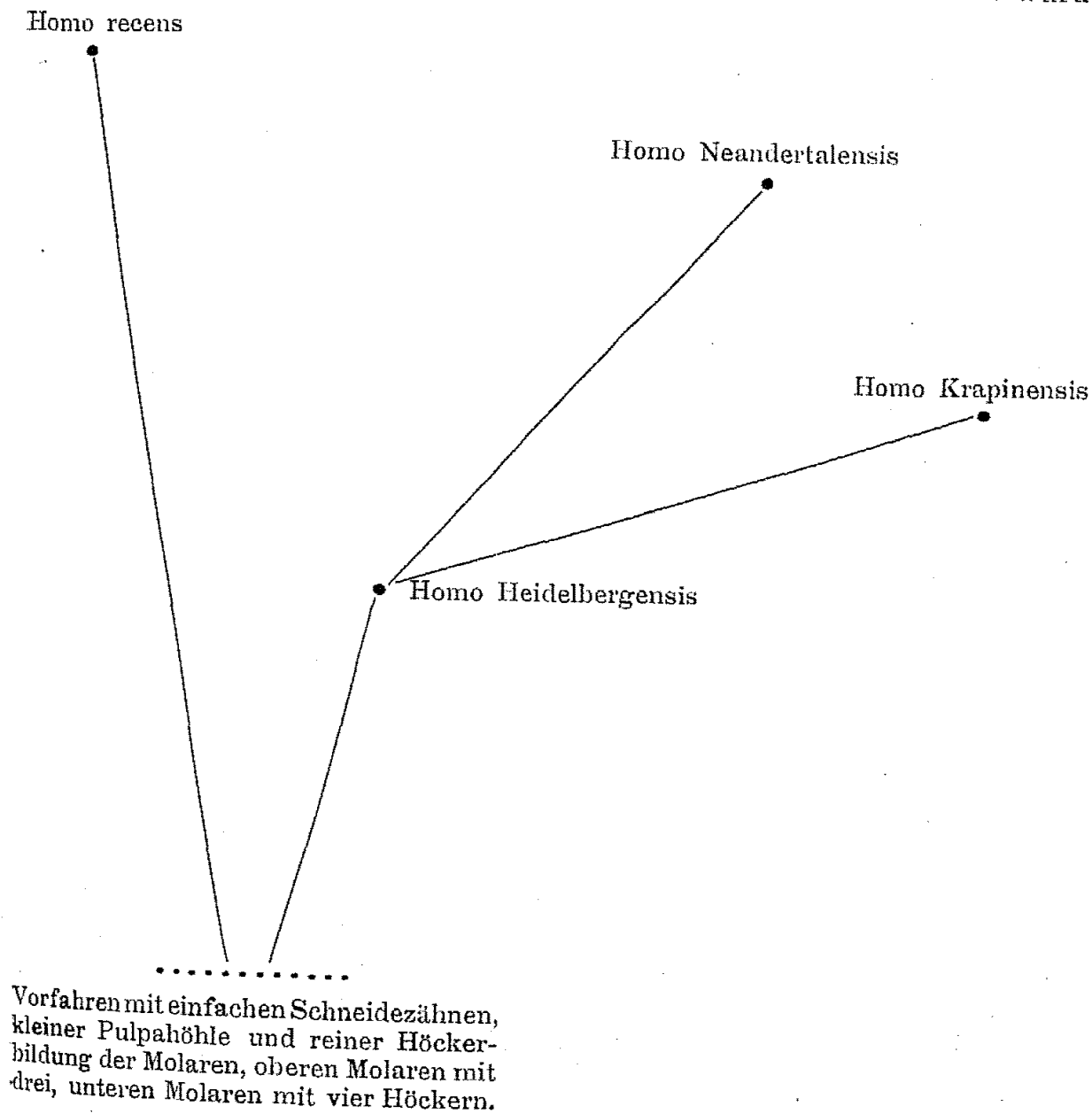
Homo Krapinensis kann nicht der Vorfahr von Homo Neandertalensis sein, da er spezialisierter in der Größe der Pulpahöhlen ist (Prismenwurzel-

bildung). Dabei zeigt er, trotz starker Kronenrunzlung, in der Höckerzahl der oberen Molaren ein primitiveres Verhalten als der rezente Mensch.

Möglich ist, daß ein dem Homo Heidelbergensis zugehöriger Oberkieferfund dartäte, daß er im Oberkiefer die vierhöckrige Molarform in stärkerem Maße schon erworben hatte, als der Krapina-Mensch: dann wäre dieser nach der Zahnform vor dem Heidelberger vom Stammbaum abzuzweigen.

Der Heidelberger Mensch ist gegenüber dem Neandertaler primitiv dadurch, daß er sich die reine Höckerbildung der Molaren ohne Kronenrunzlung bewahrte. Der Heidelberger könnte daher wohl der Vorfahre des Neandertal-Menschen sein.

Im folgenden Stammbaum, der nur mit Rücksicht auf die Zahnform aufgestellt ist, bringe ich ihn auch als solchen zur Darstellung, bemerke aber, daß er bei Berücksichtigung aller Merkmale seinen Platz ändern würde.



Der rezente Mensch reicht unmittelbar auf Vorfahren zurück, die älter sein müssen als das Heidelberger Fossil, das in der Größe der Pulpahöhlen, in der Höckerzahl der Molaren und in der Form der Schneidezähne spezialisierter ist als der rezente Mensch.

Der rezente Mensch ist nach links abweichend eingezeichnet, weil er z. B. in der Bildung des CARABELLI'schen Höckers eine Sonderbildung aufweist; eine analoge Bildung habe ich unter den Affen nur bei *Chrysothrix* aufgefunden.

*Homo Heidelbergensis* lasse ich nach rechts abweichen, unter Berücksichtigung der Spezialisierung der Pulpahöhle.

*Homo Neandertalensis* steht noch weiter rechts, da die Kronenrunzlung ihn weiter abweichen ließ; am weitesten nach rechts kommt *Homo Krapinensis* wegen der extrem vergrößerten Pulpahöhlen zu stehen. Die Höhendifferenz soll die zeitlichen Unterschiede anzeigen.

Zu erwarten steht, daß die Erdrinde, die bisher nur auf beschränktem Gebiet Material für wissenschaftliche Verwertung liefern konnte, uns die Beweise dafür zutage fördern wird, daß der rezente Mensch im Stammbaum weiter zurückreicht, als auf die bekannt gewordenen diluvialen menschlichen Reste, die sich von ihm wesentlich unterscheiden.

Die Tatsache, daß in Europa die ältesten geologischen Funde von fossilen Menschen keine Vorfahren des rezenten Menschen, sondern spezialisiertere Menschen zutage förderten, deutet an, daß die Vorfahren des rezenten Menschen wohl in einer anderen Gegend der Erde zu suchen sind.

Solange nicht geklärt war, daß die Merkmale des rezenten Menschen primitivere sind, als die mancher fossiler europäischer Menschen, war verständlich, daß man lediglich auf das Alter sich stützte und diese mit jenen genetisch in Zusammenhang brachte, — das geologische Alter allein beweist aber natürlich gar nichts.

Zum Schluß möchte ich noch der Auffassung gegenüber treten, daß der »Kulturmensch« gegenüber rezenten und diluvialen sogenannten »primitiven« Menschen eine Sonderstellung einnähme.

Diese Auffassung führte zu sehr sonderbaren Ansichten, so sagt ADLOFF, daß das Gebiß eines altdiluvialen Menschen »nicht ohne weiteres mit den degenerierten Kauwerkzeugen irgend eines beliebigen Kultureuropäers verglichen werden darf«.

Auf welchem Wege soll die »Kultur« einen derartig degenerierenden Einfluß auf das Gebiß erlangt haben?

Vorstellbar ist, daß bei der reichlichen und regelmäßigen Zufuhr von Nahrung beim Kulturmenschen und seinen Haustieren die



Gelegenheit zu Zersetzungsprozessen der Speisereste, welche zwischen den Zähnen und in Oberflächenvertiefungen der Krone verbleiben, häufiger gegeben ist, als bei wild lebenden menschlichen Horden und bei wilden Tieren. Hierdurch können pathologische Vorgänge gefördert werden. Die Caries ist ja auch bei wild lebenden Tieren eine seltenere Erscheinung, wengleich schon bei Mastoden (Anat. Anz. 1908, S. 305) nachgewiesen.

Begünstigung pathologischer Vorgänge durch die Kultur wäre also zuzugeben.

Die Kultur kann aber eine grundsätzliche Abänderung der Zahnform nicht bedingen, die allein uns veranlassen könnte, die Zähne des Kulturmenschen nur mit »Vorsicht« bei der Erforschung stammesgeschichtlicher Beziehungen zu verwerten. Eine Abänderung der Zahnform kann die Kultur nicht bewirken, weil der fertige Zahn nicht mehr imstande ist auf Reize zu reagieren, welche Abänderung der Kronenform nach der Auffassung mancher Forscher bewirken sollen: der Schmelz kann keine Reize aufnehmen und nicht darauf antworten, weil er keine Zellen mehr besitzt; an Zellen ist aber eine derartige Reaktion gebunden.

Der Zahn des Kulturmenschen nimmt in seinen Formverhältnissen keine Sonderstellung gegenüber sogenannten »primitiven«, d. h. in diesem Falle »auf niedriger Kulturstufe stehenden« ein.

Wenn wir zu dem Ergebnis kamen, daß der rezente Mensch ein primitiveres Gebiß besitzt als manche ausgestorbenen diluvialen Menschen, so hat dies nicht nur Bedeutung für die Abstammung des rezenten Menschen, sondern vielleicht auch für seine Zukunft! Beweist uns das primitive Gebiß des rezenten Menschen, daß seine Wurzel weit zurückreicht in der Erdgeschichte, weiter als man bisher annahm, so eröffnet auch das primitive Gebiß die Aussicht, daß die Dauerfähigkeit des rezenten Menschen eine sehr große ist, denn aus der Geschichte der fossilen Tiere läßt sich im allgemeinen herauslesen, daß die spezialisiertesten Tiere die kürzeste Lebensdauer gehabt haben, während Tiere mit Erhaltung primitiver Merkmale anpassungsfähiger und damit dauerfähiger erscheinen.

Setzen wir uns also nicht selbst herab, indem wir von einem »degenerierten Kauwerkzeug« des Kulturmenschen sprechen!

Druckfertig abgeliefert am 14. November 1916.

Eine nochmalige Zusammenstellung der großen für das Problem der Entstehung der Zahnform in Betracht kommenden Literatur erschien unnötig, da vollständige Verzeichnisse zur Genüge vorliegen.

### Nachtrag während der Korrektur.

In meinen Arbeiten über das Problem der Entstehung der Zahnform habe ich absichtlich vermieden, die Dimertheorie BOLK's und die Frage der prälaktealen Dentition heranzuziehen, um den Umfang der Veröffentlichungen nicht allzusehr auszudehnen.

Da nun die Anhänger der Dimertheorie und der prälaktealen Dentition sich nicht damit begnügen, durch ihre Befunde die aufgestellten Hypothesen zu begründen, sondern ihre Befunde heranziehen, um die Konkreszenzhypothese beweisend sicherzustellen, sei hier kurz Stellung genommen.

BOLK machte zwei Beobachtungen bei Untersuchung der Zahnentwicklung, die seiner Meinung nach die Konkreszenz des Zahnkeims aus zwei gleichen Teilen beweisen sollen: das „Schmelzseptum“ mit dem sogenannten Schmelznabel und die „laterale Schmelzleiste“.

Das Schmelzseptum, ein Gebilde, das unabhängig auch von AHRENS beobachtet und als „Schmelzstrang“ bezeichnet wurde, stellt nach den Untersuchungen von AHRENS kein Septum dar, vielmehr handelt es sich um eine kegelförmige Zelldifferenzierung innerhalb der Schmelzpulpa. Der Schmelzstrang scheidet daher als ein Befund, der die Konkreszenzhypothese stützen könnte, aus.

Die laterale Schmelzleiste BOLK's, eine Faltenbildung zwischen Zahnleiste und Schmelzkeim, ist nichts anderes als die angeblichen prälaktealen Anlagen KÜKENTHAL's, ADLOFF's und anderer.

Gegen die Deutung dieser Faltenbildungen als Überbleibsel einer verlorenen Dentition ist schon AHRENS, und zwar mit ausgezeichnet durchgearbeitetem Material eingetreten. Dies wurde ihm außerordentlich verübelt, man erinnere sich an den Greifswalder Anatomenkongreß, abgeschwächt wurde der Angriff von AHRENS dadurch aber nicht.

Während des Druckes dieser Arbeit erschien eine Monographie von ADLOFF (Die Entwicklung des Zahnsystems der Säugetiere und des Menschen. Eine Kritik der Dimertheorie von BOLK. Berlin, Verlag von Hermann Meusser 1916). Die Zusammenstellung ADLOFF's ist sehr erwünscht, weil sie dem Leser ermöglicht, ohne viel Zeitaufwand zu erkennen, daß die Befunde, auf denen die Dimertheorie und die Lehre von der prälaktealen Dentition aufgebaut sind, zwar zurechtbestehen, daß die Deutung der Befunde aber falsch ist.

Ich empfehle z. B. die von ADLOFF in seiner Abb. 16 (Cervus alces) wiedergegebene Serie der Durchsicht und Rekonstruktion. Nach ADLOFF hängt hier „in der Tat das Schmelzorgan schließlich mit drei Leisten zusammen, außer mit der generellen und der sogenannten lateralen Schmelzleiste noch mit einer dritten zwischen ihnen gelegenen, und es ist bemerkenswert, daß die laterale Schmelzleiste zuert die Verbindung mit dem Organ aufgibt, während die mittlere dieselbe noch aufrecht erhält.“ Jeder Untersucher, der in Beurteilung von Serienschnitten einige Übung besitzt, wird aus der Serie lediglich herauslesen, daß zwei nebeneinander gelegene, von entgegengesetzter Richtung ausgehende Einbiegungen vorliegen, die in der Schnittserie als Leisten oder Stränge in Erscheinung treten müssen. Faltet man ein flächenhaftes Objekt S-förmig und schneidet parallel zur Faltung in der Weise, daß die S-förmige Figur der Länge nach getroffen wird, so müssen drei Leisten das Ergebnis sein.

In gleicher Weise sind die übrigen Abbildungen von Serien zu beurteilen, von Verschmelzung ist keine Rede, wir haben Faltungen am Schmelzorgan und an der Zahnleiste vor uns.

Nach ADLOFF ist nun jede Zahnanlage nur eine Faltung resp. Einstülpung, man dürfe daher als Reste der prälaktealen Dentition ebenfalls nichts anderes erwarten.

Das wäre richtig, wenn die Existenz der prälaktealen Dentition bewiesen wäre. Dies ist aber nicht der Fall, gerade die Faltungen sollen sie erst beweisen.

Die Sachlage ist also folgende: wir finden in der Umgebung funktionierender Zähne rudimentäre Zähne und rudimentäre Zahnanlagen. Hieraus werden wir folgern dürfen, daß erstens die Zahnzahl einst größer war, zweitens daß auch stark rudimentäre Anlagen von Zahnkeimen aufzufinden sein werden, die als solche nicht gedeutet werden könnten, wenn nicht ihre Existenz aus den soeben erwähnten Befunden gefolgert werden könnte.

Zu weit gehen hieße aber, jeden Epithelstrang und Epithelzapfen, jedes Epithelnest und jede Epithelverbiegung als rudimentären Zahnkeim anzusehen.

Die Anhänger der Dimertheorie sehen normalerweise bei der Entwicklung auftretende Faltungen als Grenzen verschmelzender Zahnkeime an, die Verteidiger der Existenz der prälaktealen Dentition erkennen in Faltungen, Strängen und Nestern ausnahmslos Reste dieser Dentition, ja sie gehen noch weiter, sie erblicken in diesen Gebilden Beweise für stattgehabte Konkreszenz.

Hiergegen muß ernstlich Stellung genommen werden.

Gewiß ist nicht unmöglich, daß der eine oder andere Befund mit Recht als Rudiment eines Zahnkeims zu deuten ist, aber doch immer nur mit einem gewissen Vorbehalt, bewiesen ist gar nichts!

Faltungen, Leisten und Stränge zwischen Zahnkeim und Zahnleiste können zweifellos ihre Existenz dem Umstand verdanken, daß der Zahnkeim im Laufe der Entwicklung seine Lage zur Zahnleiste ändert und sich von ihr ablöst.

Epithelnester können das Ergebnis dieser Ablösung sein; sie haben ganz sicher mit rudimentären Zahnanlagen nichts zu schaffen, wenn sie in der Schmelz-  
pulpa liegen, und doch sind auch solche als Zahnkeimrudimente gedeutet worden. (Vergl. die Befunde von WILSON und HILL bei *Ornithorynchus*).

Die Dimertheorie BOLK's ist also keine Theorie, sondern eine Hypothese, sie beruht nicht auf Tatsachen, sondern auf zweifelhafter Deutung von Befunden, die Annahme einer prälaktealen Dentition ist nicht besser daran; für die Konkreszenz als Faktor bei der phylogenetischen Umwandlung des einfachen Zahnes in einen komplizierten haben beide Hypothesen keinerlei Beweise geliefert.

Konkreszenz ist in Einzelfällen zwar sichergestellt, diese dürfen aber mit dem phylogenetischen Entwicklungsgang nicht in Beziehung gebracht werden (SEMEN 1901). In vielen Fällen, in denen Konkreszenz angenommen wurde, hat sich ergeben, daß die Annahme irrig war (JAEKEL 1894).

Für die Konkreszenzhypothese soll nach ADLOFF sprechen, daß ab und zu im Milchgebiß Verschmelzung nebeneinander stehender Zähne vorkommt, ein Geschehen, das man nach ADLOFF nicht als „pathologisch“ bezeichnen könne. Eine „Anomalie“ ist diese Erscheinung aber bestimmt, daher nicht gestattet, sie für stammesgeschichtliche Fragen heranzuziehen. ADLOFF sagt: „Sollte hier nicht eine Reminiszenz vorliegen an frühere Ereignisse der Stammesgeschichte, während die moderne bleibende Reihe jede Erinnerung daran verloren hat?“ Das ist doch die allerwildeste Spekulation! Dabei soll ADLOFF's Monographie einen Überblick geben über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse (S. 6), sie soll zeigen, wohin die „schrankenlose Spekulation“ führt (S. 29)!!

ADLOFF gedenkt auf Seite 58 und 108 seiner Monographie meiner Untersuchungen, er wiederholt den Inhalt zweier Artikel aus der Zahnärztlichen Rundschau (No. 31 und 36, 1916) fast wörtlich. Erfreulicherweise wurde der Satz: „Ich muß offen gestehen, daß ich von vorneherein Mißtrauen hege, wenn ich bei der Erörterung stammesgeschichtlicher Probleme das Wort ‚mechanisch‘ lese,“ unterdrückt.

Für ADLOFF sind die Begriffe „mechanische Beziehung zwischen Zahnform und Funktion“ und „kausale Beziehung zwischen Funktion und Entstehung der Zahnform“ immer noch gleichbedeutend. Die mechanische Beziehung zwischen Zahnform und Funktion ist selbstverständlich nicht zu leugnen, sie beweist aber noch nicht, daß die kausale Entstehung der Form durch die Funktion bedingt ist, was ADLOFF annimmt. Während die Funktion unmittelbar die Entstehung der Form sicher nicht hervorrufen kann (der Schmelz hat keine reaktionsfähigen Zellen), ist eine indirekte Beeinflussung der Zahnform durch Abänderung der Nahrungsqualität schon eher vorstellbar, als folge einer Abänderung der physiologischen Bedingungen für die Zellen der sich entwickelnden Zahnkeime. Die Paläontologie müßte in dem Fall das Beweismaterial liefern. Das ist aber nicht der Fall. Die Bisonten kommen z. B. rezent wie diluvial in Wäldern und Steppen vor. Die Steppen- und Waldformen zeigen wohl morphologische Unterschiede, aber keine Unterschiede im Gebiß. Fältelung in der Schmelzschicht (Plicidentie) wird gewöhnlich als Anpassung an harte Grasnahrung und damit als Kennzeichen von Steppenformen angesehen. Bei den Pferden trifft dies im allgemeinen zu, doch finden sich nicht wenige Aus-

nahmen: die Esel und Halbesel z. B. zeigen kaum Schmelzfältelung, obwohl sie ausgesprochene Steppen- und Wüstentiere sind; unter den Wildpferden zeigt gerade eine Waldform, der diluviale *Equus Taubachensis* Freudenberg, das höchste Maß von Schmelzfältelung. (Mitt. d. Großh. Hess. Geol. Landesanstalt zu Darmst. Bd. 1 1914 und Bd. 7 1915.)

ADLOFF bestreitet „die Berechtigung, die an funktionslosen Flossenstacheln erhaltenen Resultate ohne weiteres auf das Gebiß der Säugetiere zu übertragen.“ Unverständlich ist, wieso die Flossenstacheln „funktionslos“ sein sollen, werden sie doch aufgerichtet und haben sie den Widerstand gegen die andrängenden Wassermassen und den Zug der Schwimnhaut auszuhalten. Ich hatte behauptet, die Zähne der Flossenstacheln hätten keine Funktion, ADLOFF hat wohl die Zähne mit den Stacheln verwechselt.

In der Österreichischen Zeitschrift für Stomatologie (Novemberheft 1916) findet sich eine eingehende Besprechung meiner Untersuchungen von SICHER.

Auch SICHER vertritt die Auffassung, eine uneingeschränkte Übertragung der an Flossenstachelzähnen gewonnenen Resultate auf Kieferzähne sei aus dem Grunde nicht statthaft, da der Zahnbesatz der Flossenstacheln ein Rudiment darstelle.

Die Behauptung, die Flossenstachelzähne seien rudimentäre Bildungen, zieht sich ununterbrochen durch die Kette der SICHER'schen Einwände. SICHER begründet das Rudimentärsein durch meine Auffassung, nach der den Zähnen keine funktionelle Bedeutung zukäme, mithin seien es Rudimente!

Nun können wir den unendlich verschiedenen Formvarianten, unter denen die Schuppen z. B. sich präsentieren, ebenfalls keine spezielle, die Form erklärende, funktionelle Bedeutung zuerkennen, und doch wäre es falsch, sie aus diesem Grunde als rudimentäre Organe anzusehen. Ich möchte daher die Ansicht SICHER's über das Rudimentärsein der Flossenstachelzähne ebenfalls als irrig bezeichnen.

SICHER meint, meine Behauptung, daß die Zahnkeime der Flossenstacheln typischerweise nur einfache Kegelzähne lieferten, sei unbeweisbar, „wahrscheinlich“ sei, daß die komplizierten Zahnformen an Flossenstacheln Rückschlagsformen darstellten. Hiergegen läßt sich sagen, daß die große Zahl der fossilen Ichthyodorulithen keine komplizierten Formen erkennen lassen, daß ferner das Auftreten komplizierter Zahnformen am Stachel an örtlich bestimmte Abschnitte gebunden ist, in denen gewisse mechanische Momente zur Wirkung gelangen, wie von mir eingehend dargelegt wurde.

Sachliche Widerlegung meiner Behauptungen ist bei SICHER völlig zu vermissen, der Autor gibt nur ein wissenschaftliches Glaubensbekenntnis, er wendet SEMON's Lehre der Engramme, SEMON's Homophonie auf die Formentwicklung der Zähne an und glaubt damit „gezeigt zu haben“, daß wir uns eine Beeinflussung des Zahns durch die Funktion vorstellen können. „Diese Beeinflussung in ihrem Wesen zu studieren und zu ergründen dürfte fruchtbringender sein, als sie zu leugnen“, sagt SICHER. Ich sehe dem Ergebnis des Studiums SICHER's ohne Erwartungen entgegen, da ich fürchte, daß die von ihm erhoffte Ergründung des Wesens der funktionellen Anpassung beim Zahn daran scheitern dürfte, daß beim Zahn die Vorbedingungen zum Eintritt funktioneller Anpassung fehlen, wie von mir eingehend klargestellt ist.

SICHER ist Anhänger der modernen Konkreszenzhypothese, nach der das Schmelzleistenmaterial, das bei den Vorfahren mehrere Zahngenerationen lieferte, bei den Säugern zum Aufbau eines Zahn kondensiert wird (BOLK). Nach ADLOFF soll bekanntlich das Einsetzen der regressiven Metamorphose die stattgehabte Konkreszenz wieder sichtbar machen!

SICHER übersieht, daß es sich bei alledem um den Entwicklungsgang sehr interessanter, aber falscher Lehren und Spekulationen handelt, denen durch die Tatsachen der Boden langsam entzogen wird, deren Anhänger aber ihren Liebling unter „Modernisierung“ zu retten suchen.

Dimertheorie und prälakale Dentition bereiten sich im übrigen in dem noch stehenden Wettkampf selbst das Grab.

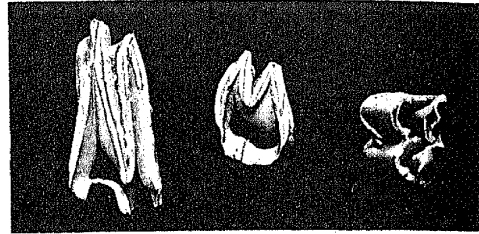
Ich sehe diesem Geschehen ruhig zu im Bewußtsein, daß die Konkreszenzhypothese, sei es in alter, moderner oder neuester Form, unbewiesen und die funktionelle Anpassung auf Zähne nicht anwendbar ist.





1

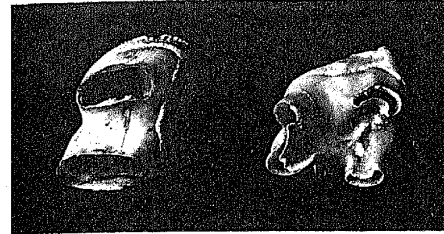
2



3

4

5



6

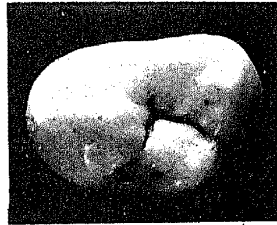
7



8



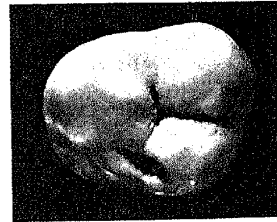
9



16



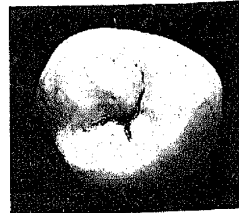
19



17



20



18



21



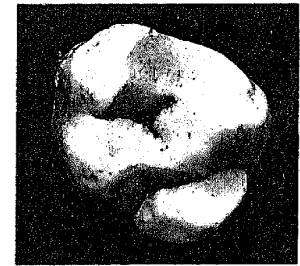
10



11



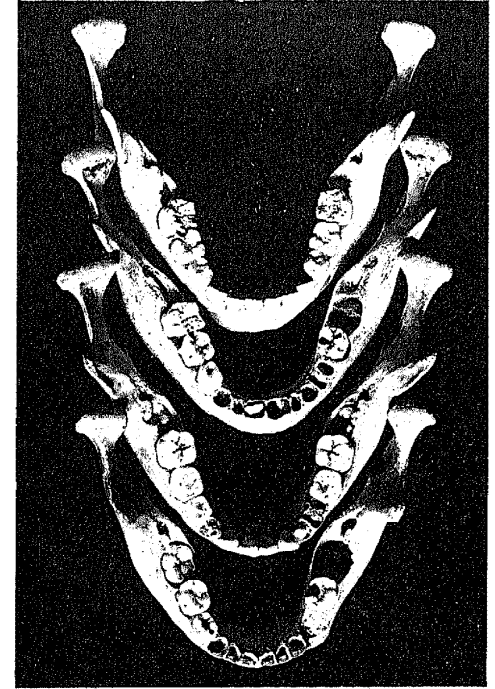
22



23



24



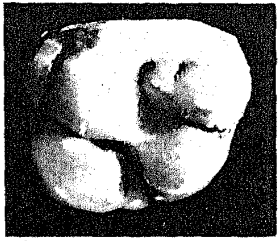
12

13

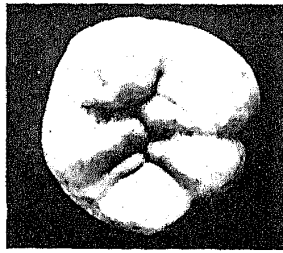
14

15

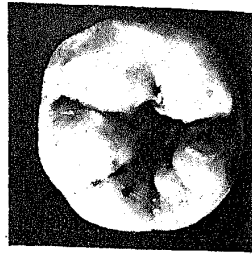




25



30



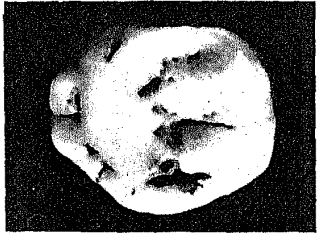
35



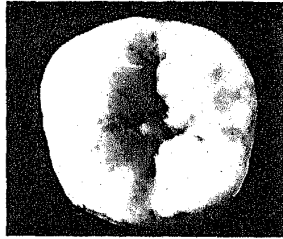
38



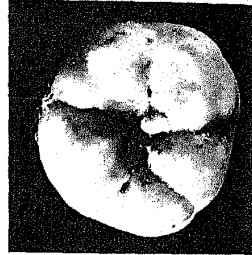
42



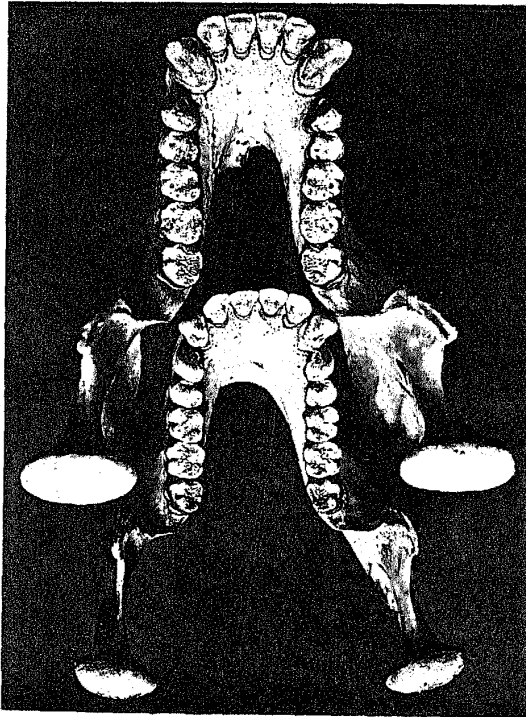
26



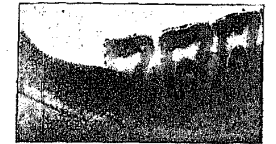
31



36



41



40

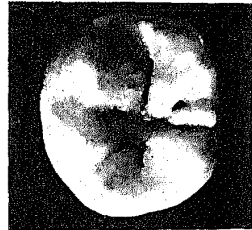
47



27



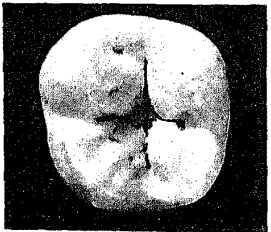
32



37



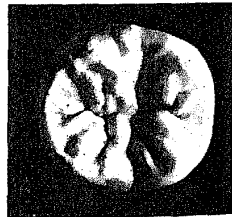
48



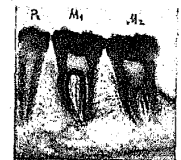
28



33



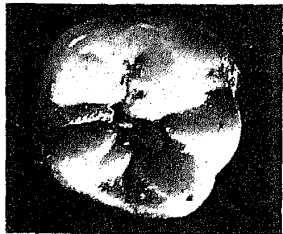
39



49



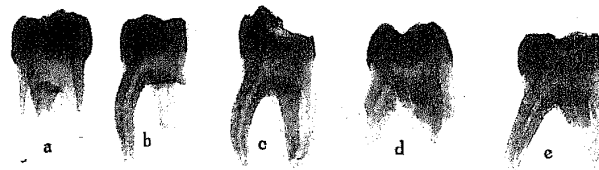
29



34



50



51

Carl Ebner, Stuttgart.

### Figurenerklärung der Taf. V.

- Fig. 1. Molar eines Hirsches mit glatter Schmelzdecke.  
Fig. 2. Molar einer Giraffe mit rauher, geschuppter Schmelzdecke.  
Fig. 3. Hypselodonter Molar (*Bos taurus*), durchsägt zur Demonstration der Tatsache, daß mit dem Hochkronigwerden ein Tiefenwachstum der Sichelgrube einhergeht.  
Fig. 4. Brachyodonter Molar (*Camelopardalis giraffa*), durchsägt zum Vergleich mit einem hypselodonten Molaren.  
Fig. 5. Molar des Hirsches von der Kaufläche.  
Fig. 6. Molar der Giraffe (mandibula) zur Demonstration der Verwachsungslinie des Dentins unterhalb des Zahnkörpers, sie läuft von Wurzel zu Wurzel.  
Fig. 7. Molar des Hirsches (maxilla) zur Demonstration der Verwachsungslinie des Dentins, bei drei Wurzeln entsteht eine dreistrahligte Figur.  
Fig. 8. Rechtsseitige untere Molaren des *Homo Moustériensis* Hauseri.  
Fig. 9. Rechtsseitige obere Molaren des *Homo Moustériensis* Hauseri.  
Fig. 10. Rechtsseitige obere Schneidezähne und Eckzahn des *Homo Moustériensis* Hauseri.  
Fig. 11. Rechtsseitige untere Schneidezähne und Eckzahn des *Homo Moustériensis* Hauseri.  
Fig. 12. Mandibula eines 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>jährigen Kindes mit pathologischer Kronenrunzlung.  
Fig. 13. Mandibula eines 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>jährigen Kindes mit pathologischer Kronenrunzlung, die etwas schwächer als in Fig. 12 ausgeprägt ist.  
Fig. 14. Mandibula eines 10jährigen Kindes mit reinem Höckertypus der Molaren.  
Fig. 15. Mandibula eines 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub>jährigen Kindes mit reinem Höckertypus der Molaren.  
Fig. 16. Linker oberer zweiter Molar des Menschen mit 3 Höckern und Randwulstfurche.  
Fig. 17. Linker oberer zweiter Molar des rezenten Menschen mit 3 Höckern und Randwulstfurche.  
Fig. 18. Rechter oberer zweiter Molar des rezenten Menschen mit 3 Höckern, ohne Randwulstfurche.  
Fig. 19. Rechter oberer zweiter Molar des rezenten Menschen mit Randwulstfurche und 3 Höckern.  
Fig. 20. Rechter oberer zweiter Molar des rezenten Menschen mit Randwulstfurche bei 3 Höckern.  
Fig. 21. Rechter oberer zweiter Molar des Menschen mit breiter Randwulstfurche bei 3 Höckern.  
Fig. 22. Rechter oberer zweiter Molar des rezenten Menschen mit Randwulstfurche und schwachem viertem Höcker.  
Fig. 23. Rechter oberer erster Molar des rezenten Menschen mit 4 Höckern.  
Fig. 24. Linker oberer zweiter Molar mit 4 Höckern.

### Figurenerklärung der Taf. VI.

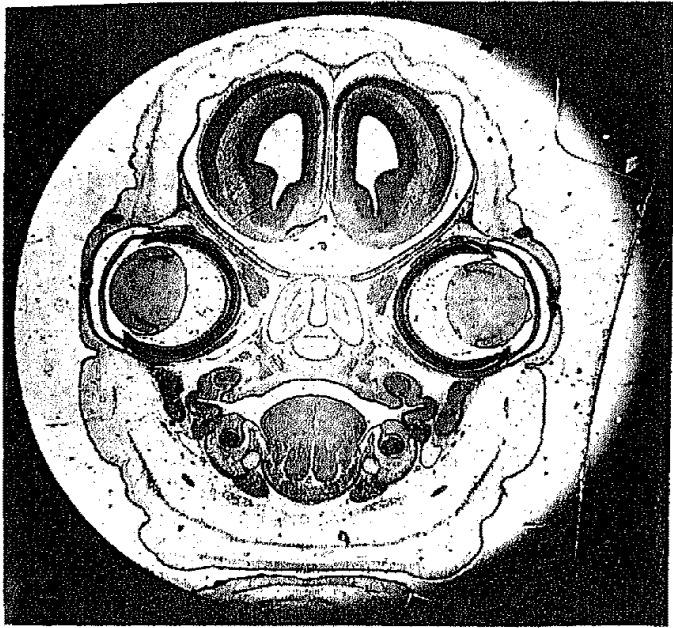
- Fig. 25. Linker oberer erster Molar des rezenten Menschen mit 4 Höckern und Carabellischem Nebenhöcker.  
Fig. 26. Linker oberer dritter Molar des rezenten Menschen. Starke Höckervermehrung disponiert ebenso wie starke Kronenrunzlung zu rascher Abnutzung.  
Fig. 27. Rechter oberer dritter Molar des Menschen mit 7 Höckern.  
Fig. 28. Linker unterer zweiter Molar des rezenten Menschen mit 4 Höckern.



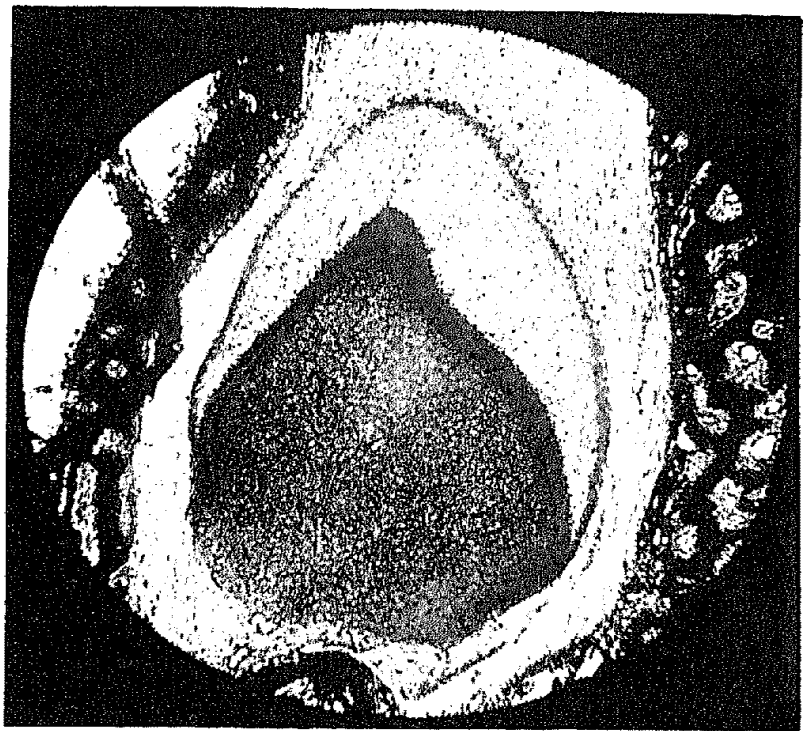
- Fig. 29. Rechter unterer dritter Molar des rezenten Menschen mit einem fünften bukkalen Höcker.
- Fig. 30. Rechter unterer zweiter Molar des rezenten Menschen mit fünftem bukkalem Höcker.
- Fig. 31. Linker unterer erster Molar des rezenten Menschen mit schwachem fünften distalen Höcker.
- Fig. 32. Linker unterer zweiter Molar des rezenten Menschen mit kleinem aber deutlich umgrenzten fünften distalen Höcker. (Die Lichtreflexe sind durch Zahnstein verursacht.)
- Fig. 33. Linker unterer zweiter Molar des rezenten Menschen mit distalem fünften kräftigen Höcker.
- Fig. 34. Rechter unterer dritter Molar des rezenten Menschen mit fünftem bukkalen Höcker und Aufteilung (Leistenbildung) des distal-lingualen Höckers.
- Fig. 35. Linker unterer erster Molar des rezenten Menschen mit distalem fünften Höcker und Aufteilung des distal-lingualen Höckers.
- Fig. 36. Rechter unterer zweiter Molar des rezenten Menschen mit distalem fünftem Höcker und einem sechsten Höcker zwischen den beiden lingualen Höckern.
- Fig. 37. Linker unterer dritter Molar des rezenten Menschen mit einem fünften distalen und einem sechsten lingualen Höcker.
- Fig. 38. Oberer linker Molar des rezenten Menschen mit 3 Höckern und 4 Wurzeln von bukkal. Eine „Schmelzperle“ in Form eines Zapfens ist ausgebildet.
- Fig. 39. Unterer dritter Molar des rezenten Menschen mit Kronenrunzlung.
- Fig. 40. Mandibula eines ausgewachsenen männlichen Orangutan. (Zoolog. Institut in Kiel.)
- Fig. 41. Mandibula eines ausgewachsenen weiblichen Orangutan. (Zoolog. Institut in Kiel.)
- Fig. 42. Schädelabschnitt eines 6jährigen Kindes. Der erste Molar ist gerade durchgebrochen, der zweite sitzt hoch oben im Tuber maxillare, die Kaufläche sieht nach dorsal.
- Fig. 47—50. Wiedergabe von Röntgenaufnahmen zur Frage der prismatischen Wurzeln nach GORJANOVIC-CRAMBERGER.
- Fig. 51 a—e. Röntgenbilder erster menschlicher oberer Molaren von 8<sup>1/2</sup>-, 12-, 19-, 22- und 35jährigen Individuen.

### Figurenerklärung der Taf. VII.

- Fig. 43—46. Vier Stadien der Entwicklung des Zahnkeims.
- Fig. 52 a—f. Röntgenaufnahmen menschlicher Molaren mit Wurzelverschmelzung. Im Gegensatz zu Prismenzähnen sind alle Wurzelkanäle in getrenntem Verlauf bis zur Einmündung in die normalgroße Pulpahöhle nachweisbar.



43



45



44



46



a



b



c



d



e



f

52

Carl Ebner, Stuttgart.

O. Aichel: Beurteilung des rezenten und prähistorischen Menschen nach der Zahnform.