

# Metallurgische Bemerkungen zur Vorgeschichtsforschung.

Von Wilhelm Witter, Halle a. d. S.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen dazu dienen, auf eine Reihe von Angaben im Vorgeschichtsschrifttum aufmerksam zu machen, die zu irrigen Schlußfolgerungen Veranlassung geben. Es wird eine Richtigstellung derselben gegeben.

## 1. Kupfer-Zinn-Erze in Tillek in Kleinasien.

Im Jahre 1868 veröffentlichte der englische Forschungsreisende J. G. Taylor<sup>1</sup> sein Tagebuch über eine Reise durch Armenien und Ober-Mesopotamien. Seit jener Zeit kehrt öfter im geologischen und archäologisch-ethnographischen Schrifttum der Hinweis wieder, daß in der Umgegend von Surp Carabet (oder Halvore Vank bei den Kurden) bei dem Dorfe Tillek sich reiche Kupfer- und Zinnminen befänden. Das Dorf Tillek liegt am linken Ufer des Flusses Muzur Su oder Murad Su, einem Quellfluß des Euphrat, am Südwestabhang des Dodjik Dagh, im türkischen Vilayet Erzincan. Diese Angabe Taylors hat zu der Annahme geführt, daß die Lagerstätten bei Tillek Kupfer-Zinn-Mischerze führen<sup>2</sup>, die beim Verschmelzen Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze) geliefert haben. Dieses angebliche Mischerz-Vorkommen von Tillek wird als ein Beweis dafür angesehen, daß die frühe Metallindustrie Anatoliens über den wichtigen Rohstoff Zinnerz verfügte<sup>3</sup>.

Was hat es nun für eine Bewandnis mit diesem Kupfer-Zinn-Mischerz? Um hierüber eine Aufklärung zu erhalten, habe ich mich auf Veranlassung von Prof. Dr. Schumacher von der Bergakademie Freiberg an den damals im Dienst des türkischen Staates stehenden deutschen Montangeologen Dr. Pilz in Ankara gewandt. Von diesem und seinem Kollegen Dr. Helke erhielt ich folgende Mitteilung: „In der Nähe des von Taylor genannten Dorfes Tillek kommt Kupfererz in Granit eingesprengt vor. Eine chemische Untersuchung sowohl dieses Erzes als auch der Schlacken von der früheren Schmelzstätte ergab jedoch völlige Abwesenheit von Zinn. Der weiter von Taylor erwähnte Dodjik Dagh besteht aus Kalkstein. Zinnerz tritt hier nicht auf.“

Demnach liegt dem Taylorschen Bericht nur die Tatsache zugrunde, daß in der Nähe von Tillek Kupfererze vorkommen. Das Auftreten von Zinn in dem von Taylor genannten Gebiet ist jedoch eine Fabel, die leider jahrzehntelang

<sup>1</sup>) J. G. Taylor, *Journal of a Tour in Armenia, Kurdistan and Upper Mesopotamia* in *Journ. of the Royal Geographical Soc.* 38 (1868) 281—361.

<sup>2</sup>) R. Leonhard, *Paphlagonia. Reisen und Forschungen im nördlichen Kleinasien* (1915) 318.

<sup>3</sup>) S. Przeworski, *Die Metallindustrie Anatoliens in der Zeit von 1500—700 v. Chr.* *Internat. Archiv f. Ethnogr.* 36, Suppl. (1939) 90 u. 108.

immer wieder in dem eingangs genannten Schrifttum als verbürgte Wahrheit erwähnt worden ist.

## 2. Ein Zinngehalt im Kupfererz von Ergani Maden<sup>4</sup>.

Diese unmittelbar am Oberlauf des Tigris im türkischen Vilayet Elaziz liegende Kupfererz-Lagerstätte ist seit ältester Zeit die bedeutendste Anatoliens und spielt heute noch in der Kupferversorgung der Türkei die weitaus wichtigste Rolle. Das Vorkommen von Ergani wurde zweifellos schon in altsumerischer Zeit ausgebeutet. In einer Probe gediegenen Kupfers, die aus dieser Lagerstätte stammen soll, hat Prof. C. H. Desch vom englischen National Physical Research Laboratory in Teddington<sup>5</sup> einen Zinngehalt von 0,27% festgestellt. Vorausgesetzt, daß die von Desch untersuchte Probe gediegenen Kupfers wirklich aus dem genannten Erzvorkommen stammt, würde damit eine der Quellen für das Vorkommen von zinnhaltigem Kupfer im Vorderen Orient festgestellt sein. Nun sind aber hinsichtlich des Auftretens von gediegenem Kupfer in dieser Lagerstätte Zweifel aufgetreten, weil die untersuchte Probe außer Zinn noch Eisen und Schwefel enthielt, letzterer aber in gediegenem Kupfer kaum vorkommt. Prof. J. Kohlmeyer von der Technischen Hochschule in Charlottenburg, der das Erzvorkommen von Ergani Maden aus eigener Anschauung kennt, teilte mir auf meine Anfrage hin mit, daß in dem Grubengebiet oftmals Metallkörper gefunden würden, die von alten Arbeiten her stammten. Diese Auskunft fand ihre Bestätigung in einem Fund von Rohkupfer — sog. Blisterkupfer —, der vor einigen Jahren von einem deutschen Geologen dem Mineralogischen Institut der Universität Halle überwiesen wurde und sich in den Sammlungen dieses Instituts befindet. Größere Stücke des Blisterkupfers wurden zusammen mit Schlacken bei Aufschließungsarbeiten in einem alten Grubenbau gefunden, der auf Grund von Aktenaufzeichnungen der Zeit 1300—1350 n. Chr. zugewiesen wird. Proben von diesem alten Kupfer erwiesen sich bei einer spektralanalytischen Prüfung durch meinen Mitarbeiter Dr. H. Otto als frei von Zinn und Antimon. Die Edelmetallgehalte einer Anzahl Metallfunde aus dem Tell Halaf in Nord-Mesopotamien lassen mit Bestimmtheit darauf schließen, daß das Metall aus Ergani-Erzen Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. erschmolzen worden ist<sup>6</sup>. Höchstwahrscheinlich wird dort Kupfer schon für den Gebrauch in Ur gewonnen sein.

## 3. Ungemischtes Kupfer.

Diesen Ausdruck hat O. Montelius<sup>7</sup> für das Kupfer geprägt, das frei von jeder absichtlichen Beimischung ist und nur Nebenbestandteile aufweist, die in dem dazu verwendeten Erz enthalten sind. In Gegensatz dazu stellt er das

<sup>4</sup>) Przeworski a. a. O. 90.

<sup>5</sup>) C. H. Desch, Report of the Brit. Assoc. for the Advancement of Science (1928) H. 2.

<sup>6</sup>) W. Witter, Die Kenntnis von Kupfer und Bronze in der Alten Welt. Mannus-Bibliothek 63, 1938, 60.

<sup>7</sup>) O. Montelius, Chronologie der ältesten Bronzezeit in Norddeutschland und Skandinavien (1900) 11 u. 23.

Kupfer, dem irgendein anderes Metall, z. B. Zinn oder Antimon, absichtlich zugemischt worden ist. Ungemischtes Kupfer kann nun entweder reines Kupfer oder nur Rohkupfer sein, ein anderes Kupfer gibt es im Sinne der Vorgeschichtsforschung nicht. Als reines Kupfer in der Bedeutung für vor- und frühgeschichtliche Metallfunde hat jedes Kupfer zu gelten, dessen Reingehalt an Kupfer 99% und darüber beträgt. Ganz reines Kupfer mit 100% oder fast 100% haben in der frühen Metallzeit Europas die ungarischen Lagerstätten geliefert, in denen das natürliche oder gediegene Kupfer in großen Mengen vorgekommen ist. Als ganz reines Kupfer der Neuzeit gilt das Elektrolytkupfer, dessen Reingehalt an Kupfer nach den Gepflogenheiten des Handels 99,99% sein muß. Es muß also die Angabe<sup>8</sup>, daß auch das Elektrolytkupfer noch einen Prozentsatz von 0,11% Nebenbestandteile enthält, irreführen, ebenso auch die Erläuterung über die Bezeichnung „ungemischtes Kupfer“<sup>8c</sup>.

#### 4. Zinnverluste beim Bronzeschmelzen in vorgeschichtlicher Zeit.

Im Schrifttum findet sich oftmals die Behauptung, mit dem Umschmelzen von Bronze sei ein größerer Zinnverlust verbunden gewesen<sup>9</sup> und dieser hätte durch Zugabe von Zinnmetall ersetzt werden müssen<sup>10</sup>. Diese Ansicht ist nicht richtig; sie kann sich nur auf unsachgemäß ausgeführte Schmelzversuche stützen. Mit einer solchen Annahme würden wir unbedingt die Sachkenntnis und Erfahrung der vorgeschichtlichen Bronzeschmelzer herabsetzen. Sie hatten stets die Möglichkeit, einem Zinnverlust dadurch vorzubeugen, daß sie die Tiegelbeschickung mit Holzkohle bedeckten, und daß sie in der Weise auch vorgegangen sind, dafür haben wir den Beweis im Fehlen von stark zinnhaltigen Schlacken in den aufgefundenen Gießereiwerkstätten. Zinn kann sich aus einzuschmelzender Altbronze nur verflüchtigen oder verschlacken, wenn Luftsauerstoff zum glühenden oder schmelzenden Metall hinzutreten kann. In Gegenwart glühender Holzkohlen ist ein Zinnverlust so gut wie ausgeschlossen, er braucht jedenfalls nur ein ganz minimaler zu sein und kann bei den hier in Frage kommenden Arbeiten keine Rolle gespielt haben. Daß aber die Alten tatsächlich die Altbronze unter Kohlezusatz schmolzen, ist durch Sillin und Watzinger bei Ausgrabungen in Jericho festgestellt worden<sup>11</sup>.

#### 5. Absichtlicher Zusatz von Arsen, Antimon oder Blei zum Kupfer.

In metallischen Bodenfunden aus der frühen Metallzeit ist in verschiedenen Ländern, z. B. in Anatolien, Ägypten, China usw., ein erheblicher Arsengehalt im Kupfer ermittelt worden. S. Przeworski<sup>12</sup> hat eine Anzahl solcher Funde aus dem Nahen Osten zusammengestellt. Die Arsengehalte derselben schwanken zwischen 1% und 2,80%, in einigen Fällen steigt der Arsengehalt auf 3,41

<sup>8</sup>) Przeworski a. a. O. 93 u. 100.

<sup>9</sup>) Zinnverluste beim Umschmelzen von Bronze sind erstmalig von Evans behauptet worden (bei Montelius, Archiv f. Anthr. 23, 1895, 428 Anm. 1).

<sup>10</sup>) Przeworski a. a. O. 109.

<sup>11</sup>) Eberts Reallex. d. Vorgesch. 2, 165.

<sup>12</sup>) Przeworski a. a. O. 107.

und 4,42 bzw. 4,88%. In einem ägyptischen Kupferstreifen wurde ein Arsengehalt von 4,17% gefunden<sup>13</sup>. Und E. v. Nordenskiöld<sup>14</sup> beschreibt ein landwirtschaftliches Gerät aus Südamerika, in dem der Arsengehalt 4,27% betrug.

Nach Montelius<sup>15</sup> hat zuerst Berthelot die Ansicht vertreten, ägyptischen arsenhaltigen Bronzen sei Arsen absichtlich beigemischt worden. Seitdem ist ein höherer Arsengehalt im Kupfer fast stets als absichtlich zugesetzt erklärt worden. Auch Przeworski ist gleicher Meinung<sup>16</sup>.

Wieweit ist das nun richtig? Bereits an anderer Stelle habe ich darauf hingewiesen, daß die Annahme eines absichtlichen Zusatzes von Arsen nicht zutreffend ist, weil das Arsen als solches den Metallarbeitern der frühen Metallzeit und auch den Römern zur Zeit des Plinius noch unbekannt gewesen ist<sup>17</sup>. Und was den Zusatz von Arsenerzen zum Kupfererz oder geschmolzenen Kupfer betrifft, so ist auch ein solcher — mit einer einzigen Ausnahme, über die noch zu sprechen sein wird — ausgeschlossen, weil die Arsenminerale ohne Ausnahme in der Hitze in Gegenwart von Kohle flüchtig sind. Die Arsengehalte im Kupfer, soweit sie im Schrifttum angeführt worden sind, haben ihren Ursprung in einem Arsengehalt der zu jenen Funden verwendeten Erze. In arsenhaltigen, oxydischen Kupfererzen, wie solche in Ägypten vorgekommen sind, ist das Arsen chemisch an das Kupfer gebunden. Solche chemische Bindung des Arsens an Kupfer findet auch beim Rösten arsenhaltiger Kupferkiese statt, und beim Verschmelzen der Erze bzw. des Röstgutes wird dann ein bestimmter Teil Arsen vom Kupfer aufgenommen. Von der Ausführung des Schmelzprozesses und der praktischen Erfahrung des Kupferschmelzers der jeweils in Frage kommenden Zeit hing es dann ab, wieviel Arsen im fertigen Kupfer noch enthalten war. Die im Schrifttum genannten Arsengehalte des Kupfers sind stets als Zufallsgehalte anzusehen.

Eine Ausnahme in der Erzeugung von arsenhaltigem Kupfer bilden die Legierungen, die einerseits auf die Verschmelzung eines bestimmten Minerals, des Domeykit, zurückzuführen sind, wie das bei v. Nordenskiöld erwähnte Beispiel zeigt, oder nach einer — auf Grund der in Mitteldeutschland vorhandenen Voraussetzungen — nur für dieses Gebiet in Frage kommenden Arbeitsweise<sup>18</sup> erhalten wurden. Die Erzeugung von Kupfer-Arsen-Legierungen mit höheren Arsengehalten als 5% ist bis jetzt in keinem anderen Lande der Alten Welt weiter als in Mitteldeutschland nachgewiesen worden. Sie erforderte eine stufenweise Entwicklung und konnte nur da vor sich gehen, wo die natürlichen Bedingungen dafür gegeben waren. Darauf weiter einzugehen, würde hier zu weit führen; es soll das an anderer Stelle geschehen.

Was nun den Zusatz von metallischem Antimon zum Kupfer betrifft, so sind im älteren Schrifttum mehrere Beispiele aus dem Orient erwähnt. Das

<sup>13</sup> H. Garland, *Ancient Egyptian Metallurgy* (1927) 66ff.

<sup>14</sup> E. v. Nordenskiöld, *The Copper and Bronze Ages in South America* (1921) 121.

<sup>15</sup> Montelius, *Die Chronologie der ältesten Bronzezeit in Norddeutschland und Skandinavien* (1900) 7 Anm. 2 u. 4.

<sup>16</sup> Przeworski a. a. O. 107.

<sup>17</sup> Witter, *Nachrichtenbl. f. Deutsche Vorz.* 12, 1936, 286ff.

<sup>18</sup> Witter, *Über die chemische Zusammensetzung der Stabdolche aus Mitteldeutschland.* *Jahresschrift f. d. Vorgesch. d. Sächs.-thür. Länder* 29, 1938, 155 Anm.

Antimon war ebenso wie das Blei bereits Mitte des 3. Jahrtausends im Nahen Osten bekannt<sup>19</sup>. Auch in den Kappadokischen Tafeln finden beide Erwähnung. Nach den von Helm bekanntgegebenen Analysen<sup>20</sup> enthalten die Kupferfunde aus Mesopotamien 1,73 — 3,05 — 2,24 und 0,30% Antimon. Es ist ganz erklärlich, daß die Metallarbeiter jener Zeit einen höheren Zusatz zum Kupfer nicht verwendeten, weil sonst die Legierung spröde wurde und zum Schmieden nicht mehr geeignet war. Wo aus späterer Zeit Metall mit höheren Antimongehalten gefunden worden ist, wie z. B. in Velem St. Vid in Ungarn, hat dieses nur für Gußzwecke Verwendung finden können.

Ein Bleigehalt des Kupfers erleichtert das Gießen und die Bearbeitung des Werkstückes, macht die Legierung aber weich und für die Herstellung von Waffen und Werkzeugen ungeeignet. In Mitteleuropa wird das Blei anscheinend erst in der späten Bronzezeit bekannt.

## 6. Die Entdeckung der Kupfer-Zinn-Legierungen — Bronze.

Die erste Erzeugung der Kupfer-Zinn-Legierungen ist nach dem Urteil der Metallurgen, die sich mit vorgeschichtlicher Metallgewinnung beschäftigt haben, auf die Verschmelzung höher zinnhaltiger Kupfererze, der sog. Misch-erze, zurückzuführen<sup>21</sup>. Die englischen Chemiker Desch<sup>22</sup> und H. J. Plenderleith<sup>23</sup> sind der Meinung, daß die ältesten Kupfer-Zinn-Legierungen im Nahen Orient (Ur) durch Zusammenverschmelzen von Kupfererz und Zinnerz erzeugt worden sind. Für die frühe Metallzeit Europas ist durch umfassende geologisch-lagerstättenkundliche und metallurgische Forschungen nachgewiesen worden, daß sich in Mitteleuropa ein autochthones Metallindustriecentrum befunden hat. Die spektralanalytische Untersuchung von vielen Hunderten metallischer Bodenfunde aus Mitteleuropa aus den frühen Perioden der Metallzeit hat die Übereinstimmung der chemischen Zusammensetzung dieser Metallfunde mit der Mineralführung zahlreicher Erzlagerstätten in den mitteldeutschen Erzrevieren ergeben. An Hand dieser Analysen ist weiter der Entwicklungsgang der Metallurgie im mitteldeutschen Raume verfolgt und somit festgestellt worden, daß die Entwicklung der Metallgewinnung hier stufenweise vor sich gegangen ist. Im Anfang bestehen die Funde aus reinem Kupfer und Rohkupfer mit und ohne Zinngehalt. Dann steigen die Zinngehalte im Kupfer allmählich bis zur Grenze der Kaltbearbeitung (6% Zinn), um dann nach einem längeren Halt plötzlich bis 8%, 10% und darüber anzusteigen. Damit sind die Gehalte der echten Bronze erreicht.

<sup>19</sup>) B. Meißner, *Babylon und Assyrien* I (1920) 265; E. Unger, *Eberts Reallex. d. Vorgesch.* I, 427 ff.

<sup>20</sup>) O. Helm, *Zeitschr. f. Ethn.* 33, 1901, Verh. 157 ff.

<sup>21</sup>) F. Wibel, *Die Cultur der Bronze-Zeit Nord- und Mittel-Europas* (1865) 36; E. v. Bibra, *Die Bronzen und Kupferlegierungen der alten und ältesten Völker* (1869) 160—161; T. A. Rickard, *Man and Metals* I (1932) 127 ff.; Witter, *Die älteste Erzgewinnung im nordisch-germanischen Lebenskreis*. *Mannus-Bibliothek* 60, 1938, 97 ff.

<sup>22</sup>) Desch, *The Origin of Bronze in Newcomen Society of Engineering and Technology, Transactions* 14, 1935, 99.

<sup>23</sup>) H. J. Plenderleith in C. L. Woolley, *Ur-Excavations* 2. *The Royal Cemetery* (1934), 284 ff.

Daß eine solche Eigenentwicklung in Mitteldeutschland vor sich gehen konnte, liegt in dem Vorkommen von Kupfer-Zinn-Mischerz und reinen Zinnerzen neben Kupfererzen auf engstem Raum begründet. Nachdem die vorgeschichtlichen Erzschmelzer und Metallarbeiter die besonderen Eigenschaften des zufälligerweise erschmolzenen stärker zinnhaltigen Kupfers erkannt hatten, haben sie versucht, das Mineral, das dem Kupfer die besseren Eigenschaften verlieh, aus den Zinnerzgängen für sich zu gewinnen. Es geschah dies durch Zerkleinern des Erzes und Verwaschen des feinen Gutes. Sie gewannen so ein zinnreiches Konzentrat, das zuerst in bestimmtem Verhältnis dem Kupfererz vor dem Verschmelzen desselben zugemischt wurde. Später haben die Metallschmelzer ihre Arbeitsweise insoweit verbessert und vereinfacht, daß sie das reiche Zinnerz mit Kohle gemischt auf die mit Kohle bedeckte Oberfläche flüssigen Kupfers brachten. Auf solche Weise erhielten sie binnen verhältnismäßig kurzer Zeit und bei nur geringen Zinnverlusten eine hochwertige Bronze mit annähernd gleichem Zinngehalt.

Die Entdeckung der Kupfer-Zinn-Legierungen in Mitteldeutschland ist also nicht eine Erfindung gewesen, sondern sie ist auf die Beobachtung natürlicher Gegebenheiten zurückzuführen. Die stufenweise Entwicklung der Kupfer-Zinn-Legierungen bis zu dem Standardverhältnis von Kupfer und Zinn setzt jedoch ein hohes metallurgisches Wissen und große praktische Erfahrung voraus. Wie es scheint, sind die ältesten Kupfer-Zinn-Legierungen im Orient in Chanhudaro im Industal<sup>24</sup>, etwa 130 km im Südosten von Mohenjo-Daro, von E. Mackay aufgefunden worden. Auch in den Ruinen der letztgenannten Stadt sind solche aus dem 27. Jahrhundert v. Chr. bekannt, also gleichzeitig den aus den Königsgräbern von Ur. Obgleich aber auch von diesen Stätten sehr viele Metallfunde chemisch untersucht worden sind, also die Analysen der Funde vorliegen, ist eine stufenweise Entwicklung der Kupfer-Zinn-Legierungen wie in Mitteldeutschland nicht nachweisbar. Mackay<sup>25</sup>, einer der besten Kenner der Kulturen des Industales und von Sumer, hat seiner Meinung über die Herstellung der Bronze in jenen Ländern wie folgt Ausdruck gegeben: „Es scheint, daß die Metallarbeiter der Stadt (Mohenjo-Daro), gleich den frühen Sumerern, entweder keine bestimmten Verhältnisse von Zinn zu Kupfer benutzten oder ihre fertig gemischte Bronze<sup>26</sup> aus Quellen bekamen, über die sie keine Kontrolle hatten.“

### 7. Das Zinn als regulines Metall.

Die Gewinnung des Zinns ist eine zwangsläufige Folge der metallurgischen Versuche; sie ist aber in allen Metallindustriezentren, in denen unabsichtlich Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze) erschmolzen wurden, immer jünger als die Bronze. Mit höchster Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, daß in Mitteldeutschland, wo man das Zinnerz für die Bronzeerzeugung verwendete, auch das

<sup>24</sup>) G. Contenau, Rev. Arch. 1937, 166.

<sup>25</sup>) E. Mackay, The Indus Civilization (1935) 121 ff.

<sup>26</sup>) Die Zinngehalte dieser Kupfer-Zinn-Legierungen schwanken von wenigen Zehnteln bis 22%; ein Beweis dafür, daß die Legierungen aus Kupfer-Zinn-Mischerzen erzeugt worden sind (d. Verf.).

metallische Zinn frühzeitig hergestellt worden ist. Jedoch ist es im östlichen Mittelmeergebiet erst um die Wende des 2. Jahrtausends, zur Zeit der 12. Dynastie in Ägypten, bekannt geworden. Es ist deshalb auch nicht so, wie B. Landsberger<sup>27</sup> und mit ihm Przeworski<sup>28</sup> vermuten, daß das Zinn bereits Mitte des 3. Jahrtausends in Assyrien benutzt worden sei, denn metallisches Zinn gab es, wie schon erwähnt, zu jener Zeit noch nicht. Die hier und da aufgetretenen Funde von Schmucksachen aus dem weißen, weichen Metall sind nur durch Schmelzversuche mit sog. Lesesteinen, Oberflächenfunden von großen Stücken Zinnstein, zu erklären. Daß im Vorderen Orient vor 2000 v. Chr. überhaupt Zinn als Metall erzeugt worden ist, erscheint nach allem, was bis jetzt die archäologischen Forschungen ergeben haben, mehr als zweifelhaft<sup>29</sup>. Über alle die hierfür in Betracht kommenden Fragen habe ich bereits vor einigen Jahren ausführlich berichtet und besonders auch auf den verhängnisvollen Irrtum des englischen Forschers A. H. Sayce über das Auftreten von Zinn in vorsargonischer Zeit hingewiesen<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup>) B. Landsberger, *Assyrische Handelskolonien in Kleinasien* (1925) 22.

<sup>28</sup>) Przeworski a. a. O. 102.

<sup>29</sup>) J. R. Partington, *Origins and Development of Applied Chemistry* (1935) 76f.

<sup>30</sup>) Witter, *Die Kenntnis von Kupfer und Bronze in der alten Welt*. Mannus-Bibliothek 63, 1938, 87 ff. bes. 91.