

Zur chemischen Zusammensetzung der Goldfunde von Vălçitrăn

Der Gebrauchswert von Gold ist gering. Es ist ein sehr weiches Metall und deswegen für die Herstellung von Geräten und Waffen ungeeignet. Dessen ungeachtet gibt es durchaus Waffen aus Gold, die aber wohl nur eine symbolische Funktion hatten. Diese symbolische Verwendung von Gold beruht auf zwei Aspekten: Einerseits ist die ideelle Wertschätzung zu nennen, die vermutlich in der Seltenheit und der Unzerstörbarkeit begründet liegt. Es ist sozusagen das göttliche, das königliche Gold, und damit auch ein wertvolles, wenn nicht das wertvollste Material. Dieser Aspekt gilt bis heute, auch wenn Gold in unserer Zeit nicht mehr das teuerste Metall ist, sondern z. B. von Platin übertroffen wird. Andererseits gibt es den mystischen Aspekt – Gold als Metall und Symbol der Sonne. Dies beruht sicher auf seiner Farbe, während Silber immer als Metall und Symbol des Mondes gegolten hat und auch von den Alchimisten so verwendet wurde. Zum mystischen Aspekt gehörten auch das Licht, die Reinheit und die Wärme. Dies alles wird vereint in der Vorstellung von einem goldenen Zeitalter, das in pessimistischer Sicht von anderen, weniger anheimelnden abgelöst wird. Es gibt aber auch die negative Seite oder begriffliche Besetzung von Gold, nämlich den Goldrausch oder den Fluch des Goldes.

Gold hat ein hohes spezifisches Gewicht, das nur von den Platinmetallen übertroffen wird. Das führt dazu, dass es bei natürlichen Prozessen und auch bei der Goldgewinnung durch den Menschen angereichert wird. Gold ist in der Erdkruste weit verbreitet, aber in ganz geringen Konzentrationen, etwa 4 mg/t. Das bedeutet, dass es natürliche Anreicherungsprozesse geben muss, damit das Gold sichtbar wird. Auch das Meerwasser enthält Gold und es hat durchaus Überlegungen gegeben, daraus Gold zu gewinnen.

In der Natur kommt Gold wegen seiner chemischen Eigenschaften, vor allem wegen seiner Korrosionsbeständigkeit, fast immer nur als Metall vor. Es gibt natürlich auch Goldminerale, aber diese sind selten (und deshalb bei Mineraliensammlern sehr begehrt). Für die Archäologie relevant sind zwei Formen von Goldanreicherungen: das sogenannte Fluss- oder Seifengold und das Berggold. Beide Formen enthalten immer auch einige Prozent Silber. Der Begriff Seife (oder Saife) bezieht sich auf die mechanische Anreicherung des Goldes im Wasser. Diese Lagerstätten entstehen durch Verwitterung von goldhaltigen Gesteinen und werden als Sekundärvorkommen bezeichnet. Die sogenannten Primärlagerstätten entstehen durch Fraktionierung von Magmen. Bei diesen Prozessen wird das Gold in heißen Lösungen angereichert und an bestimmten Stellen, meist zusammen mit Quarz, ausgefällt. Dies führt zur Bildung der Gold-Quarz-Gänge, der klassischen Paragenese, wie sie auch am Ada Tepe in den Rhodopen vorliegt.¹

In solchen Fällen tritt das Gold in der Regel fein verteilt im Gestein auf und die Goldgewinnung ist mit höherem Aufwand verbunden, denn hier muss zuerst das goldhaltige Gestein mechanisch herausgebrochen und zerkleinert werden. Ein Vorgang, den im Fall von Flussgold die Natur bei der Verwitterung des Gesteins übernommen hat. Das zermahlene Gesteinspulver kann danach mit Wasser angereichert werden.

Flussgold kann hingegen mit einfachen Methoden gewonnen werden. Weithin bekannt ist die Goldwäscherpfanne, effizienter aber ist ein geriffeltes Brett, über das goldhaltiges Sediment mit Wasser gespült wird. Die Riffelung kann auch durch ein grobes Gewebe oder ein Schaffell ersetzt werden. Hier könnte der verfahrenstechnische Kern für das »Goldene Vlies« der Argonautensage liegen. Dass diese Sage einen gewissen Wahrheitsgehalt hat, kann man daran erkennen, dass auch noch in der Neuzeit Gold auf diese Weise gewonnen wurde, wenn auch nicht mit einem Widderfell, sondern mit Fellen oder Tüchern, vielleicht sogar mit gefetteten Tüchern. Der Effekt beruht darauf, dass die Goldpartikel wegen des hohen spezifischen Gewichtes nach unten sinken, sich an das Fett anlagern und nicht mehr weitergespült werden. Ein Widderfell enthält erhebliche Mengen an dem Naturfett Lanolin, sodass die Sage durchaus einen technisch richtigen Hintergrund hat.

Lange Zeit hat man gedacht, dass in prähistorischen Kulturen wegen der leichteren Gewinnbarkeit vorwiegend Flussgold gewonnen wurde. Zumindest für Altägypten kann eine solche Annahme nicht gelten, denn Gold spielte dort von Beginn der Pharaonenzeit an eine wichtige Rolle. Zudem gibt es dort Goldlagerstätten in der Ostwüste zwischen dem Niltal und dem Roten Meer, jedoch keine Flüsse, sodass zumindest größere goldhaltige Gesteinsbrocken zerkleinert werden mussten. Dennoch war es eine große Überraschung, dass vor wenigen Jahren in Georgien² ein prähistorisches Goldbergwerk entdeckt wurde, das wahrscheinlich schon im 4. Jahrtausend v. Chr. in Betrieb war und wo Gold unzweifelhaft bergmännisch gewonnen wurde. Ebenso wichtig für die Geschichte des Goldbergbaus ist die Entdeckung der Goldmine auf dem Ada Tepe in den bulgarischen Rhodopen, die in die zweite Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr. datiert wird.³ Da es in der ganzen Ägäis kein größeres Goldvorkommen gibt, ist es natürlich verlockend, eine mögliche Verbindung des Ada Tepe mit den spektakulären Goldfunden der mykenischen Kultur herzustellen.

Aber ist das überhaupt möglich? Auf den ersten Blick scheint es ganz einfach zu sein. Im Prinzip könnte man meinen, dass die chemische Zusammensetzung des Goldes Auskunft über seine Herkunft geben könnte, weil es – ähnlich wie bei Steinmaterial – auf dem Weg von der Lagerstätte zum Fertigprodukt nicht verändert wird. Es liegt ja schon als Metall vor, das nur mehr in die gewünschte Form gebracht werden muss.

Die Analyse von archäologischen Goldartefakten ist nicht einfach, denn mit Ausnahme von Silber enthält es andere Elemente nur in sehr geringen Konzentrationen. Deshalb wird heute vorwiegend die Massenspektrometrie zur chemischen Analyse von Gold eingesetzt. Allerdings hat diese den Nachteil, dass die Probe in Form einer Lösung zugeführt werden muss. Das bedeutet, dass einerseits eine Probe entnommen werden muss und andererseits, dass diese auch verbraucht wird. Seit etwa 20 Jahren wird diese Methode auch mit der Probeneinführung durch Laserablation gekoppelt. Dabei wird ein Laserstrahl auf die Probenoberfläche gelenkt, wodurch die hohe Energiedichte geringe Mengen des Probenmaterials verdampfen bzw. abplatzen (ablatieren). Das so flüchtig gemachte Probenmaterial wird mit einem Gasstrom in ein Massenspektrometer gelenkt und Elementkonzentrationen und Isotopenverhältnisse können gemessen werden. Das hat den Vorteil, dass nur eine sehr kleine, mit freiem Auge kaum

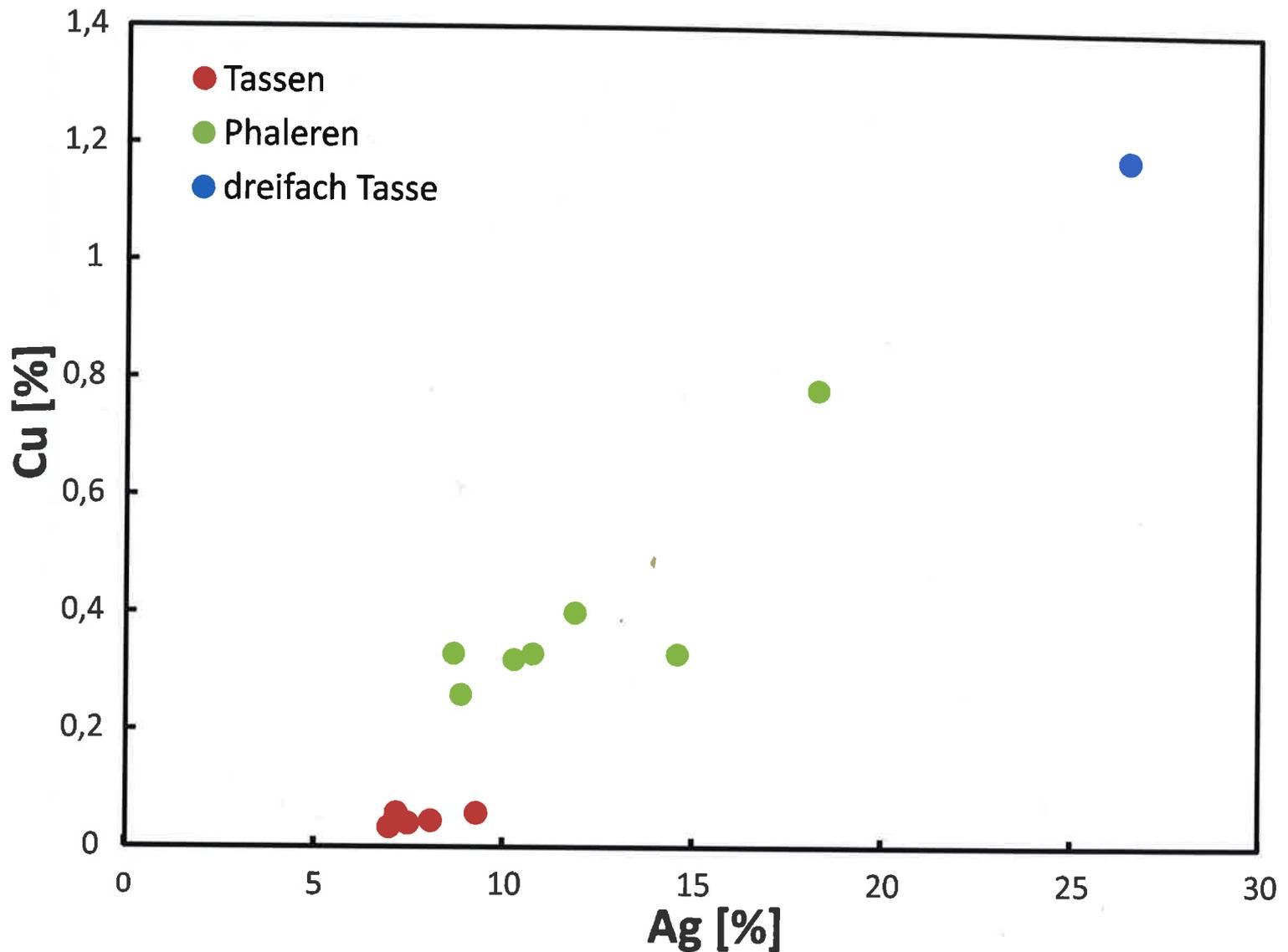


Abb. 2: Silber- und Kupfergehalte der Goldobjekte aus dem Hortfund von Vălcițrân. Die Bezeichnung »Tassen« schließt auch den Kantharos und den großen einhenkeligen Becher ein.

sichtbare Beschädigung des Objektes erfolgt. Nachteilig ist, dass das Objekt ins Labor gebracht werden muss, ein Vorgang der oft nicht möglich ist. Ein Kompromiss zwischen beiden Anforderungen ist die Entnahme einer sehr kleinen Probe von ca. 1 mg, die anschließend mit dem Laserstrahl, der auf eine kleine Fläche von typischerweise 0,05 mm fokussiert wird, analysiert werden kann. Durch diese nachweisempfindliche Methode der Laserablation konnten neben den Konzentrationen der Hauptbestandteile Gold, Silber und Kupfer weitere Elemente – wie die Platinmetalle Rhodium, Palladium, Iridium und Platin (Ruthenium und Osmium lagen in allen Proben unter der Nachweisgrenze) sowie Mangan, Eisen, Cobalt, Nickel, Zink, Cadmium, Zinn, Antimon, Tellur, Blei und Bismut – bestimmt werden.

Auf diese Weise wurden die Objekte des Hortfundes von Vălcițrân analysiert. Dabei stellte sich heraus, dass die Objekte keine einheitliche Zusammensetzung aufweisen und somit nicht aus einer Charge Gold hergestellt wurden. In *Abb. 2* sind die Gehalte an Silber und Kupfer dargestellt. Es zeigt sich, dass die Tassen (Kat.-Nrn. 100–104) und die Phaleren (Kat.-Nrn. 105–111) aus unterschiedlichem Gold bestehen und dass außerdem das ungewöhnliche Objekt mit den drei spitzovalen Gefäßen (Kat.-Nr. 112), dessen Funktion unklar ist, aus einem von diesen beiden Gruppen deutlich unterschiedlichen Gold besteht. Eine der beiden kleineren Phaleren liegt in der Mitte zwischen diesen beiden Goldsorten.

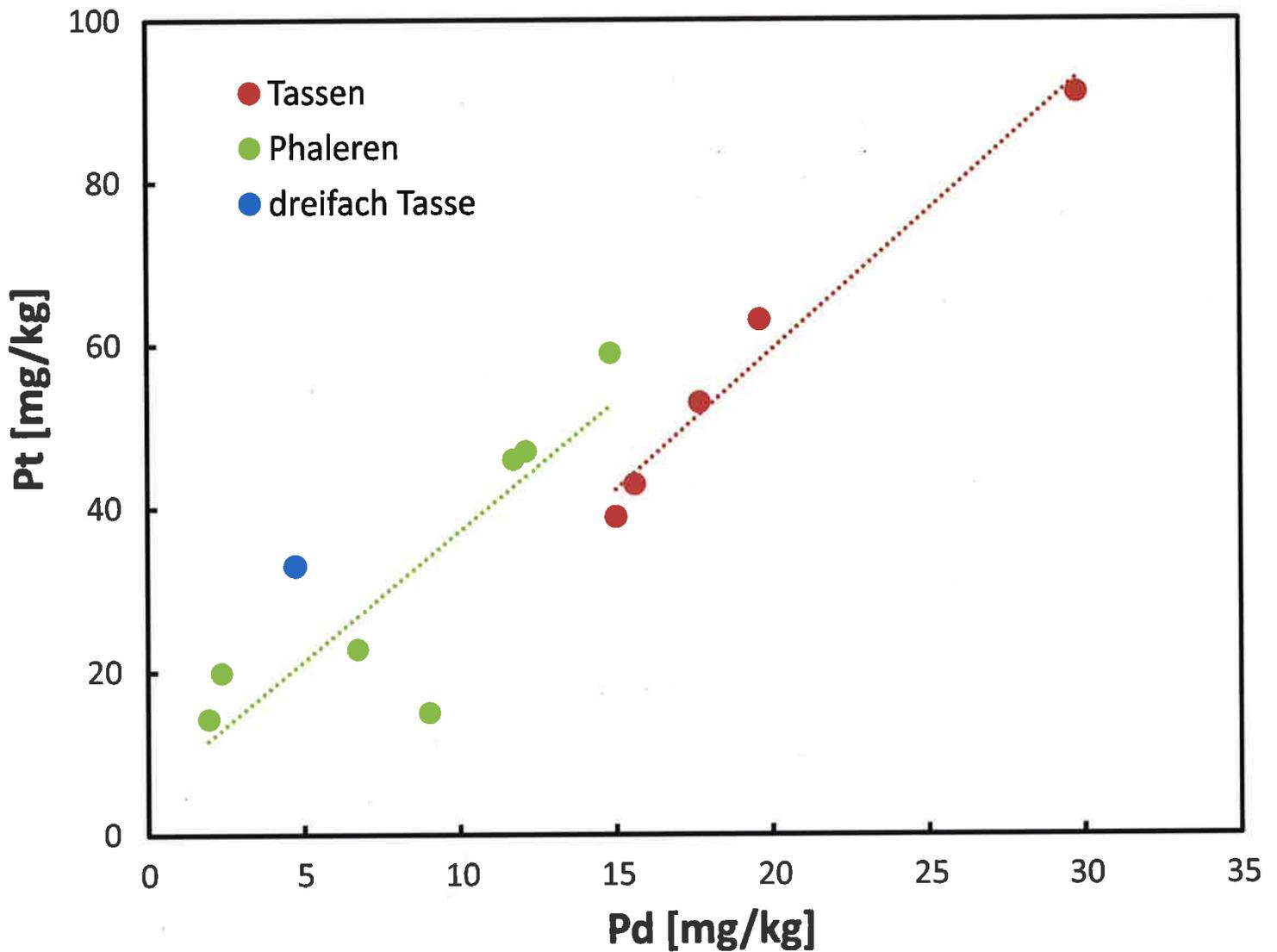


Abb. 3: Palladium- und Plattingehalte der Goldobjekte aus dem Hortfund von Vălçitrân, inklusive des Kantharos und des großen einhenkeligen Bechers (s. Abb. 1). Die Trendlinien markieren Objekte mit ähnlichen Pd/Pt-Verhältnissen.

Ein auffälliges Merkmal der Goldzusammensetzung ist der deutliche Zinngehalt (0,01–0,2 %) sowie im Gold enthaltene Platinmetalle. Erhöhte Zinngehalte im Gold weisen zumeist auf eine Herkunft aus Seifenlagerstätten hin, bei denen Goldnuggets zusammen mit dem höchst verwitterungsresistenten Kassiterit (auch als Zinnstein bekannt, SnO_2) vorkommen. Im Gegensatz zu sekundären Seifenlagerstätten, wo Gold und Platin gemeinsam auftreten können, findet sich dieses Verhältnis in Primärlagerstätten fast nie. Unter den Seifenmineralen der Platingruppenelemente sind hier insbesondere Platin-Eisen-Legierungen zu nennen. Beim Aufschmelzen einer größeren Menge von kassiterit- und platinführendem Seifengold legiert zumindest ein Teil des Zinns, Palladiums und Platins mit dem Gold und erzeugt die messbar erhöhten Gehalte dieser Elemente im produzierten Gold. Zusammenfassend kann man folgern, dass die Goldobjekte aus dem Hortfund von Vălçitrân aus Flussgold bestehen. Allein dadurch ist auszuschließen, dass das Gold vom Ada Tepe stammt, da dieses mehr als 30 % Silber enthält, wie es für Primärgold typisch ist. Die Untersuchungen zur Streubreite des Silbergehaltes in dieser Lagerstätte sind noch im Gang.

Da die beiden Elemente Palladium und Platin immer gemeinsam auftreten und in das Gold gelangen, sind sie besonders gut für die Klassifikation und gegebenenfalls für die Herkunftsbestimmung geeignet. In Abb. 3 sind die Gehalte dieser beiden Elemente an-

geführt und es zeigt sich, dass auch hinsichtlich dieser Elemente ein Unterschied zwischen den Tassen (Kat.-Nrn. 100–104) und den Phaleren (Kat.-Nrn. 105–111) besteht. Die Phaleren weisen mit dem ungefähren Wert 4 ein höheres Pt/Pd-Verhältnis auf als die Tassen mit dem Wert 3. Die Dreifachtasche (Kat.-Nr. 112) hat mit 7 das höchste Verhältnis dieser beiden Elemente. Es liegen somit drei verschiedene Goldsorten vor, die zusätzlich mit den formenkundlichen Abweichungen der Objekte gut übereinstimmen. Man könnte daher annehmen, dass die Tassen und die Phaleren entweder in verschiedenen Werkstätten oder zu verschiedenen Zeiten hergestellt wurden. Zumindest sind sie nicht aus derselben Goldcharge gefertigt. Zusätzlich besteht die Dreifachtasche aus einem deutlich abweichenden Gold, möglicherweise sogar verschiedener Herkunft.

Bezüglich der Herkunft des Goldes kann man zumindest das Bergwerk vom Ada Tepe ausschließen, nicht aber die ganze Region. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich die Goldgewinnung im Umfeld des Ada Tepe auch auf die Flüsse erstreckte, die sicher goldführend waren. Außerdem wurde bei den archäologischen Ausgrabungen auf dem Ada Tepe ein kleines Schmelzkügelchen (Kat.-Nr. 125) gefunden, möglicherweise ein verlorener Gussrest. Dieses Schmelzkügelchen weist – sowohl in den Hauptbestandteilen als auch in den Spurenelementen – eine äußerst ähnliche Zusammensetzung wie das Gold der Phaleren auf. Dies deutet darauf hin, dass Gold dieser Zusammensetzung auf dem Ada Tepe wenigstens verarbeitet wurde.

- 1 S. Beitrag von Christo Popov und Albrecht Jockenhövel in diesem Band, S. 57–61.
- 2 Thomas Stöllner, *Gold in the Caucasus: New research on gold extraction in the Kura-Araxes Culture of the 4th millennium BC and early 3rd millennium BC*, in: Harald Meller – Roberto Risch – Ernst Pernicka (Hgg.), *Metalle der Macht – Frühes Gold und Silber. 6. Mitteldeutscher Archäologentag vom 17. bis 19. Oktober 2013 in Halle (Saale) / Metals of Power – Early Gold and Silver. 6th Archaeological Conference of Central Germany, October 17–19, 2013 in Halle (Saale)* (Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle, Bd. 11), Halle (Saale) 2014, 71–110.
- 3 S. Beitrag Popov – Jockenhövel in diesem Band, S. 57–61.