Über den Damast-Stahl orientalischer Klingen der Sammlung Henri Moser-Charlottenfels

Autor(en): **Zeller, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums**

Band (Jahr): **4 (1924)**

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-1043406

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Marke des Waffenschmiedes Assad Ullah in Gold eingelegt in den Damast eines persischen Säbels.

Ueber den Damast-Stahl orientalischer Klingen der Sammlung Henri Moser-Charlottenfels.

Nach den Untersuchungen von Prof. Zschokke[1]).

Von R. Zeller.

In der Waffenschmiedekunst versteht man unter Damast gemeinhin das Ineinanderschweissen und Durcheinanderschmieden von Eisen und Stahl oder verschiedener Stahlsorten. Auf der blank gefeilten und polierten Oberfläche kommt dann beim Beizen durch Säuren infolge der verschiedenen Angreifbarkeit des Materials die Damastzeichnung zum Vorschein. Solche Damaste werden für Flintenläufe und Prunksäbel in Europa heute noch angewendet, und im übrigen steht ihre Herstellung namentlich in Hinterindien und im malayischen Archipel seit Jahrhunderten in Uebung. Es wird dort für vornehme Krisse und Lanzenspitzen sogar gewöhnliches und Meteoreisen durcheinandergeschmiedet, wobei durch die Beizung das nickelhaltige Meteoreisen sich silberhell von dem schwarzen gewöhnlichen Eisen abhebt. Bei all diesen Damasten handelt es sich demnach um einen richtigen Schweisstahl (frz. Damas corroyé).

Ganz anderer Art sind die orientalischen Damaste, die im Orient und bei den Waffenkennern sich einer ganz besonderen Wertschätzung erfreuen. Die Bezeichnung Damast rührt von den Kreuzfahrern her, die ihn in Damaskus kennen lernten. Im Persischen heisst der Da-

[1]) B. Zschokke, Du Damassé et des Lames de Damas. Préface de M. Charles Buttin. Extrait de la Revue de Métallurgie. 21e année No. 11 (novembre 1924), pag. 635—669. Die hier beigegebenen Abbildungen sind mit Ausnahme der obenstehenden der Arbeit von Zschokke entnommen.

mast Pulat, welches Wort auch die russische Sprache übernommen hat (Bulat). Die Araber reden von Fulad. Im Englischen heisst er «watered steel», während man unter «damascened» das benennt, was wir als Einlege- oder Tauschierarbeit bezeichnen.

Die eigentliche Heimat der Damaststahlbereitung ist Indien. Dort hat man Berichte über Eisengewinnung bis auf 1500 v. Chr. zurück, und im 9. Jahrh. v. Chr. ist die aus einem Stück reinen Eisens geschmiedete Kutub-Säule in Delhi entstanden. Auch die Kunst der Stahlbereitung war in Indien schon früh bekannt, und der arabische Geograph Edrisi berichtet aus dem 12. Jahrhundert vom indischen Stahl, aus dem die vortrefflichsten Schwerter der Welt geschmiedet würden. Seit dem frühen Mittelalter wurden die in Indien hergestellten Stahlblöcke auf Maultieren nach Persien und Vorderasien, so auch nach Damaskus und bis nach Kairo gebracht, um daraus die Waffen zu fabrizieren.

Es handelt sich bei diesem orientalischen Damaststahl um einen Tiegelgusstahl (Acier de fonte oder acier de cristallisation), also im Gegensatz zu dem obenerwähnten Schweisstahl um ein einheitliches Produkt, dessen Damastzeichnung, bzw. Struktur auf Kristallisations- und Seigerungsvorgänge zurückzuführen ist. Die wissenschaftliche Erkenntnis der Prozesse, welche aus dem reinen Erz den Damaststahl hervorgehen lassen, datiert erst aus neuerer Zeit und zwar sind es in erster Linie die Russen gewesen, welche als Nachbarn des Orients an das Problem herantraten. Anossow hat als Leiter der Eisenwerke und der Waffenfabrik in Slatust im südlichen Ural schon 1828—1837 mit Erfolg versucht, Damaststahl orientalischer Art herzustellen[1]). Später haben Dr. Tschernoff[2]) und N. T. Belaiew[3]) sich wissenschaftlich und praktisch mit der Materie beschäftigt und letzterem ist es ebenfalls gelungen, Damaste herzustellen, welche mit den echten orientalischen grosse Aehnlichkeit haben. Ueber die eingeborne Eisenindustrie Indiens berichtet ausser englischen Reisenden am eingehendsten der langjährige Direktor der staatlichen Eisenwerke in Ostindien C. Ritter von Schwarz[4]).

Nach Anossow und Belaiew wird der Damaststahl im Orient nach drei verschiedenen Verfahren gewonnen. Bei der indischen Methode wird

---

[1]) Anossow, über Damast. In «Ermann, Archive für die wissenschaftliche Kunde von Russland». Bd. X., S. 510.

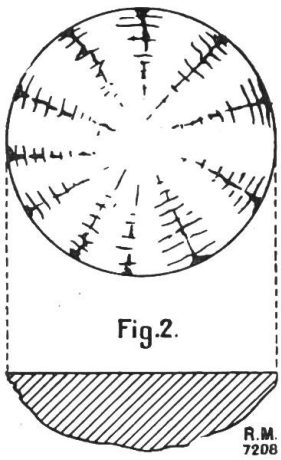
[2]) Tschernoff, über Damaststahl. The Metallographist. 1899. 3. Heft.

[3]) Belaiew, über den Damast. Petersburg 1908. Struktur und Eigenschaften des Stahls bei langsamer Abkühlung. Petersburg 1909. Ueber Damast. In «Metallurgie». Bd. VIII. 1911.

[4]) Ueber die Eisen- und Stahlindustrie Ostindiens. In «Stahl und Eisen 1901».

der Gusstahl direkt aus dem Erz in Tiegeln unter Zusatz reduzierender, pflanzlicher Substanzen (Bambuskohle z. B.) erhalten. In Persien hingegen wird weiches indisches Eisen in Tiegeln unter Beigabe von Graphit oder pflanzlichen Bestandteilen geschmolzen und gekohlt. Nach einer dritten Methode endlich wird Stahl durch langanhaltendes Glühen unterhalb Rotglut und unter Luftabschluss veranlasst, Strukturänderungen vorzunehmen, die zum Damast führen.

Fig. 1.



Es handelt sich also jedenfalls, und das ist die Hauptsache, bei den beiden ersten im Orient bevorzugten Verfahren um eine Darstellung des Damastes auf flüssigem Wege. Je nach den besondern Bedingungen bei der Herstellung erhielt das unter der Schlackendecke langsam erkaltende Metall an der Oberfläche eine radiale Zeichnung, welche auf die Kristallisation des Metalls zurückzuführen ist. Auch Belaiew verzeichnet bei seinen Versuchen solche Strukturen. Diese Stahlmasseln, «Wootz» genannt, wurden in besonders guter Qualität in Salem an der Koromandelküste und in der bergigen Landschaft Kusch an der Westküste Indiens hergestellt; ganz besonders geschätzt war auch der Stahl von Nirmal bei Heiderabad[1]). Diese Masseln nun wurden, wie vorn erwähnt, nach Vorderasien ausgeführt und dort in den nach Zeiten und Orten wechselnden Industriezentren Persiens, Arabiens, Kleinasiens und Aegyptens zu Messern, Dolchen, Säbelklingen, Schilden und Helmen verarbeitet, wobei Persien in der Waffenschmiedekunst einen ersten Rang einnahm.

Fig. 3.

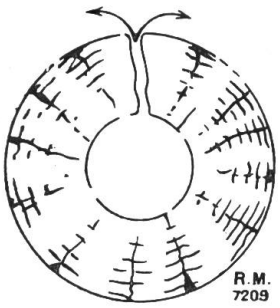
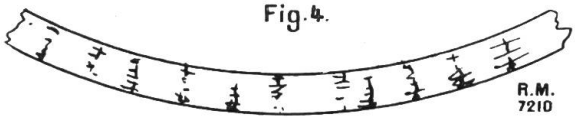


Fig. 4.



Die Kunst des Schmiedes bestand darin, aus dem von Indien kommenden Rohmaterial spezielle Damastzeichnungen herauszubringen, von denen man gegen 40 Arten unterscheidet. Nur bei einigen derselben konnten bisher die europäischen Gelehrten und Techniker einigermassen nachweisen, wie sie erhalten wurden. So erfahren wir durch Tschernoff, wie der Stufen- oder Treppendamast, von dem die 40sprossige Jakobsleiter (persisch Kirk nerdeven = 40 Sprossen) die berühmteste Variation ist, zustande kommt. Der indische Wootzblock (Fig. 1) wurde in der Mitte gelocht, dann, wie Fig. 3 zeigt, aufgeschnitten und gestreckt, wo-

[1]) Schwarz, a. a. O. Ueber die Eisen- und Stahlindustrie Ostindiens.

Tafel I.

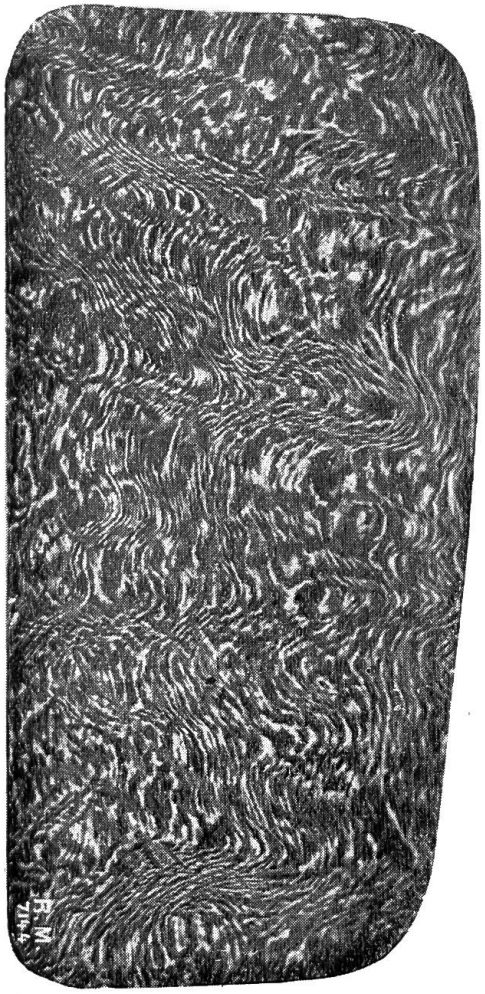


Fig. 1. **Netzdamast** der Messerklinge No. 1.

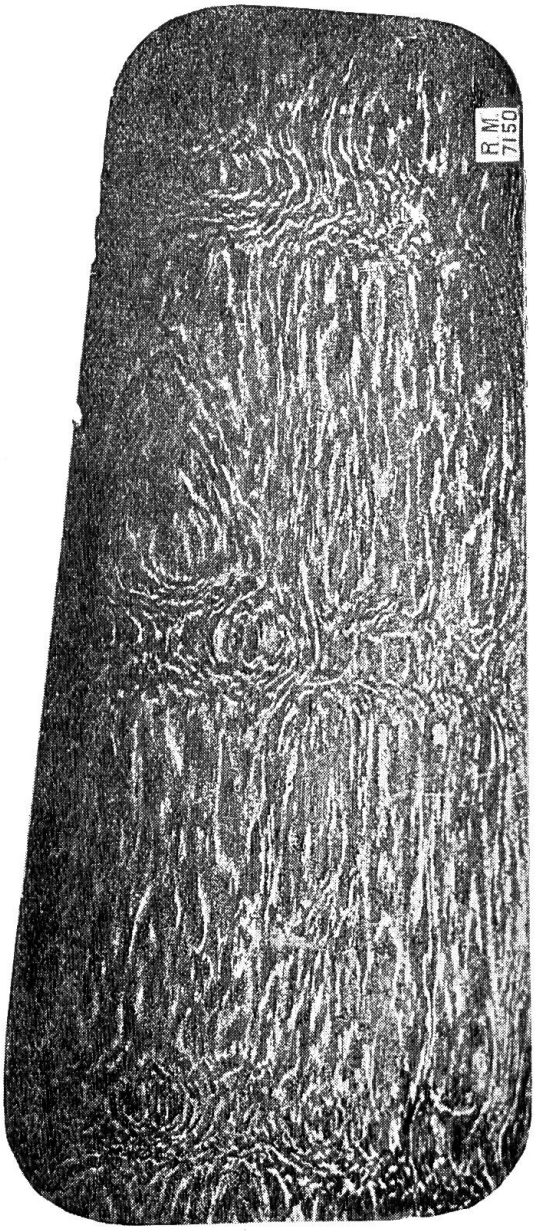


Fig. 2. **Stufendamast** der Messerklinge No. 2.

durch das ursprünglich radiale Kristallisationsmuster zu einer Art Querstreifung wurde (Fig. 4). Für andere Sorten entbehrt man heute noch präzisere Angaben über die Art und Weise, wie sie hergestellt werden; solche sind übrigens, da es sich um eine Handfertigkeit handelt, in Worten schwer wiederzugeben, auch wenn sie an Ort und Stelle beobachtet und eventuell selber erprobt würden.

Von den orientalischen Damastklingen werden allerlei wunderbare Sachen erzählt, die als Beweis für die Güte und Zähigkeit des Metalls gelten sollen. Das Durchhauen eines in die Luft geworfenen Seidentüchleins, das Durchschlagen eiserner Nägel etc. gehören zu dem Gewöhnlichsten. Anossow berichtet auch, dass eine solche Klinge weder gebrochen, noch, um 90° gebogen, ihre Elastizität einbüsse. Für den Orientalen bedarf es nicht einmal solcher Beweise, für ihn ist das Muster des Damastes massgebend, das genügt ihm, um über die Qualität einer Klinge eine feste Meinung zu bekommen.

Der Glaube an die Superiorität dieser Klingen über die entsprechenden europäischen Erzeugnisse war auch bei uns ein so gefestigter, dass eigentlich niemand daran dachte, einmal mit den neuern und verfeinerten wissenschaftlichen Methoden der modernen Metallurgie diese Eigenschaften zu untersuchen und mit modernen europäischen Stahlsorten in Vergleich zu setzen. Dass dies nicht geschah, hatte wohl seinen Grund hauptsächlich darin, dass die wenigen Museen und Privatsammler, welche im Besitze guter orientalischer Klingen sind, dieselben nicht gerne zu Versuchen hergeben mochten, die den Verlust der Klinge zur Folge haben. So fehlte einwandfreies Vergleichsmaterial und operierte man nach wie vor mit den durch die Russen hergestellten Damasten und mit den angeführten Hauproben, deren Ergebnisse eben nur zum Teil mit der Qualität des Materials zusammenhängt, zum andern auf die Form und Schärfung der Klinge und die Art, wie sie geführt wird, zurückzuführen sind.

Man kann es daher Herrn Dr. Henri Moser auf Charlottenfels, der in seiner nun in Bern befindlichen, grossen orientalischen Sammlung allein gegen 200 Damastsäbelklingen besass, nicht hoch genug anrechnen, dass er eine Anzahl guter Klingen opferte, um sie durch Herrn Prof. Bruno Zschokke an der eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich nach modernen Gesichtspunkten untersuchen zu lassen. Die Resultate dieser Prüfung sind sehr interessant und sind ein wichtiger Beitrag zur Kenntnis des orientalischen Damaststahls und seiner spezifischen Eigenschaften.

Die zur Verfügung gestellten Waffen sind vier Säbel und zwei Messer, alle aus Persien stammend und nach den Damasten und den mit Gold eingelegten Griffen zu den besseren Stücken zählend. Von den

beiden Messern zeigt Nummer 1 einen schönen Netzdamast, Nummer 2 einen typischen Stufendamast. (Vergl. Taf. 1, Fig. 1 und 2). Die vier Säbel besitzen alle die schmale, stark gebogene Form der persischen Säbelklingen (Schamschyr = Löwenschweif) mit Längen von 74,7—83,7 cm und 2,8—3,4 cm Breite. Die Krümmung hat ihr Maximum nicht in der Mitte, sondern mehr gegen die Spitze zu. Die beiden ersten Säbel (Nr. 3 und 4) besitzen in sich verschiedene, gewässerte oder Wellendamaste (Tafel II, Fig. 3 und 4); Säbel Nr. 5 zeigt einen sehr schönen Stufendamast und in Gold eingelegt den Namenszug von Assad Ullah, einem der berühmtesten Waffenschmiede des 17. Jahrhunderts (vergl. die Abbildung vorn vor dem Titel[1]). Ein ähnliches, aber mehr den Netzdamasten zuzurechnendes Muster hat der vierte Säbel, der ebenfalls mit Assad Ullah signiert ist. (Taf. III, Fig. 5).

Prof. Zschokke hatte nun die gute Idee, gleichzeitig mit diesen orientalischen Klingen und mit den gleichen Methoden auch zwei hochwertige Erzeugnisse der modernen, westeuropäischen Metallindustrie in Vergleich zu setzen. Es waren dies extra angefertigte Versuchsstücke eines doublierten Schweisstahles und eines homogenen Schwertgusstahles, die dem Autor von der bekannten Waffenfabrik Alexander Koppel in Solingen zur Verfügung gestellt wurden. Da es für die in Frage kommenden Untersuchungsmethoden nicht absolut nötig war, die Versuchsstücke in der Form von Säbeln zu bekommen, wurden sie als Flachstäbe von 60×20×5 mm hergestellt. Der Schweisstahl ist auf Taf. III, Fig. 6 abgebildet (der Gusstahl bietet gar kein Muster und es hätte daher keinen Sinn, ihn auch im Bilde vorzuführen). Solche Schweisstahle werden von den Waffenschmieden von Solingen und Umgebung heute noch gelegentlich hergestellt, wenn für Luxussäbel, Ehrendegen etc. ein Damast verlangt wird. Sie verstehen verschiedene Muster herauszuschmieden, die sich in den betreffenden Familien von Generation zu Generation vererben, wobei das Fabrikationsgeheimnis strenge gehütet wird, so dass man eigentlich über die spezielle Anfertigung solcher Schweissdamaste im Grunde nicht viel mehr weiss als über ihre orientalischen Verwandten.

Das von Prof. Zschokke aufgestellte Versuchsprogramm sah vor:

1. Die vollständige chemische, qualitative und quantitative Analyse.
2. Härte- und Biegeproben.

---

[1]) Für die Aechtheit der Signaturen und der Klingen 4 und 5 als Werk von Assad Ullah können wir keine Garantie übernehmen. Die Signatur ist in Persien vielfach gefälscht worden, und unter den verschiedenen Assad Ullah-Klingen der Sammlung Moser entdeckte Herr Buttin auch eine falsche. Doch hat das für die vorliegende Abhandlung insofern nur sekundäre Bedeutung, als es sich in jedem Fall um edle Klingen und sehr schöne Damaste handelt. *Zeller.*

Tafel II.

Wellige oder gewässerte Damaste

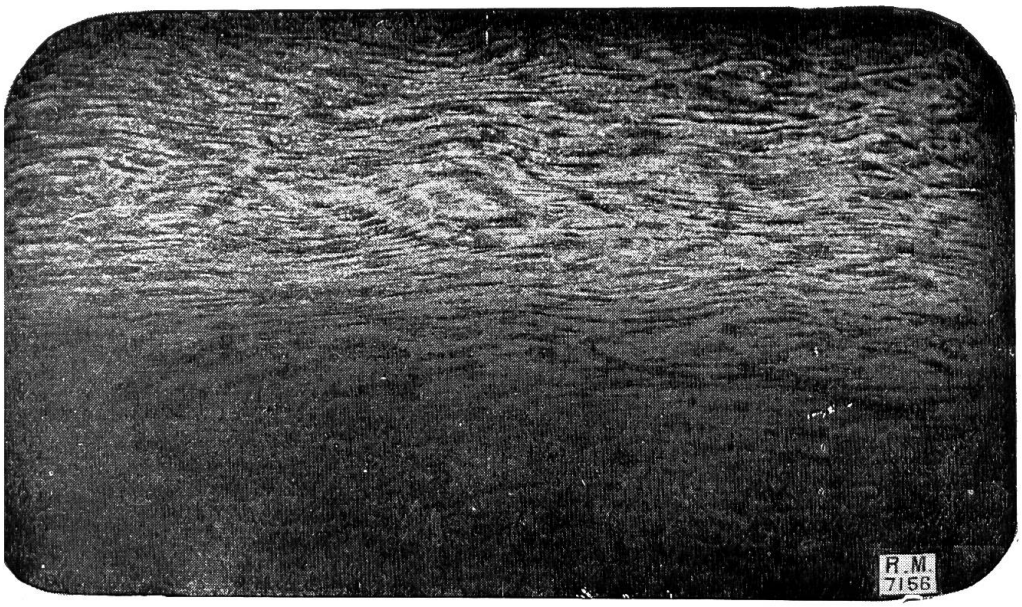


Fig. 3. Welliger Damast der Säbelklinge No. 3.

Fig. 4. Gewässerter Damast der Säbelklinge No. 4. Der Rücken ist oben, die Schneide unten.

3. Untersuchung der Mikrostruktur auf Breitseite und Querschnitt im Anlieferungszustand und geglüht.

Dieses Programm wurde einigermassen beschränkt durch die für solche Zwecke geringe Menge an Versuchsmaterial, das die Klingen zu liefern vermochten. Bei den beiden Messern reichte es sogar nur für die Analyse; bei den Säbelklingen konnten wohl Biegeproben, nicht aber Zerreissproben vorgenommen werden, da die stark gekrümmten Klingen das Herausarbeiten genügend langer Probestücke nicht gestatteten. Die Untersuchung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit, der Kontraktions- und Dehnungsverhältnisse musste daher unterbleiben.

Wir geben hier nach der Arbeit von Zschokke die Resultate der chemischen Analysen der acht untersuchten Stücke nur für die wichtigen Beimischungen:

Gehalt an:	Kohlenstoff	Silicium	Mangan	Schwefel	Phosphor
1. Messer	1,677	0,015	0,056	0,007	0,086
2. »	1,575	0,011	0,03	0,018	0,104
3. Säbel	1,874	0,049	0,005	0,013	0,127
4. »	0,596	0,119	0,159	0,032	0,252
5. »	1,324	0,062	0,019	0,008	0,108
6. »	1,726	0,062	0,028	0,020	0,172
7. Solinger Schweisstahl	0,606	0,059	0,069	0,007	0,024
8. Solinger Gusstahl	0,499	0,518	0,413	0,038	0,045

Diese Tabelle erzeigt folgende, auch für den Nichtfachmann interessante Tatsachen: Man pflegt heute Stahlsorten, die für Werkzeuge und Waffen dienen sollen, einen Kohlenstoffgehalt von 0,85—0,9 zu geben, weil dann das Metall in ungehärtetem Zustand die grösste Gleichmässigkeit aufweist. Von den sechs untersuchten orientalischen Klingen haben nun fünf einen wesentlich höhern Kohlenstoffgehalt (1,43—1,87), die eine der mit Assad Ullah bezeichneten Klingen aber steht mit 0,596 unter dem angegebenen optimalen Mittel. Dieser ungewöhnlich hohe Kohlenstoffgehalt verschuldet wohl die, wie wir sehen werden, mittelmässigen mechanischen Eigenschaften der untersuchten orientalischen Damasta, zumal ihre relative Sprödigkeit. Dies wird noch verstärkt durch den abnorm hohen Phosphorgehalt (bis 0,25), während heutige Qualitätsstähle nicht mehr als 0,03 führen dürfen. Beides zusammen macht den Stahl kaltbrüchig und gerade bei Klinge Nr. 4 wird der niedere Kohlenstoffgehalt kompensiert durch den hohen Gehalt an Phosphor. Im Gegensatz zu den orientalischen Damasten besitzen die beiden zum Vergleich herangezogenen Solinger Stähle nur wenig Phosphor (0,024 bzw. 0,045). Ihr etwas zu geringer Gehalt an Kohlenstoff wird bei Nr. 8 ausgeglichen durch den die Qualität verbessernden Gehalt an Mangan und Silizium, die man heute Qualitätsstählen zur Erhöhung der Elastizität mit Absicht

beizugeben pflegt. Der aussergewöhnlich hohe Gehalt der Klinge Nr. 5 (Assad Ullah) an Mangan und Silizium ist wohl zufällig, denn man vermag nicht einzusehen, wie diese erst durch die feinen Verfahren der modernen Chemie festgestellten Bestandteile und ihre Bedeutung den persischen Waffenschmieden bekannt gewesen sein sollten. Immerhin können sie rein empirisch herausgefunden haben, dass diese und jene Erze sich ganz besonders gut für ihre Zwecke eigneten. Der Schwefelgehalt der Damastklingen ist durchwegs sehr niedrig und ganz innerhalb der Grenze besserer europäischer Stahlsorten.

Auch für den Schmiedeprozess spielt der Kohlenstoffgehalt eine grosse Rolle. Ist der mit einer einzigen Ausnahme abnorm hohe Kohlenstoffgehalt der untersuchten orientalischen Damastklingen nur zufällig, oder beruht er auf Absicht, oder ist er durch die Umstände dem Waffenschmied aufgezwungen worden? Da sei zunächst konstatiert, dass ein hochgekohlter Stahl bei grosser Elastizität den Vorteil bietet, dass man

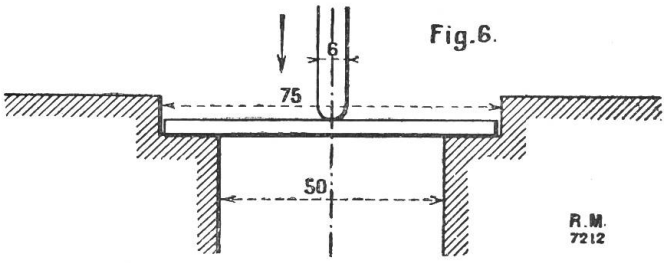


Fig. 6.

beim Schmieden auf 800—850 Grad gehen kann; ferner garantiert der Damast mit seiner merkwürdigen Verteilung von harten und weichen Gefügeelementen eine grössere Härte als ein homogener Stahl von gleichem Kohlenstoffgehalt. Im weitern sinkt, und das ist bei primitiven Einrichtungen ein Vorteil, der Schmelzpunkt mit der Zunahme des Kohlenstoffs. Das sind alles Tatsachen, die für eine so primitive Technik, wie sie bei den orientalischen Waffenschmieden gegeben war, von grösster Wichtigkeit sind, und deren Bekanntschaft wir bei ihnen voraussetzen können; ja man darf sagen, der anormal hochgekohlte Stahl hat ihnen die Erreichung der beabsichtigten Eigenschaften der Klingen erst möglich gemacht, und insofern ist die Anormalität nicht zufällig.

Für die Biegeproben musste man in Anpassung an den Charakter des Materials die einfache statische Kaltbiegeprobe anwenden, die vermittelst der Amslerschen Gusseisenbiegemaschine vorgenommen wurde. Dabei wurde ein 5 cm frei aufliegendes Versuchsstäbchen durch eine abgerundete Schneide bis zum Bruch beansprucht (Fig. 6). Zur Bestimmung der Härte benutzte man die Brinellsche Kugeldruckprobe mit einem Kugeldurchmesser von 9,5 mm und 1500 kg Kugelbelastung. Beide Ver-

Tafel III.

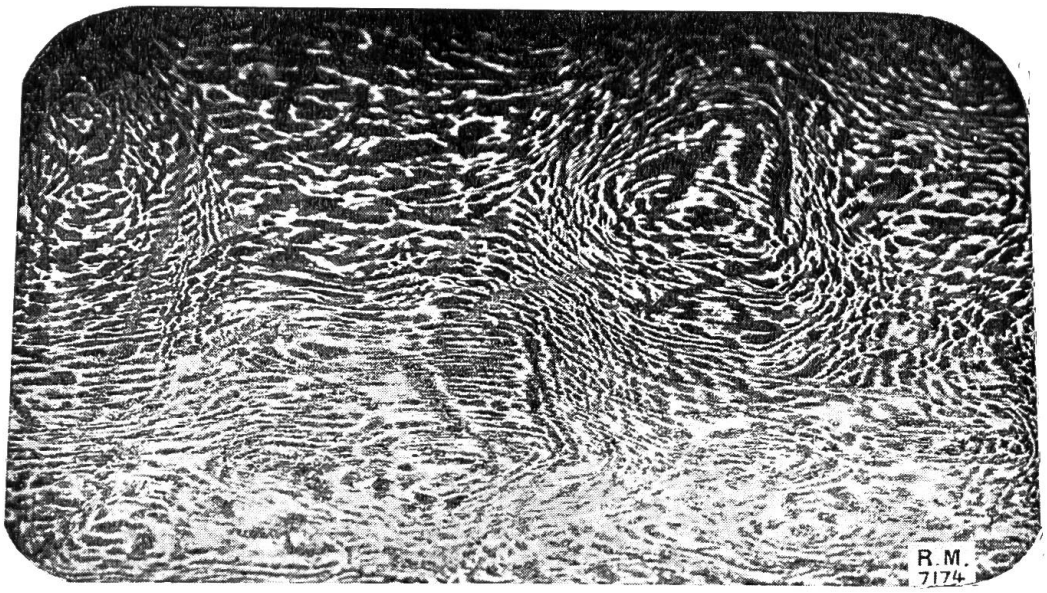


Fig. 5. **Gemischter Damast** der Säbelklinge No. 6.

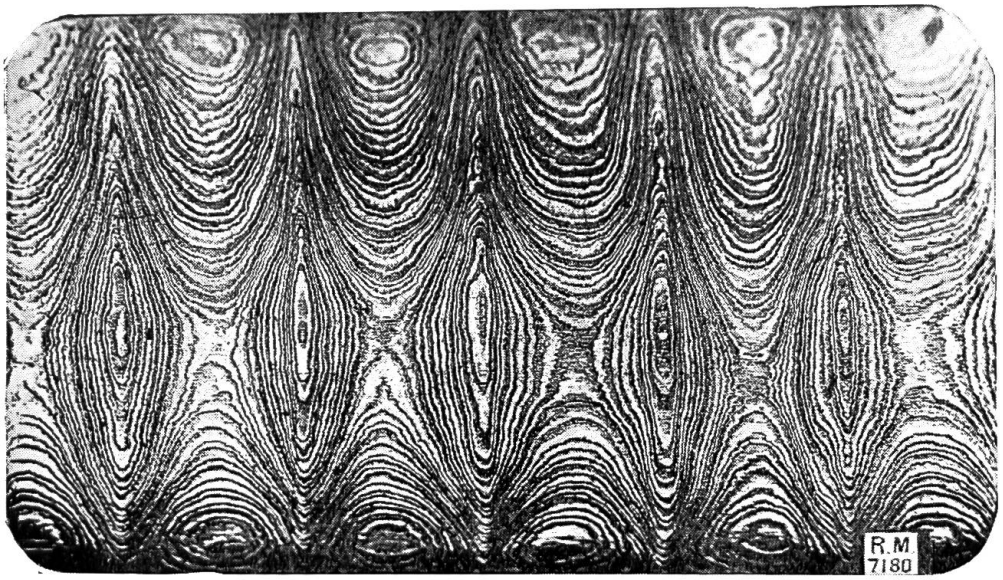


Fig. 6. **Moderner Schweissdamast** aus Solingen.

suche ergaben folgende Werte, wobei nur mehr die Säbel und die Solingervergleichstücke in Betracht fallen:

	3. Säbel	4. Säbel	5. Säbel	6. Säbel	7. Solingen	8. Solingen
Biegungsfestigkeit	13,4	15,2	11,5	14,5	21,6	30,0
Biegungsarbeit	94	221	55	63	361	622
Biegungswinkel	27	59	19	17	69	78
Härtezahl	216	233	193	248	347	463

Es sind hier nur die Mittelwerte aus je drei Messungen angeführt und ohne Angaben der Einheiten, auf die sie sich beziehen. Die blossen Zahlen genügen zur Vergleichung.

Diese Versuche ergeben nun zunächst auffallend höhere Werte für die beiden Solingerstähle als für die orientalischen Damaste und zwar in allen Versuchskategorien. Erstere sind sowohl biegsamer als auch härter als die orientalischen Klingen und sind demnach, um es in einem Wort auszudrücken, zäher. Die Versuche bestätigen also die Behauptung Egertons[1]), wenn er schreibt: «Dennoch hat der indische Stahl hinsichtlich Festigkeit und Biegsamkeit nie den europäischen erreicht, er ist entweder zu spröde, wie stark gehärtete Klingen oder zu weich, wie einige im südlichen Indien gebrauchte». Da nun ja der indische Stahl das Rohmaterial der persischen Waffenschmiede darstellt, so ist die Uebereinstimmung der beiden Ergebnisse ohne weiteres verständlich. Bei der Vergleichung der Untersuchungsresultate der vier orientalischen Säbelklingen untereinander zeigt sich, dass drei von ihnen unter sich ziemlich übereinstimmen, während auch hier wieder, wie schon bei der chemischen Analyse, die erste Assad Ullah-Klinge (Nr. 4) eine Ausnahme macht und die drei andern Klingen namentlich in bezug auf Biegungsarbeit und Biegungswinkel wesentlich übertrifft und fast an die Zahlen der Solingerstähle heranreicht. In der Härte bleibt aber auch diese Klinge weit hinter den Solingern zurück. Interessant für die Beurteilung der Damaszierung an sich ist es übrigens, dass der Homogengusstahl des einen Solingerversuchstückes dem Schweissdamast des andern wesentlich überlegen ist.

Die metallographische Untersuchung zur Feststellung der Mikrostruktur wurde an den polierten Flächen vorgenommen. Dann suchte man durch ein Aetzmittel das Gefüge blosszulegen. Dabei versagten manche der für solche Zwecke üblichen Reagentien, während $^1/_2$-prozentige Salpetersäure sehr gute Resultate ergab. Die Orientalen verwenden zu diesem Zweck ein «Zag» genanntes Mineral, das auch Dr. Moser anzuwenden pflegte, um an seinen Klingen einen allfällig vorhandenen Damast herauszuholen. Es war daher gegeben, dieses Zag auf

[1]) Egerton of Tatton. Description of Indian and Oriental armour. London 1896, p. 57.

seine chemische Zusammensetzung hin zu untersuchen, umsomehr, als bisher nur eine summarische Analyse bekannt war[1]). Das Mineral ist ein kompaktes, auf frischer Bruchfläche fein kristallinisch aussehendes Gestein von zitronengelber Farbe und metallischem Geschmack. Die Analyse ergab:

Gangart	14,80 %
Tonerde (Al O)	0,18 %
Eisenvitriol (Ferrisulfat)	17,67 %
Eisenoxyd (Fe O)	1,70 %
Ferrosulfat	52,32 %
Gips	6,45 %
Magnesia	2,03 %
Wasser	3,43 %
Alkalien (aus Differenz)	1,42 %
	100,00 %

Das Mineral besteht demnach zum grössten Teil aus Eisensulfat und ist offenbar das Verwitterungsprodukt eines stark pyritschüssigen, kristallinen Gesteins, in dem das Schwefeleisen (Pyrit) zu wasserlöslichem Eisensulfat oxydiert worden ist. Der saure Charakter des Reagens erklärt ohne weiteres seine Anwendbarkeit zur Aetzung, doch haben Parallelversuche dargetan, dass die auf 1 : 200 verdünnte Salpetersäure bessere Resultate ergab.

Die mikrophotographische Untersuchung der angeätzten Flächen ergab nun vollständige Uebereinstimmung mit dem aus der Analyse sich ergebenden Befund. Wir bringen hier aus der Zschokkeschen Arbeit als einziges Beispiel das mikroskopische Bild von Fläche und Querschnitt des zweiten Assad Ullah-Säbels (Nr. 5) in Fig. 7—10 und den Vergrösserungen von 46 und 550 auf Tafel IV. In einer dunklen Grundmasse (von sog. Sorbit oder Troostit) liegen weisse Körner des kohlenstoffreichern Zementits oder Ferrits, aber das Gemenge ist nicht gleichförmig, sondern es herrscht eine streifenartige Anordnung, indem die gleichartigen Bestandteile sich infolge kristallinischer Anziehungskräfte zu grössern Komplexen vereinigt haben. Diese Scheidung erfolgt im Stadium der sekundären Kristallisation, also erst nach vollständiger Erstarrung der Schmelze. Sie braucht zur Ausbildung eine gewisse Zeit, woraus sich erklärt, dass der Damast umso schärfer und klarer wird, je langsamer die Abkühlung sich vollzieht und je kohlenstoffhaltiger der Stahl ist.

Die spezielle Art der Damastzeichnung, ihre Einfachheit bei gewässerten und welligen, ihre Verworrenheit bei den Netz- und Stufen-

[1]) Ausgeführt 1894 an der Ecole des Mines in Paris. Vergl. Duc de Luynes Mémoire sur la fabrication de l'acier fondu et damassé.

Tafel IV.

Mikrophotographisches Bild des Damastes der Säbelklinge No. 5.

I. Fläche.

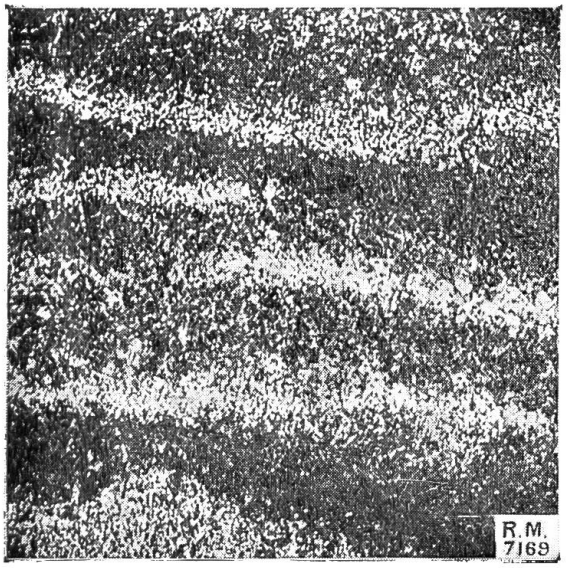


Fig. 7. Vergrösserung 46.

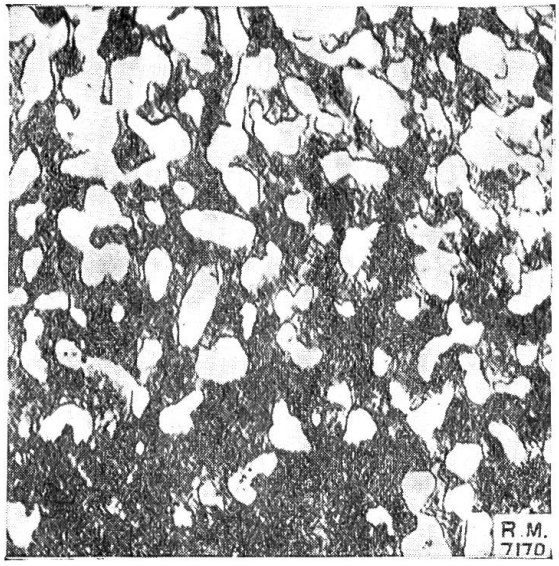
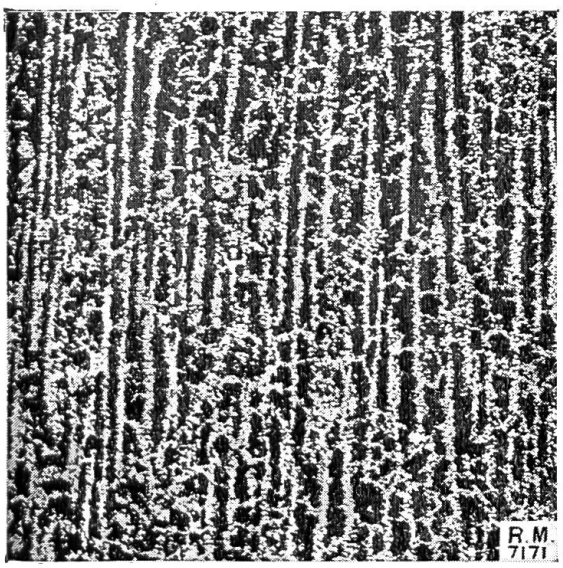


Fig. 8. Vergrösserung 550.

II. Querschnitt.



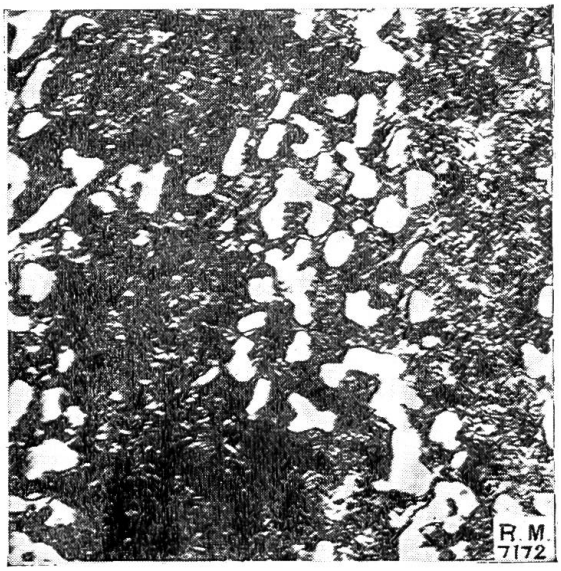


Fig. 9. Vergrösserungen wie oben. Fig. 10.

damasten, kann aber kaum auf die natürlichen Ursachen wie die sekundäre Kristallisation allein zurückgeführt werden, sondern hängt jedenfalls auch mit der nachträglichen Bearbeitung des als Rohmaterial dienenden, fertigen Stahlblockes zusammen. Dieser Schmiedeprozess darf aber nicht bei zu hoher Temperatur erfolgen, weil sonst die Damaststruktur verloren geht. Wie kompliziert diese Schmiedearbeit oft sein musste, geht aus den Damastbildern der Tafel I und III hervor, ja die mikroskopischen Bilder der Tafel IV zeigen, dass dort sogar die Streifung auf Breitseite und Querschnitt senkrecht aufeinander steht. Die Klinge des Säbels Nr. 4 ist insofern interessant, als bei ihr die Schneide vorwiegend aus dem dunklen Perlit besteht, der bedeutend härter ist als der helle Ferrit, der mehr den Rücken zusammensetzt (siehe Tafel. II). Es scheint, als ob der Schmied den Härteunterschied der beiden Bestandteile gekannt und darnach gehandelt hätte.

Auch in bezug auf die Härtung der Klingen liegen bei den orientalischen Damasten besondere Verhältnisse vor. Bei uns werden alle aus Homogenstahl gefertigten Werkzeuge und Waffen gehärtet, indem man den Stahl einer hohen Temperatur aussetzt, die nach dem Kohlenstoffgehalt sich bemisst, und nachher mit einer Flüssigkeit abschreckt. Da der so gehärtete Stahl aber sehr spröde ist, so wird er nachträglich wieder mässig erwärmt, das ist das sog. Anlassen. Bei den orientalischen Klingen ist es nun nicht möglich, dieses Härtungsverfahren anzuwenden, da bei einer solchen Ueberhitzung die sekundäre Kristallisation und damit die Damastzeichnung verschwinden würde. Die von Zschokke angestellten Versuche haben das bestätigt, indem beim Ausglühen der Probeklingen der Damast bei ca. 1000 Grad (bei der II. Assad Ullah-Klinge sogar schon bei 750 Grad) verloren ging und eine vollständige Umwandlung des Gefüges eintrat. Die orientalischen Waffenschmiede haben rein empirisch herausgefunden, dass beim Ausschmieden wie beim Härten der Klingen eine gewisse Temperatur nicht überschritten werden darf, und in Indien wird das Ablöschen nicht in kaltem Wasser, sondern in geschmolzenem Talg vorgenommen. Auch der hohe Kohlenstoffgehalt verbot zu hohe Temperaturen, da sonst die Klinge viel zu spröde geworden wäre und Härterisse erhalten hätte.

Aus all den Untersuchungen von Prof. Zschokke, die wir im Vorgehenden skizziert haben, ergibt sich demnach als ein Hauptresultat, «dass man mit den heutigen Hilfsmitteln der Metallurgie Klingen erzeugen kann, die den alten, orientalischen Damastklingen nicht nur nicht nachstehen, sondern ihnen in den allgemein technischen Eigenschaften nicht unerheblich überlegen sind und man sich daher hüten soll, die alten Damastklingen ohne weiteres, nur weil sie eben Damast sind, als etwas Unübertreffliches

darzustellen». Dies Resultat ist etwas schmerzlich für alle diejenigen, denen die orientalischen Klingen als etwas schlechthin Konkurrenzloses gegolten haben, und bei denen nun der ganze Zauber der Romantik, mit dem diese Klingen umgeben werden, ins Wanken kommt.

Immerhin sieht sich auch Zschokke veranlasst, darauf aufmerksam zu machen, dass es vielleicht voreilig wäre, das auf Grund seiner Untersuchungen gewonnene Urteil ohne weiteres auf die Damastklingen im allgemeinen anwenden zu wollen. Denn erstens verdanken die untersuchten Klingen ihre mittelmässigen Eigenschaften hauptsächlich ihrem abnorm hohen Phosphorgehalt, und es ist zu erwarten, dass ein in dieser Beziehung reinerer Stahl auch Klingen besserer Qualität ergeben würde. Schwarz gibt in seinem Bericht eine Reihe von Analysen indischer Erze, die einen tadellosen Stahl liefern müssen, wie die von Pipugaon und von Singareni bei Heiderabad, an welch letzterem Orte schon im Altertum ein berühmtes Zentrum der Stahlfabrikation sich befand. Ferner ist zu beachten, dass dank dem Fortschritt der technischen Wissenschaften in Europa erst in verhältnissmässig neuerer Zeit so vortreffliche Stahlsorten fabriziert werden, wie sie hier zu den orientalischen Damasten in Vergleich gesetzt wurden, so dass sich die Ansicht vertreten lässt, die orientalischen Klingen seien faktisch noch vor 50 Jahren den besten europäischen nicht nur gleichwertig, sondern wahrscheinlich sogar überlegen gewesen.

In jedem Fall bedeutet die von Dr. Moser angeregte und ermöglichte Arbeit von Prof. Zschokke einen wichtigen Schritt zur Kenntnis der Eigenschaften des orientalischen Damastes, und es dürfte die metallurgische Seite des Problems mit dieser Untersuchung annähernd gelöst sein. Wohl erheben sich noch allerhand Fragen, auf die Zschokke selber aufmerksam macht, wie z. B., ob das in Indien übliche langsame Erkaltenlassen des geschmolzenen Stahls im Schmelztiegel und die dadurch bewirkte primäre Kristallisation an sich schon in veredelndem Sinne wirkt, eine Frage, die nur durch planmässige, vergleichende Versuche in einem Tiegelgusstahlwerk beantwortet werden könnte.

Mit der metallurgischen Untersuchung ist aber, und dessen ist sich auch Zschokke bewusst, die Damastfrage noch nicht gelöst. Denn erstens wissen wir, wie weiter vorne ausgeführt worden, bis jetzt immer noch nicht, auf welche Weise die Waffenschmiede ihre speziellen Damastmuster zuwege bringen. Dr. Moser, den das Problem des orientalischen Damastes stark beschäftigte, welchem Interesse wir ja die vorliegende Arbeit verdanken, gedachte eben dieser Seite der Frage in Indien selber zu Leibe zu gehen und zu diesem Zwecke brach er ja, bereits 65 jährig, 1909 nach Indien auf. Leider zwang ihn eine ernste Erkrankung sofort zur Rückkehr, bevor er seine Studien hatte überhaupt beginnen können. Die Her-

stellung des Damastmusters selber ist also noch ein offenes Problem, denn die von Anossow und von Belaiew fabrizierten Damaste reichten wohl in ihren Eigenschaften, nicht aber in ihrer Musterung an die orientalischen heran.

Zum andern spielt hinein die Frage des Schliffes bzw. der Beschaffenheit der Schneide. Die Klingen werden beim praktischen Gebrauch auf Schlag und als Schneide auf Abnützung beansprucht. So wünschenswert es nun gewesen wäre, den Widerstand der Schneiden gegen Abnützung zu ermitteln, so musste Zschokke mangels einer wissenschaftlich einwandfreien Methode zur Berechnung der Abnutzbarkeit der Metalle im allgemeinen und von Messer- und Säbelschneiden im besonderen, davon absehen. Man kann nur vermuten, dass gerade die eigenartige Struktur des Damastes mit seiner Einlagerung härterer, gröberer Kristallkörner in eine weiche Grundmasse einen Vorteil gegenüber dem homogenen Stahl darstellt und jene weniger leicht schartig wird. Darauf macht auch Ch. Buttin in seinem Vorwort zu Zschokkes Arbeit besonders aufmerksam und er glaubt, dass dieser Wechsel im Material überhaupt erst diesen wunderbaren Schliff ermögliche und dass wir es bei diesen Schneiden mit einer Art mikroskopischer Säge zu tun haben, die für das Auge und den Tastsinn nicht wahrnehmbar sind. Schon Anossow berichtet ja, dass er imstande war, mit dem von ihm selber nach orientalischer Methode hergestellten Damast das in die Luft geworfene Seidentüchlein zu durchschneiden, was ihm mit dem bestgeschärften englischen Gusstahl nicht gelang. Zuletzt spielt wohl auch noch die Krümmung der Klinge, von der wir sahen, dass sie gewisse Verhältnisse innehält, sowie die Art der Klingenführung eine Rolle. Während man mit dem Schwerte drein schlägt, wird der Säbel mehr gezogen, welcher Art die Krümmung sehr entgegenkommt und so liegt wohl, wie Buttin betont, in der raffinierten Ausnützung der durch den Damast ermöglichten scharfen Schneide zu einem grossen Teil das Geheimnis der wunderbaren Leistungen und des alten Rufes orientalischer Damastklingen.