

Abb. 41. Schematische Darstellung der unterschiedlichen Prozesse während des Zylinderblasverfahrens, die zur Verformung und Ausrichtung eingeschlossener Luftblasen führen.

1. Nach der Entnahme des Glaspostens und dem Blasen zum Köbel werden die Luftblasen kaum verformt. Auch die starke Rotation deformiert sie nur leicht (Abb. 41,a).
2. Während des Blasens zum länglichen Ballon erfährt der mittlere Bereich eine besonders starke Dehnung. Dadurch nehmen die Luftblasen eine ovale Form mit Orientierung zur Längsrichtung des Ballons an (Abb. 41,b).
3. Es folgt das Aufschneiden des freien Endes (Abb. 41,b).
4. Das anschließende Weiten der Öffnungen zieht die Luftbläschen in Richtung des gedehnten Randes. Durch die sehr starke Dehnung entstehen spitzovale Blasen in Querrichtung des Zylinders (Abb. 41,c).
5. An der aufgeklappten Tafel zeigen sich somit unterschiedliche Orientierungen der Luftblasen (Abb. 41,d). In der Mitte der Tafel sind längsovale Blasen zur Längsrichtung des ursprünglichen Zylinders ausgerichtet, wie von Kobler und Lang beschrieben (siehe oben). An den verschmolzenen Rändern liegen spitzovale Blasen jedoch in Querrichtung des Zylinders. Der Übergangsbereich enthält Luftblasen unterschiedlicher Verformung, darunter auch runde.

Somit kann festgestellt werden, dass keine **konsequent** einheitliche Orientierung der Luftbläschen an zylindergeblasenem Flachglas vorliegt. Gerade der charakteristische Wechsel ihrer Ausrichtung stellt einen eindeutigen Beleg für das Zylinderblasverfahren dar.

6.2.3. Werkzeugspuren am festen Glas (Glaserwerkstatt)

Unter den technischen Bearbeitungsmerkmalen an den Funden sind Werkzeugspuren, die eindeutig im harten Zustand des Glases erzeugt wurden. Darunter fallen Ritzungen, Spuren der groben Formgebung und der Feinretusche (Kröseln) der Kanten, die allesamt der Weiterverarbeitung durch den Windsheimer Glaser zugeschrieben werden.

a) Ritzungen

10.301 Scherben weisen Ritzungen auf (siehe besonders Taf. 18–28)²⁷⁸. Charakteristisch sind unterschiedliche Ritztiefen, die stets nur über kurze Strecken von wenigen Zentimetern verlaufen und sehr unruhig in der Linienführung sind. Makroaufnahmen der Ritzungen zeigen schollenartige Abplatzungen, die ausschließlich dann auftreten, wenn das Glas beim Anritzen erstarrt war und dessen Oberfläche dem Ritzwerkzeug Widerstand bot (Abb. 24,3,4).

Nur eine einzige Scherbe zeigt Ritzungen, die aufgrund ihrer blasigen Struktur auf eine Entstehung unter starker Hitzeeinwirkung hindeuten (Abb. 24,5). Hohe Temperaturen müssen nicht zwangsläufig in Verbindung mit dem Anritzen stehen, da sie auch in einem späteren Arbeitsgang beispielsweise mit einem heißen Trenneisen entstanden sein können²⁷⁹.

S. Strobl beschreibt eine andere Ritz- und Zuschnitttechnik, bei der die Oberfläche an einer einzigen gezielten Linie geritzt und durch leichte Schläge mit einem Hämmerchen oder Holzstück von der Rückseite zu einem Sprung erweitert wird²⁸⁰. Für diese Methode eignet sich am besten der Diamant²⁸¹, welcher nach S. Strobl erstmals Ende des 14. Jahrhunderts in Italien Anwendung fand²⁸². An den Windsheimer Funden kann der Gebrauch des Diamanten, mit dem Glas großflächig an einer einzelnen Ritzlinie gebrochen werden konnte, weder bestätigt noch dementiert werden – er ist aber sehr unwahrscheinlich.

Um die Oberfläche des Glases zu beschädigen, ist ein Material oberhalb der Mohs'schen Glashärte von sechs bis sieben nötig²⁸³. Aus dem Windsheimer Werkstattfund wurde ein Abschlag geborgen, der eine entsprechende Härte aufweist und als Ritzwerkzeug geeignet wäre²⁸⁴. Denkbar ist auch die Verwen-

²⁷⁸ Das entspricht einem Anteil von 13,6 % gemessen an der Gesamtzahl von 75.915 %. Bei den oft nur sehr feinen Ritzungen zeigt sich eine besonders deutliche Diskrepanz, wenn nur die sehr gut erhaltenen Gläser hinzugezogen werden: Mit 7.953 Fragmenten mit Ritzungen von 39.928 Scherben des Erhaltungszustands 1 liegt der Anteil hier bei fast 20 %.

²⁷⁹ Siehe nächster Abschnitt 6.2.3.b) *Grobe Formgebung (Halbfabrikate und Abhebelreste)* und 6.2.4.b) *Die Weiterverarbeitung von Flachglas in der Glaserwerkstatt*.

²⁸⁰ Strobl 1990, 85.

²⁸¹ In der älteren Literatur wird angenommen, dass der Diamant erst um 1500 „Einzug in die Glaserwerkstatt“ hielt, beispielsweise bei Wentzel 1959, 483. – S. Strobl nimmt die Einführung des Diamanten in Deutschland anhand von Schriftquellen bereits seit dem Ende des 14. Jahrhunderts an, räumt jedoch ein, dass ihm keine Originale aus der Zeit bekannt sind: siehe Strobl 1990, 84–88.

²⁸² Strobl 1990, 86.

²⁸³ Strobl 1990, 85.

²⁸⁴ Siehe dazu auch ausführlich Abschnitt 7.1. *Sonderfund aus Glas: Ritzwerkzeug?*

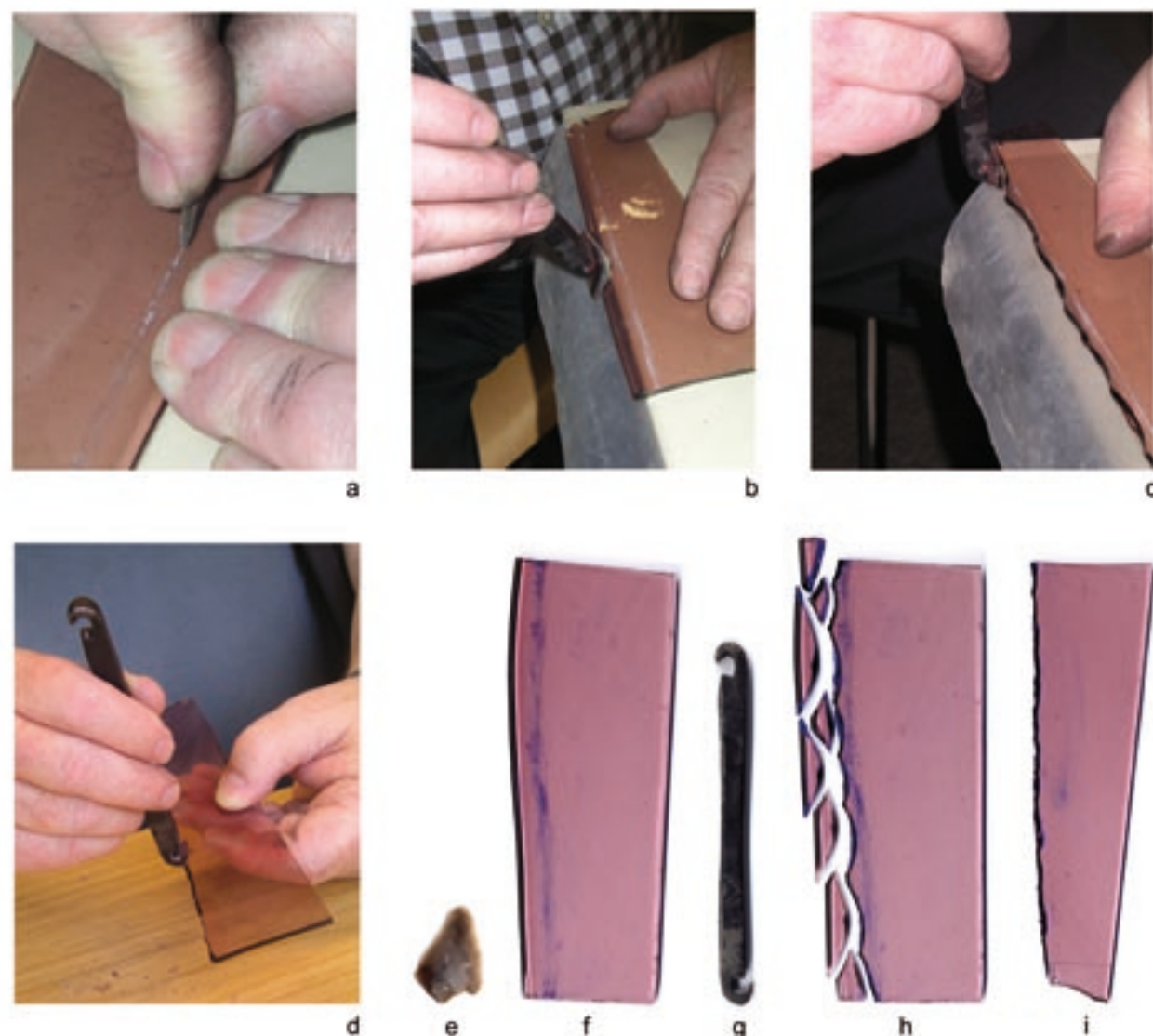


Abb. 42. Experimentell nachgestelltes Bearbeiten von Tafelglas: a. Anritzen mit Silex – b, c. grobes Abhebeln mit Kröseleisen – d. Feinretusche mit Kröseleisen – e. Silex (kein Originalfundstück) – f. geritztes Flachglas – g. Kröseleisenreplik – h. grob abgehebelte Kante mit Abhebelresten – i. fertig gekröselte Kante.

dung des häufig vorkommenden Silex, da er für den Glaser leicht zu beschaffen und erschwinglich gewesen wäre. Die Verfasserin konnte experimentell nachweisen, dass sich sogar modernes Floatglas sowohl mit dem Windsheimer Originalfund als auch ersatzweise mit Silex leicht ritzen lässt (Abb. 42; 43)²⁸⁵. Die so entstandenen Ritzlinien weisen ebenso schwankende Tiefen, schollenartige Abplatzungen und unruhige Strichführung auf. Über kurze Strecken lässt sich das Glas an einzelnen Ritzlinien über Kante problemlos brechen, ab spätestens 10 cm Breite kommt es häufig zu unkontrollierten Sprüngen²⁸⁶. Hier bietet sich eine andere Methode an, die des oben erwähnten, heißen Trenneisens. Sie wird im nächsten Abschnitt *b) Grobe Formgebung (Halbfabrikate und Abhebelreste)* und *b) Die Weiterverarbeitung von Flachglas in der Glaserwerkstatt* diskutiert.

²⁸⁵ Siehe Abschnitt 6.2.4.b) *Die Weiterverarbeitung in der Glaserwerkstatt*.

²⁸⁶ Ganze Glastafeln lassen sich einzig an einer sauberen und gleichmäßig durchgeführten Ritzlinie mittels eines Diamanten teilen.

Sehr häufig verlaufen **mehrere** Ritzungen nebeneinander, ein Brechen an einer einzelnen Ritzung ist hier ausgeschlossen (besonders Taf. 22,5.7; 23; 25-28). Nach Meinung der Verfasserin entstanden mehrfach parallele Ritzlinien nicht bei der Erprobung unterschiedlicher Materialien, wie von A. Soffner vermutet²⁸⁷; dafür kommen sie an den Windsheimer Gläsern schlichtweg zu regelhaft und gleichförmig vor. Die bis zu fingerbreiten Ritzzonen dienten vielmehr als grobe Begrenzung beim Brechen oder Abhebeln mit dem Kröseleisen. Sie sollten bei der Formgebung unkontrollierte Sprünge verhindern und dürfen als Sollbruchflächen verstanden werden. Im Versuch stellte sich heraus, dass Ritzzonen einen unkontrollierten Sprung beim anschließenden Abhebeln verhindern (Abb. 42,a-c). Erklärt werden kann dieser Effekt durch die Oberflächenbeschaffenheit von Glas im Allgemeinen. Bereits geringe Verletzungen können durch Kerbwirkung die mechanischen Eigenschaften von Glas beeinflussen²⁸⁸.

Das Kröseln an breiten Ritzzonen ist eine allgemein in Vergessenheit geratene Vorläufermethode der späteren, heute noch angewendeten Ritztechnik mit dem Diamanten oder dem Stahlrad²⁸⁹. Einzig W. Lang vermutet, dass solche Ritzzonen für das anschließende Absprennen und Abkanten angebracht wurden²⁹⁰.

Ritzlinien befinden sich sowohl an halbfertigen Flachglassegmenten (vor allem Taf. 18-22; vgl. Abb. 43) und an abgehebelten Abfallstücken (Taf. 23-28). Aber auch fertige Segmente können an ihren gekröselten Kanten Ritzspuren aufweisen (Taf. 32,13.19; 36,7.13), die eingebaut nicht mehr zu sehen sind, da sie unter den Bleistegen verborgen liegen.

Flachglas mit Ritzungen müsste im Fundgut archäologischer Grabungen häufig vorkommen, da es nicht zwangsläufig im Kontext mit einer Glaserwerkstatt stehen muss, sondern oft als Bauschutt entsorgt wurde. Häufig bleiben die feinen Ritzungen jedoch unerkant.

Dass die vorliegenden, breiten Ritzzonen nicht etwa auf eine spezielle Windsheimer oder regionaltypische Glasbearbeitung hindeuten, zeigen Ritzzonen aus dem bereits erwähnten Glasfund vom Augustinereremiten-Kloster in Freiburg im Breisgau²⁹¹. Auch im Duderstadter Fund kommt eine Scherbe mit zwei nebeneinander verlaufenden Ritzlinien vor²⁹². Ferner besitzt eine spätmittelalterliche Flachglasscherbe aus dem Nassachtal solche Ritzungen²⁹³. Somit handelt es sich um eine – vor der Einführung des Diamanten – allgemein verbreitete, bislang heute unbekannt Methode, Flachglas zu zerteilen.

²⁸⁷ Soffner 1995b, 322. Vgl. auch 325f. Abb. 1,11.

²⁸⁸ Glas ist durch geringe Zugfestigkeit und Bruchdehnung sehr spröde und leicht zerbrechlich: vgl. Merkel/Thomas 1994, 530f.

²⁸⁹ Siehe Abschnitt 7.1. *Sonderfund aus Glas: Ritzwerkzeug?*

²⁹⁰ Lang 2001, 144.

²⁹¹ Siehe besonders Soffner 1995b, 324, 325 Abb. 1,11.

²⁹² Siehe Porath 1996, 127 Abb. 7,128.

²⁹³ Siehe Lang 2001, 144 Nr. 4, 157 Taf. 1,4.

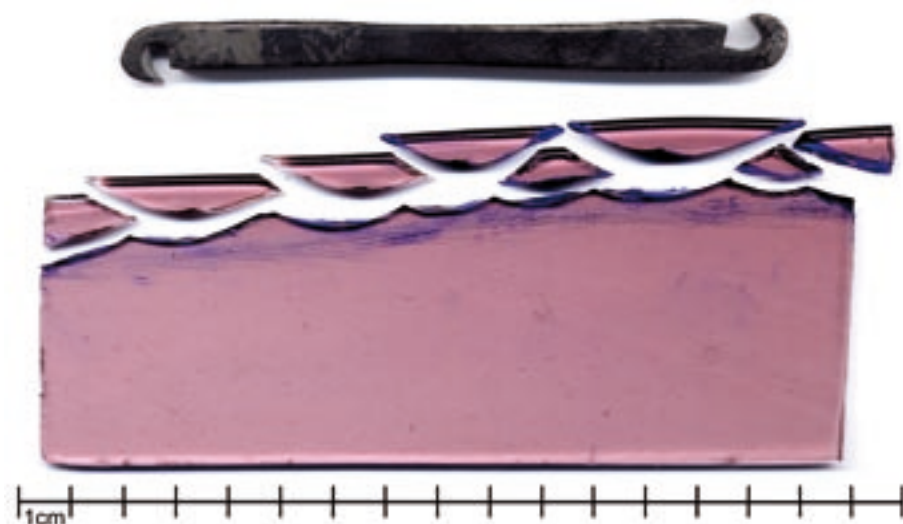
Zu weiteren Belegen im Windsheimer Fund zählen Abhebelreste und Halbfabrikate, die im folgenden Abschnitt vorgestellt werden.

Doch wie lassen sich **einzel**n verlaufende Linien an fertig gekröselten Kanten erklären?

Um eine Antwort darauf zu finden, wurde das Bearbeiten von Flachglas experimentell nachgestellt (Abb. 42):

Zunächst wird mit Silex eine breite Ritzzone angebracht, wobei die inneren Linien die endgültige Form markieren. Dann werden mit dem Kröseleisen von außen nach innen kleine Stücke abhebelt, bis das Glas allmählich das gewünschte Format aufweist (die vorher angebrachte Ritzzone wird so immer weiter abgetragen). Übrig bleibt die innere Orientierungslinie direkt an der fein retuschierten Kante.

Abb. 43. Mit einem Nachbau des originalen Kröseleisens (siehe Abschnitt 7.5.1. Kröseleisen) experimentell hergestellte, grob abgehebelte Kanten und die anfallenden Abfallstücke (Bruchkanten und Ritzungen durch Silexabschlag blau eingefärbt).



b) Grobe Formgebung (Halbfabrikate und Abhebelreste)

Die Verwendung eines heißen Trenneisens kann an den Funden nicht festgestellt werden, da es keine typischen Spuren hinterlässt, die ihm sicher zuzuordnen wären. Nur die oben erwähnten verschmolzenen und aufgeblühten Ritzlinien einer Scherbe deuten auf Hitzeeinwirkungen hin, die evtl. durch ein heißes Trenneisen verursacht wurden. In Abschnitt 6.2.4.b) *Die Weiterverarbeitung von Flachglas in der Glaserwerkstatt* wird erläutert, weshalb der Gebrauch des Trenneisens auch ohne sicheren Beleg angenommen werden kann.

Für die grobe Formgebung wurde noch ein anderes Werkzeug eingesetzt: das Kröseleisen. Seine Spuren am Glas sind so eindeutig, dass die Vorgehensweise des Glasers eingehend untersucht werden kann.

Grob abgehebelte Flachglassegmente (Halbfabrikate)

Die im Fundspektrum vorkommenden Halbfabrikate zeichnen sich durch grob abgehebelte Kanten aus (Taf. 17,9.10; 18-22,6; 22,8). Ihre häufig wellenförmige Kontur ist durch das Abtrennen bis zu 8 cm langer Stücke entstanden, die gesondert unter Abschnitt *Abhebelreste* ab Seite 109 beschrieben werden. Insgesamt wurden 4133 Scherben mit grob abgehebelten Kanten gezählt²⁹⁴.

Die folgenden Beobachtungen an den Funden konnten en détail experimentell nachgestellt werden:

1. Die Neigungen der grob abgehebelten Kanten weisen auf ein einseitiges Abhebeln hin, in der Regel von der gleichen Seite des Glases aus, auf der auch geritzt wurde (Abb. 43).
2. Das Kröseleisen hinterlässt beim Abhebeln am Halbfabrikat einen konkaven Sprung mit variierender Kantenneigung: Direkt am Ansatz- oder Drehpunkt verläuft sie stumpfwinklig (über 90°), seitlich davon wird sie stetig spitzwinkliger (unter 90°) zur oben befindlichen Glasebene (Abb. 44; 45 oben).
3. Es entsteht im besten Fall eine charakteristische Kantenstruktur, die als gesichertes Erkennungsmerkmal für den Einsatz des Kröseleisens dienen kann. Intentionale Sprünge durch das Kröseleisen lassen sich von zufälligen Bruchstellen gut unterscheiden.

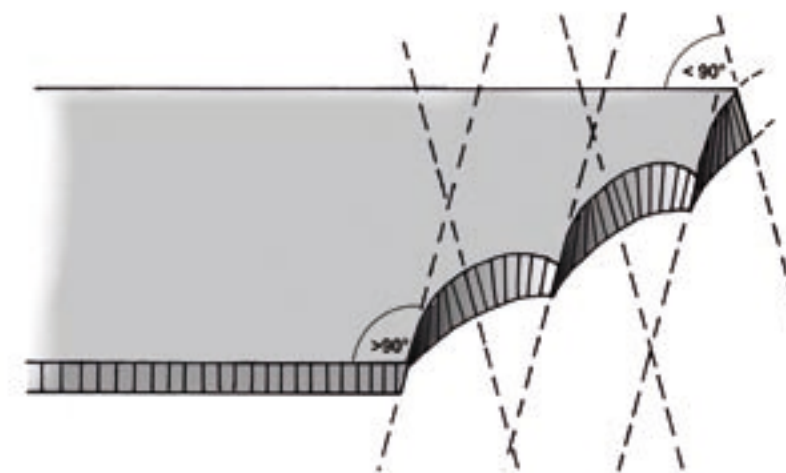


Abb. 44. Schematische Darstellung des Verlaufs und der Neigung grob abgehebelter Kanten.

²⁹⁴ Das entspricht einem Anteil von 5,4 %, gemessen an der Gesamtzahl von 75.915. Unter den 39.928 sehr gut erhaltenen Scherben liegt der Anteil mit 7,5 % höher: 2995 sehr gut erhaltene Fragmente besitzen abgehebelte Kanten.

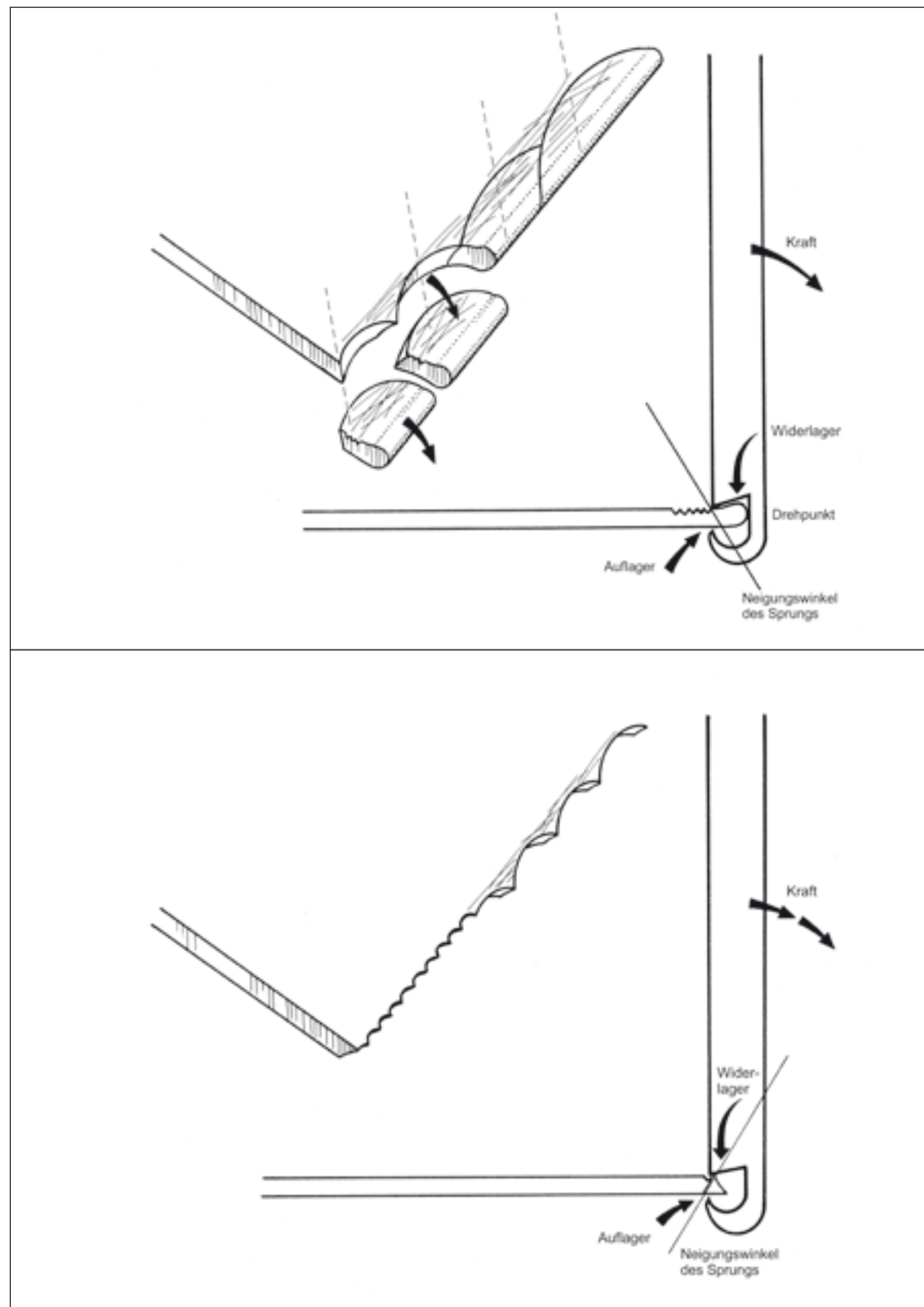


Abb. 45. Schematische Darstellung des experimentellen Gebrauchs eines Kröseleisens.
Oben: Abhebeln größerer Stücke. Unten: Abtragen feiner Splitter (Kröseln) zum Feinretuschieren der Kanten.

Fehlt der typisch wellenförmige Kantenverlauf, ist schwerer zu unterscheiden, ob es sich um einen beabsichtigten oder zufälligen Bruch handelt. Erschwerend kommt hinzu, dass – im Unterschied zu Funden aus Keramik, Holz oder Knochen – frische Brüche meist nicht von alten unterschieden werden können.

Eindeutig grob zugerichtete Flachglassegmente sind Halbfabrikate, die der Glaser ausnahmsweise nicht fertiggestellt hat. Sicherlich wird ihm beim Zurichten das eine oder andere Glas ungünstig gebrochen sein oder es sind ihm andere Fehler unterlaufen. Vielleicht testete er auch das Material an einer Stelle des Flachglases. Erklärungen lassen sich hierfür viele finden, bleiben aber meist rein spekulativ. Gelegentlich existieren eindeutige Hinweise darauf, dass der Glaser Altglas wiederverwendete: Das Fragment auf Taf. 19,5 zeigt zwei Abdrücke einer einstigen Verbleiung und eine sekundäre Bearbeitung einer Kante.

Ein Beispiel für ein grob zugerichtetes Flachglassegment findet sich in dem schon erwähnten Duderstadter Fundkomplex. Ein Fragment zeigt eine wellenförmige Kante, die beim groben Zurichten entstanden sein könnte²⁹⁵. Noch eindeutiger Beispiele kommen unter den Flachglasfunden aus dem Nassachtal vor. Zwei Fragmente besitzen wellenförmig verlaufende Kanten entlang der Ritzlinien²⁹⁶. Eine solche Kantenstruktur könnte auch eine aus mehreren Fragmenten zusammengesetzte Flachglasscherbe aus dem Augustinereremitenkloster in Freiburg aufweisen. Sie ist in A. Soffners Beiträgen über die Glasfunde fotografisch abgebildet, jedoch nicht näher beschrieben²⁹⁷. Ein genauer Vergleich mit den Windsheimer Funden ist somit nicht möglich.

In Abschnitt 8.1. *Interpretation als eine weiterverarbeitende Werkstatt* wird aufgezeigt, dass grob abgehebelte Kanten eine wesentliche Rolle bei der Zuweisung des Flachglaskomplexes spielen.

Abhebelreste (Abfallstücke)

Beim eben beschriebenen groben Abhebeln blieben schmale, abgetrennte Stücke als Abfall übrig, welche sich im Fundgut in großer Anzahl wiederfinden. Sie weisen stets eine konvex gebrochene Längsseite auf und sind häufig halbmond- oder segmentförmig (Taf. 23–28). In der Regel sind sie in Längsrichtung mehrfach angeritzt. Die Scherben messen in der Länge meistens 2 cm bis 3 cm und vereinzelt bis zu 8 cm. Kleinere Stücke unter 1 cm sind selten, da sie bei der Bergung des Fundes oft unberücksichtigt blieben.

Die annähernd stereotype Form der schmalen Glasstücke und ihr hoher Anteil unter den Flachglasfunden aus der Glasschüttung in Latrine K5 von über 30 % lassen den Schluss zu, dass sie keine zufälligen Bruchstücke, sondern

²⁹⁵ Porath 1996, 127 Abb. 7,109 unten. Auf die wellenförmig verlaufende Kante (links) wird jedoch nicht eingegangen.

²⁹⁶ Lang 2001, 157, Taf. 1,4–5.

²⁹⁷ Soffner 1995a, 66 Abb. 8,3.