

Auch in Duderstadt, Niedersachsen, könnte ein ansässiger Betrieb archäologisch erfasst worden sein. Hier kam eine Glasschüttung an der Stadtmauer zutage, die als Hinterlassenschaft einer weiterverarbeitenden Werkstatt interpretiert und über vergesellschaftete Hohlglasfunde in das 15. Jahrhundert bis in das frühe 16. Jahrhundert datiert wird²⁰⁴. Obgleich nur ein kleiner Teil dieser Glasschüttung geborgen wurde – darunter 491 Flachglasfragmente – finden sich große Ähnlichkeiten mit den Windsheimer Halbfabrikaten und Produktionsabfällen.

Obwohl einige der genannten Beispiele jünger sind als der Windsheimer Glasfund, eignen sie sich gut als Vergleich. Offensichtlich gab es während des Spätmittelalters – bis zur Einführung des Diamanten als Schneidewerkzeug – keine grundlegenden Veränderungen in der Herstellungstechnik²⁰⁵.

Im Folgenden sollen die Produktionsspuren des Windsheimer Fundes vorgestellt und gedeutet werden. Zum einen ist eine weiterverarbeitende Glaserwerkstatt erfasst, deren Aufgabe es war, vierteilige Fenster herzustellen. Zum anderen geben die Produktionsabfälle einen Einblick in die Herstellungstechnik der Glashütten, die sich sicher außerhalb von Windsheim befanden.

Die technischen Bearbeitungsspuren an den Funden lassen sich klar in zwei Gruppen aufteilen:



Abb. 27. Bad Windsheim, Marktplatz. Technische Bearbeitungsmerkmale und Herstellungsspuren am Fundmaterial der Glaserwerkstatt.

²⁰⁴ Porath 1996, 113–133.

²⁰⁵ S. Strobl beschäftigt sich in seiner Monographie „Glasetechniken des Mittelalters“ ausführlich mit der Einführung des Diamanten in Deutschland und mit anderen geeigneten Materialien: Strobl 1990, 84–88.

Ab einem *Erweichungspunkt* von ca. 600°C verliert Glas seine Sprödigkeit und lässt sich verformen (Abb. 4)²⁰⁶. Die erste Gruppe bezieht sich daher auf technische Bearbeitungsmerkmale, die ausschließlich im flüssigen oder weichen Glas entstanden. Dazu gehören solche, die von Werkzeugen angebracht wurden, wie Ein- oder Abzwickungen, Reste abgeschlagener Heftungen, Schnitt- und Glättspuren (Abb. 27 unten links). Daneben kommen Herstellungsspuren vor, die nicht unmittelbar von einem Werkzeug verursacht wurden. Sie gerieten oft zufällig und unbeabsichtigt in das weiche oder noch flüssige Glas. Dazu zählen Abdrücke der Streckplatte, rund verschmolzene, häufig verdickte Ränder, Deformierungen wie Falten und Wellen, Einschlüsse von Luftblasen oder Fremdkörpern sowie starke, lokale Verdickungen (Abb. 27 unten Mitte). Überfang- und Mehrschichtgläser, darunter auch diejenigen, deren Zweck unklar ist, fallen ebenso in diese Gruppe.

All diese Produktionsspuren im formbaren Glas spiegeln die Herstellung in den Glashütten wider. Die dort im Zylinderblasverfahren produzierten Tafelgläser waren *Halbzeuge*, die an weiterverarbeitende Werkstätten verkauft wurden. Die Frage, ob auch der Windsheimer Betrieb flüssiges und weiches Glas verarbeitete, kann ohne Zweifel verneint werden. Das Fehlen von Häfen und entsprechenden Werkzeugen, aber auch gläsernen Schmelzresten, wie sie bei Formung in den Glashütten anfallen, schließt eine derartige Deutung aus.

Die zweite Gruppe umfasst die Merkmale, die dem Glas zugefügt wurden, als es sich im festen Zustand befand. Dazu gehören intentionale Werkzeugspuren wie Ritzungen, grob abgehebelte und retuschierte Kanten (Abb. 27 unten rechts). Sie entstehen beim Herstellen von Segmenten aus großen Glastafeln, um die gläsernen Bestandteile vierteiliger Fenster zu erhalten. Da solche Fenster im Mittelalter stets „maßgeschneidert“ und vor Ort angepasst werden mussten, ist der Arbeitsprozess einem weiterverarbeitenden Glaser zuzuschreiben. Auszuschließen ist allerdings nicht, dass auch in den Glashütten manchmal das Glas im erhärteten Zustand bearbeitet wurde, z. B. um den Randbereich der Tafelgläser zu versäubern.

6.2.1. Werkzeugspuren im formbaren Glas (Glashütten)

So widersprüchlich es klingen mag, einen indirekten Beleg für eine weiterverarbeitende Werkstatt liefert eine Gruppe von Produktionsspuren, die überhaupt nicht bei der Weiterverarbeitung von Glas entstanden: nämlich solche, die bereits bei der Schmelze und Formung auftraten. Eine Erklärung liefert der Produktionsweg, den dieses Fensterglas durchlief. So fanden in den Glashütten außerhalb der Städte die Glasschmelze sowie die Herstellung von Tafelgläsern statt²⁰⁷. Wie anfangs erwähnt, ermöglicht das einfache Zylinderblas-

²⁰⁶ Ilschner 1990, 186. – Seiz 1979, 181.

²⁰⁷ Siehe Abschnitt 2.1. Zur Entwicklung des Fensters im Mittelalter.

verfahren, Ausmaße bis maximal 60 cm x 90 cm herzustellen (siehe S. 34, 37). Das Flachglas war aber nicht wie modernes Fensterglas gänzlich plan und einheitlich dick, sondern wies Deformierungen und Einschlüsse auf. Der Windsheimer Glaser bezog komplette Tafelgläser, die er wegen dieser Unregelmäßigkeiten nicht im Ganzen verbauen konnte, sondern in kleine Stücke brechen musste. In Blei gefasst entstanden so vierteilige Fenster, wie sie von vielen mittelalterlichen Burgen, Klöstern und Kirchen bekannt sind. Bereiche mit deutlichen Störungen an den Glastafeln waren für den Glaser nutzlos und sammelten sich in seinem Abfallbestand. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass sie im Windsheimer Fund vorkommen und heute wichtige Hinweise auf die Herstellung in den Glashütten geben können. Unter den Produktionsspuren, die im formbaren Glas entstanden, finden sich auch Werkzeugspuren wie Zwickungen, Schnittspuren, Heftmarken und Glättspuren. Sie werden im Folgenden vorgestellt.

a) Zwickungen

Am wohl auffälligsten unter den Werkzeugspuren sind „schlaufenartige“ Erscheinungen, die sich in ihrer Ausformung bis ins Detail stark ähneln (Taf. 8; 9). Der hohe Grad der Verschmelzung dieser Verformungen zeigt, dass sie in sehr weichem Glas angebracht worden sind.

Diese sehr komplexen Strukturen kommen bei 32 Scherben vor²⁰⁸. Sie stimmen in ihrer Form bis ins Detail miteinander überein, so dass es sich offensichtlich nicht um Zufallsprodukte handelt, sondern um zweckbestimmte Werkzeugspuren.

An den „eingefrorenen“ Abdrücken lässt sich nachvollziehen, dass es sich um Kneifwerkzeug gehandelt haben muss. Exakt diese Hohlräume entstehen nur dann, wenn beide Schneiden vorne senkrecht aufeinandertreffen.

Ob das Werkzeug geformt war wie eine Pinzette oder ob es ein Gelenk besaß wie heute noch handelsübliche Zangen, lässt sich anhand der Funde nicht ermitteln (Abb. 28, a-c). Ein entscheidender Vorteil der Pinzetenform ist, dass das Werkzeug sich durch den Widerstand, den die Griffe ausüben, mit nur einer Hand leicht bedienen lässt²⁰⁹. Da ein Handwerker beidhändig mit je einem dieser Werkzeuge hantieren kann, wird die Pinzette bei der hier vorgeschlagenen Rekonstruktion favorisiert²¹⁰.

Das Werkzeug ist offensichtlich nicht ganz zugezwickt worden, da zwischen den beiden gegenüberstehenden Schneideabdrücken ein Glasfilm vorhanden ist. Das ist bis auf eine Ausnahme bei allen Stücken der Fall. Der Zwischenraum zwischen den Schneiden wurde vielleicht absichtlich offen gehalten, um

²⁰⁸ Bei weiteren vier sind sie durch sekundäre Deformierungen nicht eindeutig; drei davon sind auf Taf. 10,1-3 abgebildet.

²⁰⁹ Eine einfache Zange wie auf Abb. 28, a, b kann hingegen nicht einhändig gelöst werden.

²¹⁰ Siehe Abschnitt 6.2.4.a) Produktionsablauf A, ein Vorläufer der Massenproduktion (Abb. 52).

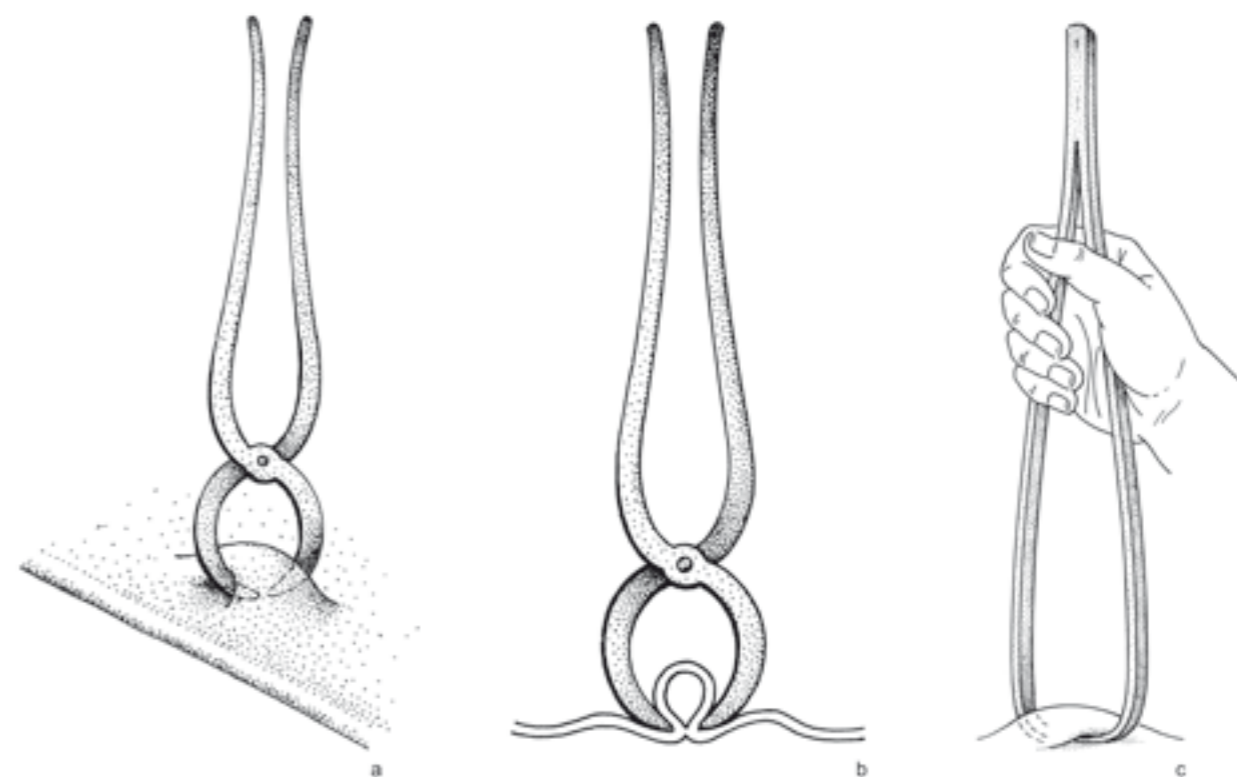


Abb. 28. Bad Windsheim, Marktplatz. Rekonstruierte Werkzeuge, die „schlaufenartige“ Zwickungen hinterlassen, wie sie am vorliegenden Flachglas mehrfach belegt sind: a-b. Kneifzange mit Gelenk – c. Kneifpinzette.

dem Gefüge mehr Stabilität zu verleihen. Durch den Glasfilm soll womöglich ein Abreißen des weichen Glases vermieden werden. Um zu verhindern, dass die Schneiden sich beim Zudrücken berühren, war entweder sehr viel Erfahrung und Geschick oder ein Abstandshalter nötig. Das konnte beispielsweise ein einfaches Holzstück gewesen sein, welches der Handwerker zwischen beide Griffe legte. Eine kreuzförmige Kneifzange könnte auch eine Art nach innen weisenden Dorn an einer Griffseite besessen haben. Auf diese Weise konzipierte Zangen lassen beim Zudrücken einen genau definierten Spalt zwischen den Schneiden offen, weil der Dorn an die andere Griffseite anschlägt.

Abb. 29 zeigt die Rückseiten von Zwickungen²¹¹, an denen die Abdrücke der verwendeten Zwickwerkzeuge gut zu erkennen sind. Sogar die mutmaßliche Form des vorderen Teils des Zangenkopfes lässt sich bei manchen rekonstruieren. Meist erscheint der Abdruck der Schneidenform gerade (Abb. 29, a, b, d), seltener gerundet oder spitz (Abb. 29, c, e)²¹². Nachträgliche Verformungen beim Entfernen des Werkzeuges im noch weichen Aggregatzustand können bei den gerundeten und spitzen Abdrücken aber nicht ausgeschlossen werden.

²¹¹ Die Zangen oder Pinzetten griffen von außen in den gläsernen Hohlkörper. Beim Aufklappen des Zylinders zur Tafel neigte sich die Seite, an der das Werkzeug saß, nach unten und die Rückseiten nach oben (siehe Abb. 52). Tatsächlich befinden sich an den Vorderseiten zweier Zwickungen Abdrücke einer Streckplatte (Taf. 9,8,9): siehe auch Abschnitt 6.2.2.a) Abdrücke der Streckplatte.

²¹² Bei 21 Zwickungen sind beide Abdrücke der vorderen Schneiden gerade verlaufend. Bei drei weiteren ist nur einer gerade, der andere gerundet oder spitz zulaufend. In sechs Fällen sind beidseitig spitz zulaufende oder gerundete Abdrücke erkennbar. Einmal ist das Glas durchgezwickelt.

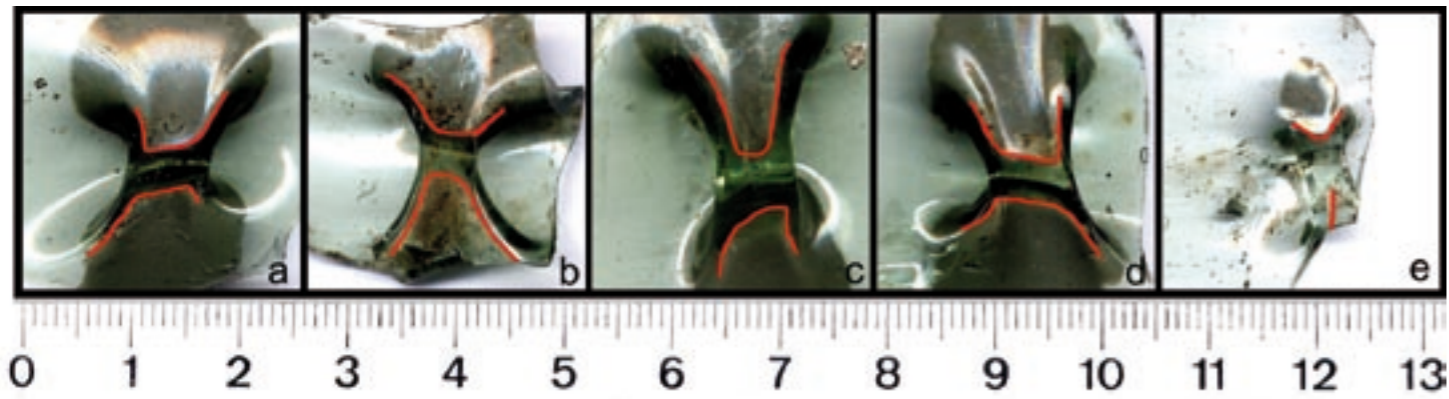


Abb. 29. Bad Windsheim, Marktplatz. Eine Auswahl an Flachglasfragmenten mit „schlaufenartigen“ Zwickungen. Blick auf die Unterseite (Umriss rot hervorgehoben; siehe auch Taf. 8; 9).

Zumindest bei den kantigen Abdrücken scheint eine sekundäre Verformung nicht von Belang zu sein: An ihnen lassen sich sogar die Breiten der Schneiden ermitteln, wie im Folgenden ausgeführt.

24 der 36 Fragmente weisen mindestens einen geraden Schneidenabdruck auf²¹³. An diesen Abdrücken abgemessen, dürften die Schneiden der verwendeten Zwickwerkzeuge hauptsächlich zwischen 0,3 cm und 1,3 cm, in drei Fällen sogar bis 1,7 cm breit gewesen sein (Abb. 30).

Durch das Kneifen und Ziehen mit Zange bzw. Pinzette wird das Glas besonders dünn: Die Glasstärken an Fragmenten mit Zwickspuren liegen häufig nur zwischen 0,1 cm und 0,2 cm²¹⁴.

Wie oben erwähnt, wurde das Glas in sehr weichem Aggregatzustand gezwickt – deutlich zu erkennen am Grad der Verschmelzung des deformierten Glases. Dieser Arbeitsschritt muss zu einem Zeitpunkt des Zylinderblasverfahrens stattgefunden haben, als das Kneifwerkzeug tief in den Glasfilm eindringen und die besagten „schlaufenförmigen“ Deformierungen hinterlassen konnte.

Nähere Hinweise auf den Einsatz der Zangen oder Pinzetten geben drei Fragmente mit rund verschmolzenem Rand (Taf. 8). Diese gerundeten Kanten entstehen speziell beim Weiten der geöffneten Enden des Zylinders (siehe Abb. 31). Die Zwickung befindet sich beim ersten unmittelbar am verschmolzenen Rand, beim zweiten etwa 5 cm und beim dritten 6 cm davon entfernt²¹⁵. An den Abdrücken lässt sich auch die ursprüngliche Position des Werkzeuges feststellen. Bei allen dreien verläuft der Schneidenabdruck nicht parallel zum Randverlauf. Bei den beiden letzteren nimmt der Abdruck einen Winkel von knapp 30° zum Rand an (Taf. 8,2.3), das heißt, die Zange oder Pinzette wurde in beiden Fällen leicht schräg angesetzt.

²¹³ Die Zwickungen hinterließen jeweils zwei Abdrücke, teilweise ist jedoch die Breite nur eines Abdrucks messbar. Auch die Kombination von je einem geraden und je einem gerundeten Abdruck ist in drei Fällen belegt. Um das Ergebnis der Berechnungen mengenmäßig nicht zu verfälschen, wird bei Zwickungen mit zwei messbaren Schneidenabdrücken der Mittelwert gebildet und nur einmal gezählt.

²¹⁴ Vgl. hierzu Glasstärken einfacher Bruchstücke in Abb. 37.

²¹⁵ Die Maßangabe bezieht sich auf den kürzesten Abstand zwischen dem Randbereich und der Mitte der Zwickung.

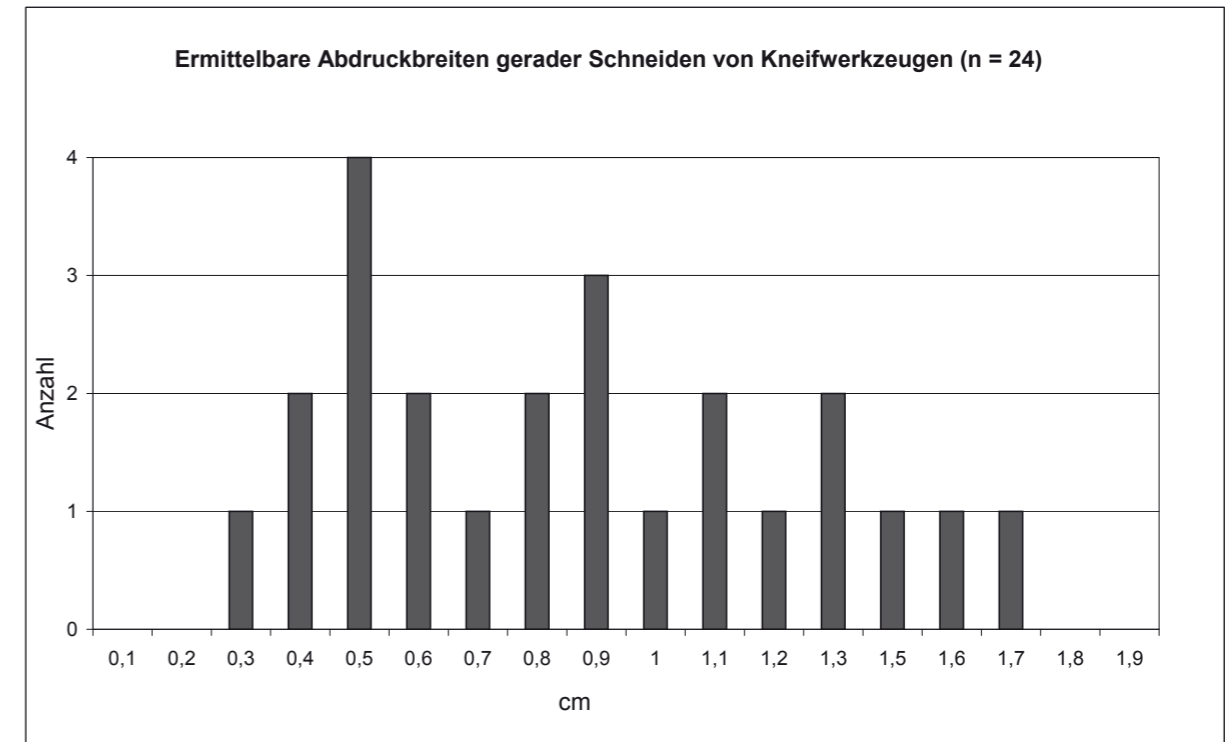


Abb. 30. Bad Windsheim, Marktplatz. Flachglas mit „schlaufenartigen“ Zwickungen. Gemessene Breiten der Abdrücke, die gerade Schneiden von Kneifwerkzeugen hinterließen.

Die anderen Exemplare ohne verschmolzenen Randbereich geben keine Informationen preis, was ihre ursprüngliche Position am Glaszylinder oder an der späteren Tafel betrifft.

Doch welche Funktion könnte das Zwicken der Glasblase oder des Glaszylinders mit Kneifzangen oder Kneifpinzetten erfüllt haben? Ihr Gebrauch ist für das Zylinderblasverfahren bislang kaum erforscht. Von der Glashütte Glaswasen im Schönbuch existieren Glasfunde mit Zangenzwickungen, darunter auch zwei, die starke Ähnlichkeiten mit den Windsheimer Exemplaren aufweisen – soweit auf der Abbildung erkennbar. Sie werden von S. Frommer und A. Kottmann als Zangenhälbrunde, -abdrücke oder -eingriffe umschrieben. Die beiden Autoren rekonstruieren Pinzetten mit flach zueinander ausgerichteten Backen²¹⁶. Den Autoren zufolge sind „trotz des charakteristischen Äußeren die ‚Zangenhälbrunde‘ technologisch nur schwer einzuordnen“²¹⁷. Sie bieten eine gänzlich andere Erklärung für diese schlaufenähnlichen Strukturen an, nach welcher der Kölbel²¹⁸ zu Beginn des Zylinderblasverfahrens mit einer Pinzette verlängert wurde – und zwar **bevor** er zum Ballon aufgeblasen wurde (Abb. 6,1a). Dieser These nach können sich solche Zwickungen ausschließlich im Fundmaterial von Glashütten befinden, wenn die Glasblase schon in frühem Stadium zu Bruch ging. Normalerweise wurden derartige Zwickungen durch

²¹⁶ Von den Autoren als *Federzangen* bezeichnet: vgl. Frommer/Kottmann 2004, 189f.; 203 Abb. 100; Taf. 20 FundKat. 152; 156.

²¹⁷ Zitat Frommer/Kottmann 2004, 190.

²¹⁸ Def. für Kölbel bei Kurzmann 2004, 327: „Dickwandige Glasblase, die als Erstes beim Aufblasen des mit der Pfeife aus dem Hafen geholten Glaspostens erhalten wird.“

das anschließende Blasen oder beim Abtrennen und Weiten der Zylinder-Enden gänzlich überformt oder entfernt. An fertiggestellten Glastafeln dürften solche Zwickungen nicht mehr vorhanden sein. Da der Windsheimer Glaser jedoch mit Sicherheit kein Glas in weichem oder flüssigem Zustand bearbeitete, sondern ausschließlich andernorts produzierte Tafeln weiterverarbeitete, ist die oben genannte Möglichkeit hier völlig ausgeschlossen. Dagegen spricht auch, dass an den vorliegenden Abdrücken eindeutig Kneifwerkzeuge mit senkrecht zueinanderstehenden Schneiden nachgewiesen werden können. Auch das Vorhandensein von verschmolzenen Rändern in unmittelbarer Nähe der Zwickungen widerspricht der These. Vielmehr scheinen die Zwickungen erst kurz vor oder nach dem Aufdehnen der Enden angebracht worden zu sein, also in einer späten Phase der Flachglasherstellung. Sie verblieben weitgehend ohne größere, spätere Überformung am Glas, da nur noch das Aufklappen zur Tafel und das Flachbügeln folgten. Tatsächlich haben sich an zwei Zwickungen Abdrücke einer körnigen Oberfläche wohl der einstigen Streckplatte erhalten (Taf. 9,8.9)²¹⁹. Diese und weitere Herstellungsspuren aus dem Windsheimer Fund erweitern und modifizieren die bisherigen Kenntnisse über die Produktion von Tafelglas. Rekonstruktionen mit einzelnen Arbeitsschritten werden am Ende dieses Kapitels angeboten²²⁰.

Weitere Beispiele solcher Zangenzwicklung könnten aus dem Flachglasfund der schon erwähnten Bielefelder Glaserwerkstatt aus dem 16. Jahrhundert stammen. Im Vorbericht von D. Lammers kommt unter den fotografisch abgebildeten Verschnittresten eine fast identisch erscheinende Zwicklung vor²²¹.

Bis auf die wenigen, eben genannten Vergleichsfunde sind bislang keine weiteren „schlaufenförmigen“ Zwickungen publiziert. Sie stellen offensichtlich eine Rarität unter Flachglasfunden im Allgemeinen dar. Auch im Windsheimer Glaskomplex sind sie nur 32-mal sicher belegt. Eine Erklärung für das seltene Vorkommen liegt auf der Hand: Die vom Glaser eingekauften Glastafeln könnten sehr sparsam mit diesen Zwickungen versehen worden sein. Denkbar sind sogar nur zwei Zwickungen pro Tafel, um die Qualität nicht zu sehr zu mindern²²². Das könnte auch ein Grund für den Mangel an Vergleichsfunden sein. Liegen andernorts solche Zwickungen nur als Einzelobjekte vor, können sie schwer als solche erkannt und irrtümlicherweise dem Hohlglas zugeordnet werden.

Zangen oder Pinzetten kommen durchaus im Fundspektrum archäologisch erforschter Glashütten oder unter den Glasmachwerkzeugen bildlicher Quellen vor. Wie bei der von S. Frommer und A. Kottmann rekonstruierten

Federzange sind die Backen jedoch flach zueinander ausgerichtet²²³. Dass pinzettenförmige Kneifwerkzeuge ähnlich der Windsheimer Rekonstruktion durchaus vorkommen können (wenn auch selten), zeigt ein entsprechender Fund von der Glashütte im Laudengrund im Nordwestspessart aus der Zeit um 1300. Diesem Multifunktionswerkzeug wird kein spezieller Arbeitsgang zugewiesen²²⁴. In einer Glashütte im niedersächsischen Grünenplan, Hils, kam eine *Glasmacherzange* mit federndem Bügel aus dem frühen 17. Jahrhundert zutage, allerdings weicht die Form der Schenkel von der Windsheimer Rekonstruktion ab²²⁵.

b) Schnittspuren

Schnittspuren bezeugen ebenfalls den Gebrauch von Werkzeugen an weichem Glas. Wie im nächsten Abschnitt erläutert wird, sind Heftmarken und ungewollte Unregelmäßigkeiten am verschmolzenen Rand der Glastafeln oft mit einem Messer abgetrennt worden. Dies fand in der Regel als „Finish“ des Zylinderblasverfahrens im gerade noch formbaren Zustand statt.

Auch Schnittspuren ohne erkennbare fehlerhafte Bereiche, die deshalb wohl in anderem Zusammenhang zu sehen sind, deuten auf den Gebrauch eines Messers hin, wie bei dem Fragment auf Taf. 15,2: Die Masse muss zu diesem Zeitpunkt bereits zäh gewesen sein, da keine starken Verformungen des Glases durch den Schnitt zu erkennen sind. Die V-förmigen Einschnitte sind nur auf einer Seite des Glases und durchtrennen es nicht komplett. Eine Schere kommt dafür nicht in Frage, da sie beidseitig greift. All das deutet darauf hin, dass mit einem messerartigen Werkzeug geschnitten wurde, als die Glastafel bereits ausgestreckt war.

Messer kommen als Allzweckwerkzeug im Fundgut historischer Glashütten häufig vor. Exemplarisch soll ein Messer aus der Glashütte des Jobst Gundelach in Südniedersachsen aus der Zeit um 1600 aufgeführt werden²²⁶.

Des Weiteren sind Schnitte zu erkennen, die im noch nachgiebigen Glas angebracht wurden. An ihnen lässt sich gut nachvollziehen, was beim Schneiden von weichem Glas misslingen konnte. Die Schnittkanten klappten um und verschmolzen miteinander, oder das Glas wurde nicht vollständig durchtrennt. Diese Bereiche innerhalb der Glastafel waren für den weiterverarbeitenden Windsheimer Glaser unbrauchbar. Unter den Produktionsabfällen finden sich etliche nachträglich abgetrennte Stücke mit solchen Fehlerstellen (Taf. 15; 16,1.2).

²¹⁹ Siehe auch Abschnitt 6.2.2.a) *Abdrücke der Streckplatte*.

²²⁰ Siehe Abschnitt 6.2.4.a) *Die Tafelglasproduktion in den beliefernden Glashütten* besonders unter *Produktionsablauf A, ein Vorläufer der Massenproduktion* (Abb. 52).

²²¹ Lammers 2005, 235 Abb. 4. – Zangenabdrücke werden nur allgemein erwähnt: ebd. 236.

²²² Siehe Abschnitt 6.2.4.a) *Produktionsablauf A, ein Vorläufer der Massenproduktion* (Abb. 52).

²²³ Eine Flachzange mit Gelenk findet sich unter den Werkzeugfunden von der Glashütte Pockau im Erzgebirge, die in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts betrieben wurde: Černá 1995, 18 Abb. 11. – Flache Pinzetten sind in Antons Neris „arte vitraria“ von 1668 und in Haudicquer de Blancourts „L'art de la verrie“ von 1718 abgebildet: vgl. Greindl 1984, 115 und Stephan 2003, 157.

²²⁴ Baumgärtner/Krüger 1988, 28 Abb. 28.

²²⁵ Die Schenkel sind wie bei einem Fleischerhaken scherenartig gegeneinander und zu einer Seite aufgebogen: vgl. Steppuhn 2003b, 56f. Nr. 1.012.

²²⁶ Bloss 1977, Abb. 5.

Innerhalb des Herstellungsprozesses von Glastafeln in den Glashütten gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten, wann in sehr weichem Zustand geschnitten werden musste: erstens, um die Enden des Ballons abzuschneiden – und zweitens, um den Zylinder aufzuschneiden. Im Folgenden sollen beide Arbeitsschritte überprüft werden:

1. Abschneiden der Ballon-Enden

Das Abschneiden der Ballon-Enden wird in einem ähnlichen Verfahren in der Glashütte Lamberts, Waldsassen, praktiziert²²⁷. Der Betrieb ist auf die Herstellung von Zylinderglas nach traditionellen Methoden spezialisiert. Nach Absprennen der Pfeife bzw. des Hefteisens können die Enden des länglichen Ballons mit einer Schere begradigt werden. Durch nochmaliges Erhitzen und anschließendes Weiten zum Zylinder entsteht ein gleichmäßig verrundeter Rand (Abb. 31,a). Er gibt durch diese nachträgliche Überformung nicht mehr preis, ob vorher geschnitten wurde²²⁸. Folglich ist ausgeschlossen, dass die scharfkantigen Schnittspuren an den Windsheimer Funden vom Abschneiden der Enden herrühren.

Da es sich im vorliegenden Fall um die Reste eines weiterverarbeitenden Betriebes handelt, können es auch keine Abschnittreste sein, wie sie in Glashütten anfielen. Die vorliegenden Schnittspuren müssen sich an den Glastafeln selbst befunden haben.

2. Aufschneiden des Zylinders

Der Einsatz von Scheren zum Aufschneiden des Zylinders ist in den Theorien von Henkes, Lang, Diderot und d'Alembert (Abb. 5 rechts) beschrieben: Nach Blasen eines länglichen Ballons wird zunächst das freie Ende abgeschnitten und geweitet (vgl. Abb. 31,a). Dann wird bis zum Erhärten des Glases die geöffnete Glasblase soweit wie möglich mit einer Schere der Länge nach aufgeschnitten. Nach Absprennen der Glasmacherpfeife und erneutem Erhitzen wird mit dem anderen Ende ebenso verfahren (vereinfacht dargestellt siehe Abb. 31,b). Ist der Zylinder gänzlich aufgeschnitten, entsteht nach dem Aufklappen und Flachbügeln im Streckofen die fertige rechteckige Glastafel (Abb. 31,c,d). Bei derart hergestellten Tafeln müssen sich die beiden rund verschmolzenen Ränder, die durch das Weiten zum Zylinder entstehen, an entgegengesetzten Kanten gegenüberstehen. An den beiden anderen gegenüber befindlichen Kanten müssten die Schnittspuren der Schere zu erkennen sein. An jeder der vier Ecken dieser Tafel trifft daher jeweils ein rund verschmolzener mit einem geschnittenen Rand rechtwinklig aufeinander.

Genau diese besondere Beschaffenheit der Kanten weisen vier stark deformierte Fragmente aus dem Windsheimer Fund auf (Taf. 15,8.9; 16,1.2): sowohl eine verschmolzene als auch eine geschnittene Kante, die auseinandergefaltet im 90° Winkel zueinander verlaufen. Somit handelt es sich hier um Eckstücke. Die unregelmäßigen, unruhigen Verläufe der Schnittkanten deuten darauf hin, dass schnell gearbeitet wurde. Da beim Schneiden die Glaswand zusammenklappte und die einzelnen Schichten miteinander verschmolzen, musste das Glas sehr weich gewesen sein. Das Fragment auf Taf. 15,9 zeigt deutlich einen Schnitt, der – aufgrund eines solchen Zusammenklappens – nicht zu Ende geführt wurde. Das Schneidewerkzeug musste deswegen einige Zentimeter daneben neu angesetzt werden.

Durch starke sekundäre Deformierungen der Eckstücke sind keine näheren Aussagen über die Art des verwendeten Schneidewerkzeugs möglich. Denkbar ist wieder der Gebrauch eines messerähnlichen Werkzeuges, das jedoch eine **einseitige** Kraft ausübt, wodurch sich der Zylinder deformieren könnte. Um dies zu vermeiden, bietet sich ein anderes Werkzeug an: die Schere. Tatsächlich zeigen weitere Fragmente Schnittspuren mit charakteristischen Verformungen, die ausschließlich auf beidseitigen Druck hindeuten (Taf. 15,6.7).

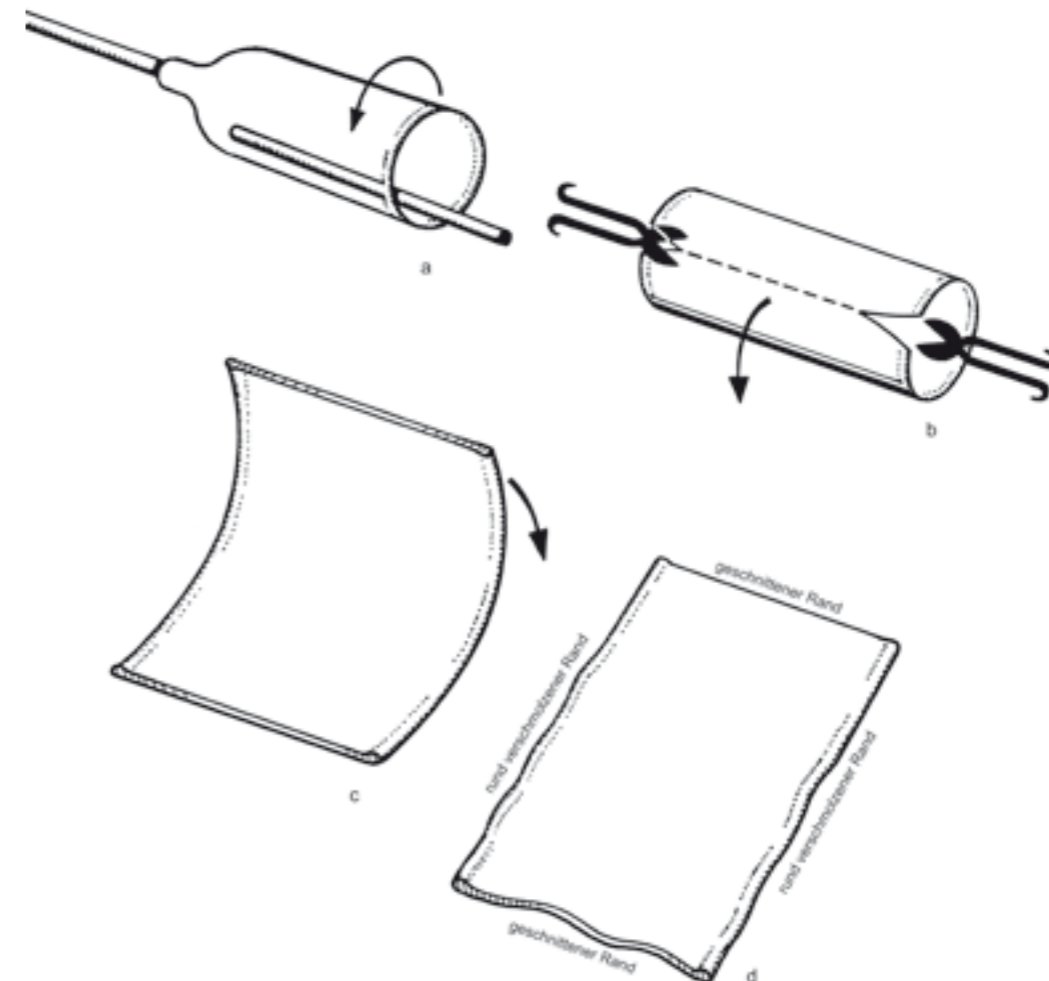


Abb. 31. Schematische Darstellung der unterschiedlichen Prozesse während des Zylinderblasverfahrens, die zu verschiedenen Kantenbeschaffenheiten führen:
 a. Entstehen rund verschmolzener Ränder beim Weiten der vorher geöffneten Enden
 b. Verbleiben scharfer Kanten durch das Aufschneiden des Zylinders
 c, d. finales Aufklappen und Flachbügeln zur Tafel im Streckofen ohne Veränderung der Kantenbeschaffenheit.

²²⁷ Siehe auch einführende Kapitel, besonders S. 34–37.

²²⁸ Zu den rund verschmolzenen Rändern siehe Abschnitt 6.2.2. *Weitere Produktionsspuren im formbaren Glas (Glashütten)*.