

V. Glasperlen

Zum Allendorfer Hort gehören 51 Glasperlen unterschiedlicher Farbgebung und Verzierung. Sie werden unterteilt in monochrome und polychrome Perlen, wobei die letzte Gruppe nach der heutigen Grundfarbe in zwei Untergruppen, das heißt in blaue und schwarze Perlen aufgesplittert wird. Diese Differenzierung läßt sich erklären, da diese zwei Grundfarben mit jeweils unterschiedlichen Gruppen von Perlentypen zu verbinden sind. Jedes Einzelstück erfuhr darüber hinaus im Katalog eine differenzierte Farbschreibung, die weit über die augenscheinliche Benennung hinausführt¹⁹³.

Es scheint sich bei den als monochrom blau beschriebenen Perlen um Farbnuancen zweier Grundfarben zu handeln, deren Entstehung durch die Quantität der zugeschlagenen Färbemittel bedingt ist. Ähnliches gilt für die übrigen Perlen, auch hier ist teilweise die Komposition der einzelnen Färbemittel zu beachten.

Generell gestaltete man die Farbe des Glases durch die Zugabe von Metalloxiden; so erzeugte man unterschiedlich helle Blautöne durch Kupfer, dunkle Blautöne durch Kobalt. Opaque weißes Glas erhielt man durch die Beimengung von Calciumantimonat¹⁹⁴, opaque gelbes Glas entstand durch Bleiantimonat¹⁹⁵. In reduzierter Schmelze erhielt man durch Kupferoxid einen Rotton¹⁹⁶. Schwarz erscheinendes Glas besteht häufig aus einem dicht gefärbten und dunklen violetten, blauen oder grünen Glas. Der Eindruck der Farbe Schwarz entsteht dann, wenn von der Rückseite kein Licht durch das Glas fallen kann¹⁹⁷.

1. Typenchronologische Betrachtung

Die 51 Glasperlen unterschiedlicher Farbgebung und Verzierung verteilen sich auf 47 intakte Exemplare und 4 nur in Fragmenten erhaltene Stücke. Sie wer-

¹⁹³ MICHEL-Farbenführer. 36. Aufl. (München 1992). Innerhalb des Textes wird die augenscheinliche Farbgebung benutzt, so wird hier hinsichtlich der jeweiligen Grundmatrix differenziert zwischen opaque und translucent, sowie den Farben Türkis, Dunkelblau, Hellgrün und Schwarz.

¹⁹⁴ Henderson 1993, 112 f.

¹⁹⁵ Vgl. K. Kunter, Glasperlen der vorrömischen Eisenzeit IV. Schichtaugenperlen. Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 18 (Espelkamp 1995) 87.

¹⁹⁶ Dazu Bezborodov 1975, 64.

¹⁹⁷ Stern/Schlick-Nolte 1994, 21.

den hier zunächst unter typenchronologischen Gesichtspunkten betrachtet und in die entsprechenden Vorlagen aus der Forschung hinsichtlich Typus, Datierung und Verbreitung eingeordnet. Im nächsten Schritt werden chemische Analysen an ausgewählten Einzelstücken die hier erzielten Ergebnisse erweitern; dort finden sich dann auch differenzierte Darstellungen u.a. zur Herstellung sowie zur Farbgestaltung und Trübung der Gläsern.

Es existieren verschiedene Herstellungstechniken für Glasperlen. Man differenziert in der Literatur unter anderem zwischen Falten und Wickeln¹⁹⁸. Die jeweils genutzte Technik läßt sich am Verlauf der Glasmatrix sowie am Vorhandensein von Nähten ablesen. Gefaltete Perlen besitzen eine Naht, die über die gesamte Höhe des Stückes verläuft. Sie entsteht, wenn ein Glasstab in passender Größe leicht erhitzt und über einen Stab gebogen an den Enden verbunden wird. Bei dieser Technik handelt es sich um die einfachste Variante, da der Glasstab nicht stark erhitzt werden muß und die Glasmasse so leichter zu kontrollieren ist¹⁹⁹. Gewickelte Perlen zeigen häufig eine etwas unregelmäßige Form, diese wird durch die unterschiedliche Stärke des erhitzten Glasfadens hervorgerufen. Die Glasmatrix dieser Perlen verläuft waagrecht zur Durchlochung. Ein Glasfaden wird um einen in Tonschlicker getauchten, spitz zulaufenden Stab gewickelt. Teilweise finden sich Reste dieses Schlickers im Bereich der Durchlochung. Wie glatt die Oberfläche und wie gleichmäßig die Form der Perle ist, hängt ferner davon ab, ob das Stück bei noch entsprechender Temperatur nachrolliert wurde. Die Qualität der Glasmatrix wird bestimmt durch die Anzahl und die Größe der vorhandenen Luftein-schlüsse.

1.1. Monochrome Glasperlen

Zu dieser Gruppe zählen die fünfzehn intakten Stücke Nr. 54 – Nr. 68 (Taf. 16,54–60; 17,61–68) sowie drei unterschiedlich stark fragmentierte Exemplare Nr. 69 – Nr. 71. Die Grundfarbe Türkis findet sich

¹⁹⁸ Vgl. Venclová 1990, 32 mit weiteren Techniken, die jedoch für das Allendorfer Material nicht von Belang sind. Anschaulich ist die Darstellung der Perlenherstellung bei T. Gam, Prehistoric glass technology. Journal Danish Arch. 9, 1990, 203-213. Allerdings bezieht sich der Aufsatz auf wikingerzeitliche Glasfunde; s. besonders Abb. 1 und 4.

¹⁹⁹ Nach der freundlichen Auskunft und anschaulichen Darstellung durch P. Heinz, Kunstglasbläser am Glasmuseum Wertheim.

hier in zahlreichen Nuancen, alle Perlen sind translucent.

Die größeren Exemplare Nr. 54 – Nr. 62 sind alle gewickelt²⁰⁰ und unterschiedlich gut nachrolliert worden²⁰¹. Die kleineren Perlen Nr. 63 – Nr. 68 sind aus Glasstäben gefaltet worden. Dies ist noch deutlich an Nr. 63 und Nr. 64 zu erkennen, da hier die Stabenden nicht verbunden sind und eine Lücke entstanden ist. Die Perlen Nr. 65 – Nr. 67 zeigen deutlich eine senkrechte Naht.

Die intakten Perlen lassen sich in zwei Qualitätsgruppen aufteilen. Die der ersten verfügen über eine feine Glasmatrix, eine glatte bis sehr glatte Oberfläche und eine gleichmäßige Form. Dazu zählen die Perlen Nr. 55, 56, 59, 65–68. Die verbleibenden Perlen sind von schlechterer Qualität.

Innerhalb der gesamten Perlengruppe lassen sich nur zwei in der Literatur definierte Perlentypen finden. Bei Nr. 54 handelt es sich um eine Melonenperle, ebenso bei dem Fragment Nr. 71²⁰². Die Perlen Nr. 63 – Nr. 68 werden zu den so genannten Ringchenperlen gezählt²⁰³. Der verbleibende Teil ist unspezifisch gestaltet oder kann wie die Stücke Nr. 55 – Nr. 57 nur anhand der Form benannt aber nicht weiter zugeordnet werden.

Melonenperlen bilden nur eine kleine Gruppe innerhalb der großen Zahl urnenfelderzeitlicher Glasperlen. Die wenigen Vergleichsfunde stammen vorwiegend aus dem Bereich der schweizer Seerandstationen sowie darüber hinaus vereinzelt aus Frankreich und aus Deutschland. Zwei weitere singuläre Funde stammen aus Griechenland²⁰⁴. Eine umfassende Bearbeitung dieses Perlentypus steht noch aus, so dass er sich bislang feinchronologisch und räumlich nicht genau fassen lässt. Die hier genannten Melonenperlen werden summarisch in die Urnenfelderzeit datiert und dieser Perlentypus bleibt bis in die römische Zeit sehr selten²⁰⁵.

²⁰⁰ Vgl. (Taf. 16,56) deutlich sind noch drei Windungen zu erkennen.

²⁰¹ Die Stücke Nr. 55 und Nr. 58 besitzen eine glatte oder sehr glatte Oberfläche und eine annähernd gleichmäßige Form. Nr. 56 und Nr. 60 hingegen wurden nicht ausreichend oder gar nicht nachrolliert. Ferner kann eine raue Oberfläche auch durch ein zu schnelles Abkühlen der Perle bedingt sein.

²⁰² Die gleiche Meinung vertrat Haevernick 1949/50, 216 m. Anm. 84.

²⁰³ Ebd.

²⁰⁴ Ebd. 216 m. Anm. 84; dies. 1978, 377. Die hier zitierte Melonenperle von Arsbeck, Kr. Erkelenz stammt ebenfalls aus einem endurnenfelderzeitlichen Hortfund.

²⁰⁵ Dies. 1949/50, 216.

Die Ring- oder Ringchenperlen Nr. 63 – Nr. 68 variieren stark in Größe und Form. Th. E. Haevernick wies schon 1953 darauf hin, wie schwierig sich die Frage nach der chronologischen und räumlichen Begrenzung dieses Perlentypus gestaltet, da er in der Urnenfelderzeit und in deren Kulturraum, sowie darüber hinaus eine weitreichende Verbreitung besitzt. Generell ordnete sie diese Perlen den so genannten Pfahlbauperlen zu und sah sie als parallel existent zu den Pfahlbautönnchen und Pfahlbaunoppenperlen an, die in HaA einsetzen, deren Masse sich aber in HaB-Zusammenhängen findet²⁰⁶. N. Venclová gelangte bezüglich der böhmischen Glasfunde zu ähnlichen Ergebnissen. Auch hier finden sich die bislang nicht näher spezifizierten Ringchenperlen während der gesamten Urnenfelderzeit und darüber hinaus²⁰⁷. Grundsätzlich ist dieser eher unspezifische Perlentypus als Begleiter der zwei charakteristischen Pfahlbauperlentypen zu sehen. H. Neuninger und R. Pittioni untersuchten 1959 unter anderem Ringchenperlen aus Niederösterreich und konnten aufgrund deren chemischer Zusammensetzung nachweisen, dass sie in Nordtirol in Zusammenhang mit der Herstellung von Bronzeartefakten gefertigt wurden²⁰⁸. J. Henderson hatte die Ringchenperlen aus Hauterive-Champréveyres analysiert und sie dem gemischt-alkalischen Glas zuordnen können²⁰⁹.

Die nächsten Parallelfunde zu den Allendorfer Stücken stammen aus dem älterurnenfelderzeitlichen Grab 10 von Klein-Englis im Kreis Fritzlar-Homburg, hier fanden sich 22 Perlen dieser Art²¹⁰. Weitere Einzelstücke stammen aus dem Marburger Raum. Grab 5 der Gruppe „Lichter Küppel“ erbrachte zwei mitverbrannte Ringperlen, weitere stammen aus Grab 2 vom „Zechspan“ und eines aus Grab U 22 der Gruppe „Botanischer Garten“²¹¹, sowie aus den Grä-

²⁰⁶ Dies. 1953, 15 f.; dies. 1978, 376 f. mit Fundortangaben. – Im Hortfund von Quedlinburg fanden sich 107 Exemplare, s. dazu die Abbildung bei von Brunn 1968, Taf. 134, 24. 32 Ringperlen stammen aus Hauterive-Champréveyres Rychner-Faraggi 1993, 64, diese werden in die Zeitspanne HaA2–HaB1 datiert; s. ebenfalls die Perlenkette von Zürich, Grosser Hafner, hier fand sich u.a. eine große Anzahl von Ringchenperlen neben Gagat- und Bernsteinperlen, wie sie auch in Allendorf vorliegen, dazu Wyss 1981, 246 Abb. 7; Abb. 8 mit der „Kette“ aus Concise. – Zur weiträumigen Verbreitung dieses Perlentypus s. Venclová 1990, 42 mit weiterführender Literatur.

²⁰⁷ Vgl. Venclová 1990, 41 f.

²⁰⁸ Neuninger/Pittioni 1959, 56 f.

²⁰⁹ Vgl. Henderson 1993, 111 Tab. 2. Vgl. dazu die Ergebnisse im analytischen Teil dieser Arbeit.

²¹⁰ Haevernick 1949/50, 216 m. Anm. 79, s. dazu die Abbildung 51. bei G. Weber, Händler, Krieger, Bronzegießer. Bronzezeit in Nordhessen. (Kassel 1992).

²¹¹ Vgl. Dobiat 1994, 139. Allerdings stammen diese Gräber aus der Phase HaA2/B1.

bern 141 und 268 des Gräberfeldes von Vollmarshausen²¹². Die Allendorfer Ringchenperlen sind in die Urnenfelderzeit zu datieren und nur über den gesamten Fundkomplex chronologisch feiner einzugrenzen.

Die verbleibenden monochromen Perlen Nr. 55 – Nr. 62 und das Fragment Nr. 69 variieren stärker bezüglich der Form und deren Qualität²¹³. So ist die Perle Nr. 55 von sehr gleichmäßigem Umriss und sehr glatter Oberfläche, Nr. 60 hingegen ist von wesentlich schlechterer Qualität.

Derartige Perlen hatte Th. E. Haevernick in ihrem Aufsatz zu urnenfelderzeitlichen Glasperlen zwar genannt aber nicht weiter spezifizieren können. Die von ihr aufgezählten Vergleichsfunde stammen zum Großteil aus schweizer Seerandstationen und darüber hinaus vereinzelt aus Frankreich und Deutschland und werden von ihr summarisch der gesamten Urnenfelderzeit zugeordnet²¹⁴.

1.2. Polychrome Glasperlen – Grundfarbe Blau

Der Hortfund von Allendorf beinhaltet acht polychrome Perlen von unterschiedlich blauer Grundfarbe Nr. 72 – Nr. 78 (Taf. 18,72–78) und Nr. 41 (Taf. 14,41) sowie ein Exemplar Nr. 40 (Taf. 14,40) von grüner Grundfarbe. Alle Perlen sind in unterschiedlicher Art und Weise mit opaque weißen Farbeinlagen verziert. Diese Perlen lassen sich weiter aufteilen in die Pfahlbautönnchen Nr. 77 und Nr. 78, die Pfahlbaunoppenperlen Nr. 73 – Nr. 75 und die Kreisaugenperlen Nr. 40, 41, 72, 76²¹⁵.

Die beiden Pfahlbautönnchen gehören zur größten Gruppe urnenfelderzeitlicher Glasperlen. Bezeichnend für diesen Typus ist der zylindrische Körper und die spiralig umlaufende Farbeinlage. Diese Perlen wurden zunächst in Wickeltechnik hergestellt und anschließend wurde der helle Glasfaden um die Perle gedreht und eingerollt. Th. E. Haevernick erstellte schon 1953 eine Verbreitungskarte zu diesem Perlentypus. Obwohl bis heute zahlreiche Ergänzungen zu

machen wären, ist der eponyme Ursprung dieser Perlengattung in den schweizer Seerandstationen deutlich zu erkennen²¹⁶. Eine von ihr aufgestellte Fundortliste aus dem Jahr 1978 bestätigte dies weitgehend. Hier werden für die Schweiz allein ca. 183 Perlen genannt, die durch 190 Exemplare aus Haute-rive-Champréveyres zu ergänzen sind²¹⁷. Aus Deutschland stammen 49 Pfahlbautönnchen, die jedoch keine Verbreitungsschwerpunkte erkennen lassen. Vereinzelt finden sich Pfahlbautönnchen auch in Frankreich, Belgien, Italien und Österreich, sowie in Osteuropa und singular in Griechenland und der Türkei²¹⁸. Eine neue Kartierung macht den Ursprung und die Verbreitung dieser Perlentypen hauptsächlich in Mitteleuropa sehr deutlich²¹⁹. Diese Perlenform setzt vereinzelt in HaA ein, Th. E. Haevernick bezieht sich hier auf zwanzig sicher datierte Funde; die Masse dieser Perlen ist jedoch in HaB-Zusammenhängen zu finden²²⁰.

Die nächsten Vergleichsfunde zu den Allendorfer Stücken stammen aus dem Doppelgrab von Frankfurt-Berkesheim, das allerdings in die frühe Urnenfelderzeit datiert wird²²¹. Ein weiteres Einzelstück stammt aus dem Grab 141 vom Gräberfeld Vollmarshausen im Kreis Kassel, dieses wird in die Zeitspanne HaA2–HaB datiert²²².

Die Datierung der Allendorfer Pfahlbautönnchen kann nur in Zusammenhang mit dem geschlossenen Fund erfolgen.

Die so genannten Pfahlbaunoppenperlen Nr. 73 – Nr. 75 stehen den Pfahlbautönnchen hinsichtlich Ursprung, Verbreitung und Datierung sehr nahe²²³. Von den drei Allendorfer Exemplaren ist Nr. 73 stark im Bereich der Noppen fragmentiert, so dass sich der Herstellungsprozess noch deutlich ablesen lässt. Auf den in Wickeltechnik hergestellten monochrom blauen Perlenkörper wurden je vier weiße und anschließend vier blaue Glaspfropfen aufgebracht²²⁴. In einem nächsten Schritt wurde die Perle in die annähernd

²¹⁶ Dies. 1953, 14 f. m. Abb. 1.

²¹⁷ Vgl. dies. 1978, 380 ff.; Rychner-Faraggi 1993, Taf. 115, 3–120, 32.

²¹⁸ Haevernick 1978, 376 ff.; s. ferner Venclová 1990, 42 mit vier weiteren Pfahlbautönnchen aus Böhmen.

²¹⁹ Bellintani u.a. 2001, Abb. 7.

²²⁰ Haevernick 1978, 375 ff.

²²¹ Ebd. 738 f.

²²² Dazu Bergmann 1981, 87; Taf. 117, 141a.

²²³ Die Benennung erfolgte durch Haevernick 1978, 376. Bis dahin hatte man von Augen- oder Buckelperlen gesprochen.

²²⁴ Gegenteiliger Meinung war Haevernick 1949/50, 215. Jedoch ist an einem Noppen der Perle Nr. 73 eine durchgängige weiße Schicht zu erkennen.

²¹² Dazu J. Bergmann 1981, 87. Die hier zitierten Gräber stammen aus der Zeitspanne HaA2–HaB2/3.

²¹³ Die Perle Nr. 70 lässt sich bezüglich der starken Fragmentierung hinsichtlich der Form nicht rekonstruieren.

²¹⁴ Haevernick 1978, 377. Eine weitere Perle dieser Art stammt aus Haute-rive-Champréveyres, vgl. Rychner-Faraggi 1993 Taf. 122, 9; eine gute Entsprechung findet das Allendorfer Stück Nr. 55 in Auvernier, vgl. Rychner 1979 Taf. 205, 9; zwei weitere Einzelstücke stammen aus dem Marburger Raum, s. dazu Dobiat 1994, 139 Taf. 56, 16 und Nass 1952/1 Taf. 7, 1r.

²¹⁵ Die Benennung der Perlentypen erfolgt zum Teil nach Haevernick 1978, 375 ff.; dies. 1949/50, 214 ff.

quadratische Form gebracht. Dies lässt sich noch an den quadratischen Abdrücken ablesen, die in der Aufsicht an allen drei Perlen zu erkennen sind. Die Noppen können auch durch aufgelegte Glasringchen gebildet werden. K. Kunter ordnete diesen Perlentyp der großen Gruppe von Augenperlen zu²²⁵.

Die Verbreitung der Pfahlbaunoppenperlen deckt sich weitgehend mit jener der Pfahlbautönnchen und der Ringchenperlen, hinzu kommen noch Einzelfunde aus der Schweiz und Deutschland sowie aus Ungarn und Tschechien²²⁶. Datiert werden diese Perlen ebenfalls in die Zeitspanne HaA–HaB.

Die Perlen Nr. 40, 41, 72 werden zu den so genannten Kreisaugenperlen gezählt. Diese sind in der Regel von gedrückt kugelförmiger Form und die Verzierung besteht aus meist drei nebeneinander liegenden Ringen in den Farben gelb oder weiß. Die Grundfarbe der Perlen ist gewöhnlich blau. Auf den zunächst monochromen Perlenkörper, der in Wickeltechnik hergestellt wurde, werden aus dünnen Glasfäden geformte Kreise aufgebracht und eingerollt²²⁷. Th. E. Haevernick wies schon darauf hin, dass das Exemplar Nr. 71 von sehr guter Qualität ist, wohingegen die auf Spiralen aufgezogenen Perlen nicht an diese heranreichen. Sie betrachtete auch die Perle Nr. 76 als eine der Perle Nr. 71 nachempfundene Kreisaugenperle²²⁸. Es handelt sich hier um eine einfache Augenperle, allerdings sind die Dekorationen einfach tupfenförmig aufgetragen. Th. E. Haevernick fehlte es zwar an Vergleichsfunden, jedoch sah sie den Perlentyp Ringaugenperle als ostalpine Hallstattware der Stufe HaC an²²⁹. 1987 sind in der Reihe der Glasperlen der vorrömischen Eisenzeit die Ringaugenperlen nach Unterlagen von Th. E. Haevernick im gesamteuropäischen Raum vorgelegt worden und somit gut zu überblicken. Eine Verbreitungskarte dieses Perlentypus in all seinen Farbvarianten lässt deutlich zwei Zentren erkennen. Zum einen finden sie sich in großer Anzahl in Mittel- und Oberitalien sowie im slowenisch-kroatischen Raum. Darüber hinaus besitzen sie eine locker gestreute, gesamteu-

ropäische Verbreitung²³⁰. In Italien setzen diese Perlen bereits gegen 900 v. Chr. ein, die Masse der Funde ist jedoch im 8. und 7. Jahrhundert zu finden. In Deutschland stellen die Allendorfer Ringaugenperlen die ältesten Exemplare dar, denen zeitlich erst die HaC-datierten Perlen vom Magdalenenberg bei Villingen folgen. In Slowenien tauchen Ringaugenperlen erst um 700 v. Chr. auf²³¹.

1.3. Polychrome Glasperlen – Grundfarbe Schwarz

Den größten Anteil an den Allendorfer Glasperlen hat diese Gruppe, die mit dreiundzwanzig intakten Exemplaren Nr. 79 – Nr. 101 (Taf. 19,79–82; 20,83–88; 21,89–94; 22,95–101) und einem Fragment Nr. 102 vertreten ist. Die Perlen erscheinen aufgrund der dunklen Farbgebung opaque schwarz, jedoch lässt sich an den Bruchkanten der Perlen Nr. 79, 80, 102 erkennen, dass es sich um dunkelgrünes Glas handelt²³².

Die dreiundzwanzig intakten Exemplare lassen sich hinsichtlich der Qualität der Glasmatrix, der Form und der Oberfläche in zwei Kategorien aufteilen. Die Perlen Nr. 84, 85, 88, 90, 94 zeichnen sich durch eine sehr feine Matrix und eine sehr glatte und gleichmäßige Oberfläche bzw. Form aus. Die verbleibenden Perlen sind von deutlich schlechterer Qualität. Th. E. Haevernick hatte hingegen alle Perlen schwarzer Grundfarbe einer schlechten Qualität bezeichnet²³³.

Diese Perlen, die zum Großteil keinem der in der Literatur definierten Perlentypen zugeordnet werden können, werden hier nach Form und Verzierung differenziert. Generell scheinen zunächst alle Perlen in Wickeltechnik hergestellt worden zu sein, wie noch deutlich an Nr. 81 zu erkennen ist. Bis auf die Perle Nr. 91 besitzen alle Farbeinlagen. Diese zeigen eine erstaunliche Vielfalt; zu nennen sind hier die Farben Weiß, Gelb, Orange, Rot, Braun und Türkis.

Die Perlen Nr. 79 und Nr. 80 sind Röhrenperlen, die mit in Zickzacklinien aufgetragenen Farbeinlagen verziert wurden. Vergleichsfunde zu diesen Perlen stammen aus Cumae, Grab 36. Diese Funde werden dort an die Wende vom 9. zum 8. Jahrhundert datiert²³⁴.

²²⁵ Kunter (Anm. 194) 219.

²²⁶ Haevernick 1978, 376. – Hier sind die Noppenperlen aus Hauterive-Champréveyres zu ergänzen, s. dazu Rychner-Faraggi 1993, Taf. 121, 8–122, ein weiteres Einzelstück stammt aus der Lichtensteinhöhle bei Osterode am Harz, vgl. Wegner 1996, 400, 14.13.

²²⁷ Dobiat u.a. 1987, 9.

²²⁸ Vgl. Haevernick 1949/50, 216; Noppenperlen mit drei Noppen liegen aus Hauterive-Champréveyres vor: Rychner-Faraggi 1993, 74 Abb. xii, gemeint sind die dritte und vierte Perle von rechts; Taf. 121, 4.

²²⁹ Vgl. Haevernick 1949/50, 216 m. Anm. 74, 75.

²³⁰ Dobiat u.a. 1987, 9 Karte 1.

²³¹ Ebd. 12 ff.

²³² Allerdings handelt es sich um die heutige Farbe, die natürlich gewissen Veränderungen unterlegen haben kann.

²³³ Haevernick 1949/50, 217.

²³⁴ Müller-Karpe 1959, 235; Taf. 19, 3, 7; die Perlen sind allerdings von brauner bzw. auch von dunkelgrüner Grundfarbe.

Die Perlen Nr. 81 – Nr. 84 gehören zu den Augenperlen, wobei nur die letzten drei genannten zu den Kreisaugenperlen zu rechnen sind. Bei Nr. 81 handelt es sich bezüglich der Verzierung um ein einzelnes, doppelt geführtes Kreisauge. Die Thematik der Kreisaugenperlen wurde bereits in Zusammenhang mit den polychromen Perlen blauer Grundfarbe ausführlich besprochen. Th. E. Haevernick vermutete, dass es sich bei den hier besprochenen Augenperlen schwarzer Grundfarbe um lokale Nachahmungen der qualitativollen Kreisaugenperle Nr. 72 handelt²³⁵.

Die nächste Gruppe bilden die acht Perlen Nr. 85–90, 92, 95, 96, die alle mit streifenförmigen Farbeinlagen verziert wurden. Die Perlen Nr. 95, 96 wurden zusätzlich durch Farbtupfen dekoriert. Die Perlen Nr. 85 – Nr. 90 besitzen jeweils nur einen Farbstreifen. Auf die bislang einzigen bekannten Vergleichsfunde hatte P. Reinecke schon 1957 hingewiesen²³⁶. Es handelt sich unter anderem um Streifenperlen aus geometrischen Gräbern im griechischen Orchomenos²³⁷.

Die Perlen Nr. 93 und Nr. 94 werden aufgrund ihrer Verzierung hier als Tupfenperlen bezeichnet. Die wenigen mir bekannten Vergleichsfunde stammen einerseits ebenfalls aus Orchomenos²³⁸; weitere Einzelstücke nennt Haevernick für die Schweiz. Sie betont ihr nur vereinzelt Auftreten und dass dies auch in späteren Zeiten spärlich bleibt²³⁹. Aus dem Grab einer weiblichen Skelettbestattung in Uelsby, Schleswig-Holstein stammt eine Tupfenperle. Diese wurde im Verbund mit weiteren Glas- und Bernsteinperlen im Bereich des Handgelenkes gefunden. Das Grab datiert in die Periode III der nordischen Bronzezeit²⁴⁰.

Die Perlen Nr. 98 und Nr. 99 erinnern aufgrund ihrer Form und Verzierung an Spinnwirtel. Vergleichsfunde liegen derzeit nicht vor.

Die verbleibenden Perlen Nr. 99, 100, 101, 102 können aufgrund ihrer jeweiligen Fragmentierung keiner der hier vorgeschlagenen Gruppe zugeordnet werden. Die Perle Nr. 91 könnte als einziges unverziertes Exemplar angesprochen werden.

Fasst man die Ausführungen über die Allendorfer Glasperlen zusammen, so zeigt ein Teil der polychrom blauen Perlen deutliche Bezüge zum Gebiet der schweizer Seerandstationen. Es ist die Rede von den typischen Vertretern der Urnenfelderkultur: Pfahlbautönnchen, Pfahlbaunoppenperlen und einfache blaue Ringchenperlen.

Die Kreisaugenperlen blauer Grundfarbe verweisen vornehmlich nach Italien und in den südosteuropäischen Raum. Hinsichtlich der zuletzt besprochenen Perlen schwarzer Grundfarbe können nur wenige eindeutige Aussagen gemacht werden. Die hier vertretenen Kreisaugenperlen können im Zusammenhang mit den qualitativolleren Stücken dieses Typus betrachtet werden. Die verbleibenden Perlen besitzen beim derzeitigen Forschungsstand allerdings nur wenige Vergleichsfunde. Auszuschließen ist eine Produktion im Bereich der Pfahlbauten oder in Norditalien, wie dies für die anderen urnenfelderzeitlichen Glasperlen von J. Henderson vorgeschlagen wird. Auch ein Abgleich mit den wenigen Vergleichsfunden führt nicht besonders weit. Diese sind singulär und weit in Europa verstreut. So stammen einzelne Entsprechungen aus Italien, Griechenland, der Schweiz und Deutschland. Die größte Anzahl dieser Perlen findet sich beim derzeitigen Forschungsstand im Allendorfer Hortfund. Man muss die Erforschung und Bergung weiterer Glasperlen abwarten, um auf diesem Wege die Frage nach Ursprung und Herkunft klären zu können. Ebenso gestaltet sich die Datierung dieser Perlen schwierig. Vielmehr können die Perlen unter typenchronologischen Gesichtspunkten nur über den gesamten Hortverband zeitlich eingeordnet werden. Der zweite Teil dieser Arbeit befasst sich mit dem Chemismus dieser Gläser. Hier konnten weiterführende Ergebnisse bezüglich der Herkunft erzielt werden²⁴¹.

Deutlich wird an dieser einen Fundgruppe der Glasperlen erneut das Zusammentreffen von Artefakten

²³⁵ Vgl. Haevernick, 1949/50, 217.

²³⁶ Reinecke 1957, 20 f.

²³⁷ Vgl. Bulle 1907, Taf. 30, 12. 16. 20.

²³⁸ Ebd. Taf. 30, 11. 15. 19; hier finden sich auch Röhrenperlen mit dieser Zierweise: Taf. 30, 6. 7. 8.

²³⁹ Haevernick 1978, 377.

²⁴⁰ W. Splieth, Inventar der Bronzealterfunde in Schleswig-Holstein. (Kiel 1900) 54 m. 271; 59; Taf. II; VI.

²⁴¹ Vergl. die Ergebnisse zu den chemischen Bestandteilen der schwarzen Perlen und dessen Bedeutung im analytischen Teil dieser Arbeit. Anderer Meinung war Haevernick 1949/50, 217, die hier erste lokale Versuche der Glasherstellung vermutete und dies an der „schlechteren“ Qualität der Perlen festmachte. – N. Venclová, Glass of the late bronze to early la tène periods in central europe. In: T. Malinowski (Hrsg.), Research on glass of the lusatian and pomeranian cultures in Poland. (Stupsk 1990) 110 vermutete aufgrund der fehlenden Vergleichsfunde eine Datierung dieser Perlen zu Beginn HaC, ohne dies jedoch zu begründen. – V. Milošević, Zur Chronologie der jüngeren Stein- und Bronzezeit in Südost- und Mitteleuropa. Germania 37, 1959, 80 datierte den Allendorfer Hortfund über den Vergleich der schwarzen Perlen mit den frühgeometrischen Funden von Orchomenos in den frühen Abschnitt der jüngeren Urnenfelderzeit, er beachtete dabei jedoch nicht die weiteren Bestandteile des Hortfundes.

aus den unterschiedlichsten Kulturräumen innerhalb dieses einen Depotfundes.

2. Die Glasanalysen

2.1. Problemstellung

Betrachtet man die unter typenchronologischen Gesichtspunkten gewonnenen Ergebnisse bezüglich der Glasperlen im vorhergehenden Kapitel, so konnten Aussagen zur Herstellungstechnik, Verbreitung und zur Datierung eines Großteiles der einzelnen Objekte getroffen werden. Damit sind aber auch schon die Grenzen dieser Methodik erreicht. Jedoch lässt sich mit den Glasperlen noch eine Vielzahl weiterführender Fragestellungen verbinden, die hier beantwortet werden können. So stellt sich zunächst noch einmal die ganz allgemeine Frage, woher die Glasperlen stammen. Diese Frage muss zu ihrer Beantwortung in drei Hypothesen aufgegliedert werden. Zunächst einmal ist die Überlegung anzustellen, ob die Glasperlen importiert wurden. Aber es stellt sich insbesondere bei den Perlentypen mit europäischem Verbreitungsbild die Frage, ob sie nicht lokal gefertigt wurden. Hier muss nun weiter differenziert werden: Wurde „nur“ die Perle hergestellt, das Rohglas aber importiert? Oder existierte vor Ort eine Rezeptur zur Glasherstellung, so dass alle Rohstoffe, oder Teile importiert wurden, der Rest oder aber alle Bestandteile aus lokalen Ressourcen gewonnen wurden? Bereits 1950 sprach sich Th. E. Haevernick im Zusammenhang mit den Allendorfer Glasperlen für eine mitteleuropäische Produktion aus, wohingegen P. Reinecke 1957 vor allem das Vorhandensein von Pfahlbauperlen in Italien und Griechenland betonte und dort den Ursprungsort vermutete²⁴².

Ähnliche Problematiken sind auch mit dem Prozess des Glasfärbens verbunden: auch hier wieder die Frage, ob gefärbtes Glas importiert und lokal weiterverarbeitet wurde oder ob man importiertes Rohglas vor Ort eingefärbt hat oder aber ob im Zusammenhang mit einer eigenständigen Glasproduktion auch selbst gefärbt wurde. Auch hier stellt sich die Frage nach den farbgebenden Rohstoffen und deren Herkunft. Ferner wird in der Literatur auf die Verbindung zwischen der Bronzemetallurgie und der Glasherstellung insbesondere im Hinblick auf das Färben von Gläsern hingewiesen²⁴³.

²⁴² Vgl. dazu Haevernick 1949/50, 215 f.; 217; Reinecke 1957, 19.

²⁴³ Neuninger/Pittioni 1959, 52–66. Die hier erzielten Ergebnisse greift Venclová 1990, 42 wieder auf.

Den Abschluss des Fragenkataloges stellt die Einbindung der unter typenchronologischer Betrachtung gewonnenen Ergebnisse dar: handelt es sich bei den im Allendorfer Hortfund anzutreffenden Glasperlen eines Typus auch um das gleiche Grundglas, d.h. liegt einem Typus eine einheitliche Glasrezeptur zugrunde oder gibt es hier Unterschiede, die vielleicht lokal zu begründen sind? Will man zu großräumigeren Aussagen gelangen, so muss man die einzelnen hier deponierten Perlentypen vor dem Hintergrund der Vergleichsfunde des näheren oder weiteren archäologischen Umlandes betrachten.

All diese Fragen lassen sich nur beantworten, wenn die Grundmatrix der einzelnen Glasobjekte bestimmt wird, daraus lassen sich die einzelnen Rohstoffe als auch deren Mischungsverhältnisse weitgehend ablesen, die wiederum Aussagen über die jeweils verwendete Rezeptur und davon abgeleitet über den Herstellungsort der Gläser erlauben. Daher wurde eine Auswahl von 20 Glasperlen und einem Fragment zur Analytik getroffen, die sowohl die Bandbreite der im Hortfund vertretenen Perlentypen als auch die Farbenvielfalt dieser Gläser wiedergibt.

2.2. Forschungsgeschichte

2.2.1. Ursprung der Glastechnologie

Lange Zeit ging man in der Forschung davon aus, dass die Glasherstellung ihren Ursprung allein in Ägypten hatte und sich die Technologie von dort aus verbreitete. Diese These bezog sich in erster Linie auf die Ausgrabungen von W. M. F. Petrie 1891 – 1892 in Tell el-Amarna; man sprach damals von den Hinterlassenschaften von drei bis vier Glaswerkstätten. Alle nachfolgenden Entdeckungen in Ägypten, die Hinweise auf Glasverarbeitung erbrachten, schienen dies zu bestätigen. Allerdings hatte dies zur Folge, dass ältere Glasfunde aus Mesopotamien keine Beachtung erfuhren²⁴⁴. In diesem Sinne äußerte sich A. Kisa 1908 in seinem breit angelegten Werk über das Glas im Altertum. Er sah die Anfänge der Glasherstellung ganz eindeutig in Ägypten mit einem Zentrum in Theben²⁴⁵. In Mesopotamien fand er ebenfalls Hinweise auf den Kontakt mit der Glastechnologie, diese deutete er aber als Belege für einen ägyptischen Import²⁴⁶. Dies mag auch darin be-

²⁴⁴ C. M. Jackson, P. T. Nicholson, W. Gneisinger, Glassmaking at Tell El-Amarna: an integrated approach. *Journal Glass Stud.* 40, 1998, 11 f. mit Anm. 2 u. 3; mit einer detaillierten Darstellung der diesbezüglichen Forschungsgeschichte.

²⁴⁵ A. Kisa, *Das Glas im Altertume*. Bd. 1–3 (Leipzig 1980) 37 f.

²⁴⁶ Ebd. 101–103.

gründet sein, dass aus dem 2. vorchristlichen Jahrtausend aus Mesopotamien keine Öfen zur Glasherstellung bekannt sind. Allerdings finden sich solche später auf Tontäfelchen mit Keilschrifttexten aus Ninive beschrieben²⁴⁷.

Die grundlegende Arbeit aus dem Jahr 1970 von Oppenheimer, Brill, Barag und von Saldern zur Glasherstellung in Mesopotamien veränderte das bisherige Bild der Forschung gründlich. Ab dem Ende des 16. Jahrhunderts v. Chr. tauchen in Mesopotamien und Ägypten mehr oder weniger gleichzeitig Glasgefäße auf. Außerdem scheinen die aus Mesopotamien etwas älter zu sein. Vor der Regierungszeit des Amenhotep II. bleiben die Gefäße in Ägypten außerdem sehr selten und die ältesten Funde stellen zum einen Importe aus Mesopotamien dar oder belegen zumindest stilistische Gemeinsamkeiten²⁴⁸. Die in Sandkerntechnik hergestellten Gefäße wurden mit einem Schwerpunkt in Assur hergestellt²⁴⁹. Mit zu den ältesten Objekten der Glaskunst gehören außerdem die so genannten Nuzi-Perlen, die ab der Mitte des 16. Jh. v. Chr. hergestellt wurden²⁵⁰. Der Glasherstellung gehen zunächst jedoch die Erfindungen von Fayence und Glasuren voraus, diese treten beide erstmalig in der Halaf-Zeit u.a. in Tell Brak, Ninive und Assur in Form von Perlen, Anhängern und Stempelsiegeln auf²⁵¹. Einen Höhepunkt erlebte die mesopotamische Glaskunst dann zwischen dem 8. und 6. vorchristlichen Jahrhundert mit einem Produktionszentrum im assyrischen Nimrud²⁵².

In der nun nachfolgenden Forschung hatte sich das Bild verändert, die Glasherstellung hatte ihren Ursprung in Mesopotamien und ägyptische Glasfunde gingen zumindest anfänglich auf den Import mesopotamischen Rohglases zurück. Nach neuesten Arbeiten weiß man, dass die Glasverarbeitung in Ägypten um 1550 v. Chr. einsetzt²⁵³. Die ältesten bislang bekann-

ten Werkstätten, die Rohglas verarbeiteten, kennt man aus Malqata, auf der Westseite Thebens im Bereich der Palastanlage Amenophis III. (1387 – 1350 v. Chr.) gelegen; neuere Ausgrabungen in Tell el-Amarna erbrachten die Befunde von zwei Öfen, die, experimentell nachgewiesen, der direkten Glasherstellung gedient haben können. So dass man von einer eigenständigen Glasproduktion in Ägypten, zusätzlich zu der Verarbeitung importierten Rohglases, ab der Regierungszeit des Amenophis IV., des späteren Echnaton (1353 – 1335 v. Chr.) ausgeht²⁵⁴. Man stellte auch hier eine Vielfalt von kleinen Gegenständen, insbesondere Glasgefäße her²⁵⁵. Weitere Werkstätten können bis zum Ende des 12. Jh. v. Chr. benannt werden, danach findet sich erst in ptolemäischer Zeit wieder der Hinweis auf Glasverarbeitung²⁵⁶.

Im mykenischen Griechenland entstand im 16./15. Jh. v. Chr. ebenfalls eine eigenständige Glasindustrie, deren Entwicklung sich augenscheinlich unabhängig von jener in Mesopotamien und Ägypten vollzog. Man fertigte in erster Linie kleine Glasobjekte wie die blauen, gegossenen Plättchenperlen her, die sich besonders im 14. und 13. Jh. v. Chr. großer Beliebtheit erfreuten²⁵⁷. Die Glaskunst scheint nach dem Ende der mykenischen Kultur keine direkte Fortsetzung zu finden. Erst wieder aus dem 3. Jh. v. Chr. kennt man auf Rhodos eine produzierende Glaswerkstatt²⁵⁸.

Blickt man nun nach Mitteleuropa, so hat sich auch hier das Bild stark verändert. So ging man zunächst in der Forschung davon aus, dass in Europa, vornehmlich nordwärts der Alpen, erst in römischer Zeit

man Fayence und Glasuren als Vorläufer der Entwicklung der späteren Glasherstellung ebd. 5; vgl. dazu auch Stern/Schlick-Nolte 1994, 31.

²⁵⁴ Siehe dazu P. T. Nicholson, *Glassmaking and Glassworking at Amarna: some new work*. *Journal Glass Stud.* 37, 1995, 11 ff. – Jackson u.a. (Anm.244) 15 ff. m. Abb. 1. Eine kritische Betrachtung dieser Befunde findet sich bei Henderson 2000, 40 ff; hier wird deutlich, dass der direkte Nachweis zur Glasherstellung, also das Herstellen der Fritte nach wie vor aussteht.

²⁵⁵ Vgl. dazu: Stern/Schlick-Nolte 1994, S. 130–151, Kat.Nr. 5–15.

²⁵⁶ Ebd. 26 f. hier werden auch die Hinterlassenschaften der einzelnen Werkstätten genauer beschrieben.

²⁵⁷ Haevernick 1960, 71 ff. – vgl. dazu auch Stern/Schlick-Nolte 1994, 152–155, Kat.-Nr. 16, 17 mit weiterführender Literatur. Vgl. ebenfalls Barag 1970, 187 ff.: laut Autor gibt es Hinweise darauf, dass die mykenische Glasproduktion durch die nordmesopotamische Glasgussindustrie angeregt wurde, besondere Bedeutung erlangen in diesem Zusammenhang die Perlen aus Schachtgrab I in Mykene, die Haevernick a.a.O. als früheste Belege einer eigenständigen ägäischen Glasproduktion, Barag aber als Importe aus Mesopotamien oder aber als lokale Imitationen deutete.

²⁵⁸ G. D. Weinberg, *A hellenistic glass factory on Rhodes: progress report*. *Journal Glass Stud.* 25, 1982, 37.

²⁴⁷ Stern/Schlick-Nolte 1994, 19 f. Die Tontafeln stammen aus der Bibliothek des Königs Assurbanipal (668–627).

²⁴⁸ Barag 1970, 184. Die ältesten Glasfunde aus Mesopotamien, ein grüner Glasstab und ein blauer Rohglasbrocken scheinen in das 23. und 21. Jh. v. Chr. zu datieren, allerdings sind diese Zeitanätze nicht gesichert, Moorey 1985, 196.

²⁴⁹ Ebd. 204 f.

²⁵⁰ TH: E. Haevernick, *Beiträge zur Geschichte des antiken Glases XIII. Nuzi-Perlen*. (Jahrb. RGZM 12, 1965, 35–40) In: Th. E. Haevernick (Hrsg.), *Beiträge zur Glasforschung. Die wichtigsten Aufsätze von 1938 bis 1981*. (Mainz 1981). 146 ff. mit den Abb. 1–6 und einer Verbreitungskarte Vgl. dazu Stern/Schlick-Nolte 1994, 122–125, Kat.Nr.2 mit weiteren Fundorten; Moorey 1985, 202 f.

²⁵¹ H. Kühne, s.v. Glas. *Reallexikon der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie* Bd. 3 (Berlin, New York 1957–1971) 407–427; insbesondere § 3 mit den frühesten Funden.

²⁵² Ebd. 426.

²⁵³ Brill/Lilyquist 1993, 43, man geht davon aus, dass mesopotamische Handwerker in Ägypten arbeiteten; auch hier vermutet

mit einer Glasproduktion zu rechnen sei²⁵⁹. In diesem Sinne äußerte sich P. Reinecke 1911 bezüglich der latènezeitlichen Glasfunde, indem er sie als einen Import aus dem Raum südlich der Alpen interpretierte. In Anbetracht der Fundmengen wies Th. E. Haevernick 1974 darauf hin, dass aus der Vielzahl der keltischen Glasfunde, Glasarmringe und Glasperlen sowie deren Verbreitung eine eigenständige Glasproduktion nördlich der Alpen zwingend abzulesen ist²⁶⁰.

So kennt man aus den Oppida von Manching, Stradonice und Staré Hradisko und aus Hengistbury Head Rohglasbrocken²⁶¹. Vom Dürrnberg stammen Glas-schlacken und weitere Glasreste, die eine Werkstatt vor Ort erwarten lassen²⁶². Ohne direkte Befunde zu Glaswerkstätten kann man sich der Frage nach deren Lokalisierung jedoch nur auf hypothetischem Wege annähern. N. Venclová vermutet auf der Grundlage der Verbreitung und Konzentration einzelner latènezeitlicher Glasarmringtypen Werkstätten in Oberitalien, der Schweiz und der Tschechischen Republik²⁶³.

Erst spät wendete man in der Forschung den Blick auf die bronzezeitlichen Glasfunde in Europa, bei denen es sich ausschließlich um Perlen handelt. Auch hier trifft man zunächst auf die lange und hartnäckig vertretene Ansicht, dieses Glas stamme aus Ägypten²⁶⁴. Th. E. Haevernick wies 1978 in ihrem Aufsatz zu urnenfelderzeitlichen Glasperlen deutlich darauf hin, dass sich zu den einzelnen Perlentypen keine Entsprechungen im vermeintlichen Herkunftsland finden lassen²⁶⁵. Auch Reinecke hatte schon auf den Umstand hingewiesen, dass die bronzezeitlichen Perlen eine Farbe besitzen, die sich weder an ägypti-

sehen noch an mykenischen Funden beobachten lässt²⁶⁶.

Ein gezielter Diskurs, über rein typologische Betrachtungen hinaus, zur Frage des Ursprungs des bronzezeitlichen europäischen Glases beginnt erst Mitte der 1980er Jahre mit den analytischen Arbeiten von J. Henderson. Vornehmlich spätbronzezeitliche Glasperlen aus West-, Mittel- und Südeuropa wurden nun im Hinblick auf ihren Ursprung und ihre Herstellungstechnik untersucht. J. Henderson wies anhand chemischer Analysen eine europäische Glasrezeptur nach, die sowohl im Vorderen Orient als auch in Ägypten und im mykenischen Griechenland keinerlei Entsprechungen findet. Zeitlich parallel zu diesem Glas finden sich in Europa Gläser, die ihren Ursprung in den oben beschriebenen Gebieten des Mittelmeerraums und des Vorderen Orients besitzen²⁶⁷.

Besondere Bedeutung erlangten in diesem Zusammenhang die Ausgrabungen in Frattesina bei Rovigo in Norditalien, die den Nachweis einer Siedlung erbrachten, in der u.a. Glas nach der von Henderson nachgewiesenen Rezeptur hergestellt und weiterverarbeitet wurde²⁶⁸. Der Ort datiert vom Ende der Spätbronzezeit bis zum Beginn der Eisenzeit. Frattesina stellt bislang den einzigen gesicherten Siedlungskomplex dar, in dem sowohl Rohglasbrocken als auch Schmelztiegel mit noch anhaftendem Glas nachgewiesen wurden²⁶⁹. Weitere Hinweise zur Glasverarbeitung stammen von dem Fundplatz Mariconda di Melara, 35 km westlich von Frattesina gelegen. Auch hier fanden sich Reste von Rohglasbrocken, Glasabfällen und Tiegelfragmenten, allerdings ist hier nur die Spätbronzezeit zu erfassen²⁷⁰. Es folgten einige weitere Arbeiten, die durch Analysen endbronzezeitlichen Glases aus Europa die Materialbasis erweiterten²⁷¹. Mittlerweile kennt man Gläser dieser

²⁵⁹ Haevernick 1974, 300 f.

²⁶⁰ Ebd. 299 ff. mit Abb. 1.

²⁶¹ R. Gebhard, Der Glasschmuck aus dem Oppidum von Manching. Die Ausgrabungen in Manching Bd. 11 (Stuttgart 1989) 41; 147 f. Taf. 61, ein eindeutiger Befund zur Glasherstellung liegt nicht vor, jedoch gibt es Herdanlagen, die dahingehend diskutiert werden; zu den Funden aus Stradonice: Venclová 1990a, 145; J. Meduna, Das keltische Oppidum Staré Hradisko in Mähren. *Germania* 48, 1970, 34–59; zu Hengistbury Head in Dorset: B. Cunliffe, Hengistbury Head Dorset. Vol. 1 (Oxford 1987): m. einem Beitrag zu den Glasfunden von Henderson 180 ff.

²⁶² Haevernick 1960 20 ff. Die Autorin nennt in diesem Zusammenhang noch weitere Fundorte, die Glasschlacken erbrachten.

²⁶³ Venclová 1990, 142 ff. mit Fig. 22; Karte 9.

²⁶⁴ So z.B. V. Gessner, Vom Problem der spätbronzezeitlichen Glasperlen. In: W. Drack (Hrsg.), Festschrift Reinhold Bosch (Aarau 1947) 80 ff.

²⁶⁵ Vgl. Haevernick 1978, 375.

²⁶⁶ P. Reinecke, Glasperlen vorrömischer Zeiten aus Funden nördlich der Alpen. *Altertümer unserer heidnischen Vorzeit* V, 1911, 67.

²⁶⁷ Henderson 1988b, 435–451; ders. 1989, 38–44. Vgl. zu diesem Forschungsaspekt die detaillierteren Ausführungen in diesem Kapitel zur Glasanalytik.

²⁶⁸ A. M. Bietti-Sestieri, Elementi per lo studio dell'abitato protostorica di Frattesina di Fratta Polesine (Rovigo). *Padusa* 11, 1975, 1 ff.

²⁶⁹ A. Biavati/M. Verita, The glass from Frattesina, a glassmaking center in the late bronze age. *Rivista della stazione sperimentale del vetro* 4, 1989, 295. – Eine weitere Siedlung, die in diesem Zusammenhang diskutiert wird, stellt die schweizer Seerandstation Hauterive-Champréveyres dar, hier wurde die bislang größte Anzahl der so genannten Pfahlbautönnchen entdeckt; Hinweise auf Fertigungsprozesse fanden sich hier allerdings nicht: vgl. dazu Henderson 1993, 111 ff.

²⁷⁰ Bellintani u.a. 2001, 19.

²⁷¹ Diese Arbeiten werden ausführlich in diesem Kapitel im Abschnitt zur Glasanalytik besprochen.

Rezeptur aus der Mittelbronzezeit in Frankreich, so dass der Ursprung und die Entwicklung einer europäischen Glasproduktion zeitlich nicht erst mit der Spätbronzezeit zu verbinden ist²⁷².

Hier zeigt sich nun schon deutlich, welche Bedeutung die Glasanalytik gewinnen kann und in wie weit sie zur Überprüfung von typenchronologisch gewonnenen Ergebnissen herangezogen werden kann bzw. in wie weit sie darüber hinausführt. Auch die Allendorfer Perlen sind im Kontext einer eigenständigen europäischen Glashandwerkskunst zu betrachten. Einen Beitrag zur Klärung dieser Problematik stellt die hier vorgelegte Arbeit dar.

2.2.2. Entwicklung der Glasanalytik

Am Beginn der Glasanalytik standen zunächst ausgewählte Fragen zu einzelnen Objekten. Im weiteren zeitlichen Verlauf bildeten sich inhaltliche Schwerpunkte heraus, die sich auch noch in der aktuellen Literatur wieder finden. Den größten Arbeitsbereich stellt die Erforschung der antiken Glasrezepturen dar; hier dienen Analysen der Bestimmung der Grundzusammensetzung von Gläsern unterschiedlicher Epochen und Regionen. Ein weiterer Zweig befasst sich mit der Technik des Glasfärbens und den damit verbundenen schmelztechnischen Aspekten. Mit beiden Bereichen lassen sich die Fragen nach der Art der Rohstoffe als auch deren Herkunft verknüpfen²⁷³.

Die ersten Analysen von antiken Gläsern gehen mit der Entwicklung der quantitativen chemischen Analytik im 18. Jahrhundert einher. M. H. Klaproth analysierte 1798 drei römische Glasmosaiksteine, um deren Färbung zu klären. Er wies sieben Elemente nach und dass Kupfer in unterschiedlichen Oxidationsstufen die rote bzw. grüne Farbe hervorgerufen hatte²⁷⁴. Es folgte eine Reihe von Glasanalysen, deren Gegenstand vornehmlich römisch und ägyptische Gläser, sowie die des Vorderen Orients waren²⁷⁵. Die im 19. Jahrhundert durchgeführten Analysen sind heute nur noch von forschungsgeschichtlichem Interesse, sie können zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr zur Beurteilung antiker Gläser herangezogen werden. Die Analytik hat sich wesentlich weiterentwickelt und man konnte im Zuge dessen nicht mehr nur ein-

zelne Hauptbestandteile, sondern nun auch Neben- und Spurenbestandteile nachweisen. Gerade die beiden letztgenannten Bestandteile einer Analyse haben sich mittlerweile als besonders wichtig bei der Beurteilung der Gläser im Hinblick auf Fragen nach Ursprung der Rohstoffe, nach den farbgebenden Substanzen etc. erwiesen. Häufig wurde bei älteren Analysen darauf zurückgegriffen, dass der Gehalt eines Elementes durch Ergänzung der bestimmten Elementsumme rechnerisch bestimmt wurde²⁷⁶. Die bis Ende der 1950er Jahre durchgeführten Analysereihen verschiedener Forscher sind von Caley 1962 zusammengeführt und publiziert worden²⁷⁷.

Mitte der 1950er Jahre veröffentlichte W. Geilmann seine Beiträge zur Kenntnis alter Gläser. Anhand von ca. 100 analysierten Gläsern des Orients, des römischen Rhein-Main-Gebietes und aus deutschen Schmelzhütten des 10. bis 18. Jahrhunderts, gelang ihm der Nachweis der Phosphorsäure als allgemein auftretender Bestandteil in antiken Gläsern. Er erkannte den Zusammenhang zwischen Phosphaten und den in die Glasschmelze eingebrachten Alkalien, so dass die Phosphatmenge im Zusammenhang mit dem vorhandenen Kaliumgehalt als Hinweis auf die verwendeten Rohstoffe, also mineralisches Natron oder aber Pflanzenasche, interpretiert werden konnte²⁷⁸. Ein weiterer Beitrag von ihm befasste sich sehr detailliert mit den Verwitterungserscheinungen antiker Gläser²⁷⁹.

Sayre und Smith veröffentlichten 1961 eine groß angelegte Analysenreihe von ca. 200 Gläsern, die aus dem Zeitraum des 15. Jh. v. Chr. bis zum 12. Jh. n. Chr. stammen²⁸⁰. Es handelt sich um Fundstücke aus

²⁷⁶ So wurde z.B. häufig der Siliciumgehalt auf diese Weise gewonnen. Erschwerend kommt hinzu, dass es bei den hier analysierten Objekten häufig keine Fundortangaben und noch wichtiger keine genauen Datierungen gibt.

²⁷⁷ Caley 1962, 13 ff. mit detaillierten Beschreibungen der frühesten Analysen.

²⁷⁸ Geilmann/Jennemann 1953, 34 ff.; Geilmann 1955, 146 ff. Ferner befasste er sich mit dem Wandel in der Glasherstellung, der sich im 9. und 10. Jahrhundert in Nordeuropa erfassen lässt, und erklärte den Wechsel von natriumreichen zu kaliumreichen Gläsern mit einem Rohstoffwechsel von Soda zur Buchenholzasche.

²⁷⁹ Geilmann u.a. 1956, 145 ff.

²⁸⁰ Sayre/Smith 1961, 1824 – 1826. Ankner setzte sich 1965 kritisch mit der Arbeit von Sayre und Smith auseinander: D. Ankner, Chemische und physikalische Untersuchungen an vor- und frühgeschichtlichen Gläsern I. In: Technische Beiträge zur Archäologie II. (Mainz 1965) 74 – 101. Er untersuchte anhand von 543 aus der Literatur bekannten Glasanalysen, ob die fünf Gruppen von Sayre und Smith Allgemeingültigkeit besitzen. Natürlich erwiesen sich die von Sayre und Smith gebildeten Gruppen als nicht auf alle weiteren Analysen übertragbar, dies begründete Ankner zu Recht mit der kleinen und einseitigen Probenauswahl von nur 194 Gläsern. Allerdings stammen allein schon 182 der von Ankner zum Vergleich herangezogenen Gläser aus der Mittel- und

²⁷² Bellintani u.a. 2001, 8 f.

²⁷³ Hier werden vorwiegend jene Arbeiten besprochen, die sich mit der Frage nach der Glasrezeptur befassen. Weiterführende Literatur zu den einzelnen Forschungsbereichen der Glasanalytik ist Henderson 1989 zu entnehmen.

²⁷⁴ Caley 1962, 13–15.

²⁷⁵ Ebd. 15–23.

Europa, dem Mittleren Osten und Afrika. Insgesamt wurden 26 Elemente analysiert und anhand der Magnesium-, Kalium-, Mangan-, Antimon- und Bleigehalte erarbeiteten sie fünf Hauptkategorien. Es handelt sich bei der ersten Gruppe um die Gläser des zweiten Jahrtausends v. Chr., das so genannte Natron-Kalk-Glas, das u.a. durch einen hohen Magnesiumgehalt charakterisiert ist. Teilweise kommt ein erhöhter Antimon- und Bleigehalt dazu. Diese Gläser stammen aus dem mediterranen Raum, viele Funde kommen aus Ägypten, Mesopotamien, dem mykenischen Griechenland und Persien. Die von Sayre und Smith analysierten Funde datieren in die Zeitspanne vom 15. – 8. Jh. v. Chr. Die zweite Gruppe wird gebildet von den antimonreichen Gläsern, die niedrige Kalium- und Magnesiumgehalte aufweisen. Sie finden sich ebenfalls in Griechenland, Kleinasien und Persien, sowie während der römischer Okkupationszeit auch noch östlich des Euphrates. Die Fundstücke umfassen den Zeithorizont vom 6. Jh. v. Chr. bis zum 4. Jh. n. Chr.²⁸¹. Weitere Gruppen bilden die römischen Gläser, die frühislamischen Gläser und die islamischen Bleigläser²⁸². 1967 führten Sayre und Smith ihre Ergebnisse weiter aus und wiesen auf eine positive Korrelation der Kalium- und Magnesiumwerte hin²⁸³. 1963 veröffentlichte Sayre seine Ergebnisse bezüglich der Frage nach der intentionellen Nutzung von Mangan und Antimon. Er wies u.a. nach, dass diese beiden Elemente zunächst als färbende und als trübende Faktoren der Glasschmelze zugesetzt wurden, lange bevor man sie als Entfärber einsetzte²⁸⁴.

1975 erschien die deutsche Übersetzung des 1969 publizierten Standardwerkes von M. A. Bezborodov zur Chemie und Technologie der antiken und mittelalterlichen Gläser²⁸⁵. Neben detaillierten Ausführungen zu den unterschiedlichen Herstellungstechniken im Wandel der Zeit, befasste sich der Autor auch eingehend mit den einzelnen Aspekten der Rohmate-

rialien und deren Bedeutung für das jeweilige Glasgemenge²⁸⁶. Ebenfalls findet sich hier eine Kompilation von 760 Glasanalysen, die bis zu den 1950er Jahren publiziert wurden²⁸⁷. Der Autor erarbeitete auf der Grundlage der Hauptbestandteile, die im Bereich über 3% nachweisbar waren, eine Einteilung der Gläser in mehrere Grundgläser und in Gläsergruppen. Aufgrund der Beschränkung auf die Hauptbestandteile, haben seine Glasgruppierungen in der Forschung kaum Beachtung gefunden²⁸⁸.

Henderson weist 2000 darauf hin, dass die magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläser im jordanischen Pella bereits im 13. und 12. Jh. v. Chr. auftauchen und dass in Mesopotamien und dem Mediterraneum von viel komplexeren Vorgängen im Rahmen der Entwicklung der Glastechnologie auszugehen ist²⁸⁹.

Erste breit angelegte Analysereihen an vorgeschichtlichen europäischen Glasfunden nahm P. Hahn-Weinheimer 1960 vor; 150 Glasarmringe und Ringperlen der Mittel- und Spätlatènezeit wurden im Hinblick auf ihre Neben- und Spurenbestandteile quantitativ analysiert²⁹⁰. In erster Linie wollte man die Frage nach den farbgebenden Zuschlagstoffen klären und überprüfen, ob sich die typenchronologische Einteilung der Artefakte auch im Chemismus der Stücke widerspiegelt. 1989 erschien die Arbeit von R. Gebhard zu den Glasfunden aus dem Oppidum von Manching, die den Ansatz von P. Hahn-Weinheimer aufgriff und erweiterte. Auch hier standen die farbgebenden Elemente im Vordergrund. Die Arbeit birgt eine Kompilation von 377 unterschiedlich durchgeführten Analysen. Gebhard gelang es, anhand typologisch und chronologisch differenzierbarer Reihen die Färbungstechnologie der Glasarmringe zeitlich zu differenzieren²⁹¹.

Spätlatènezeit des europäischen Festlandes. Diese Region war von Sayre und Smith überhaupt nicht berücksichtigt worden. Trotzdem haben die Aussagen von Sayre und Smith, insbesondere was das Glas des 2. und 1. vorchristlichen Jahrtausends betrifft, ihre Gültigkeit weitgehend behalten. Vgl. dazu Henderson 1988a, 77.

²⁸¹ Diese beiden Glastypeen fanden unter den Bezeichnungen magnesiumreiches bzw. magnesiumarmes Glas Eingang in die folgende Literatur. Vgl. dazu Henderson 1988a, 77; Hartmann u.a. 1997, 551.

²⁸² Diese Gruppierungen werden hier nicht weiter ausgeführt, da sie für den Inhalt dieser Arbeit ohne Belang sind.

²⁸³ Sayre/Smith 1967, 281 ff. Abb. 1–3.

²⁸⁴ E. V. Sayre, The intentional use of antimony and manganese in ancient glasses. In: F.R. Madson, G.E. Rindone (Hrsg.), Proceedings of the VI international congress on glass: Advances in technology, part 2 (New York 1963) 263–282.

²⁸⁵ Bezborodov 1975.

²⁸⁶ Vgl. dazu seine Ausführungen zu Analysen von Sanden und Pflanzenaschen, ebd. 46 ff.

²⁸⁷ Ebd. 225 ff.

²⁸⁸ Ebd. 149–162. Kritisch zu der hier vorgenommenen Gruppeneinteilung: Hartmann u.a. 1997, 551; Wedepohl 1993, 21 f.. Allerdings kann dieses Werk immer noch zu anderen Aspekten, wie z.B. der Frage nach den Alkaliquellen herangezogen werden.

²⁸⁹ Henderson 2000, 56 ff.

²⁹⁰ P. Hahn-Weinheimer, Die spektrochemischen Untersuchungen von Glasarmringen und Ringperlen der Mittel- und Spätlatènezeit. In: Haevernick 1960, 266–272.

²⁹¹ Gebhard (Anm. 261) 148–167. Bedauerlich scheint an dieser Stelle, dass keine gesamtquantitativen Analysen zur grundsätzlichen Zusammensetzung der Stücke vorgenommen wurden. Auch findet hier die allgemeine Forschungslage zur Glasanalytik wenig Eingang, vielmehr bezieht sich Gebhard bei seinen wenigen Gesamtanalysen auf die Arbeit von Bezborodov; zur Zusammensetzung des Manchinger Glases siehe ebd. S. 153 und Tab. 5, S. 290. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse findet sich in: R. Gebhard, Le verre à Manching: données nouvelles et apport des analy-

1983 veröffentlichte Ch. Braun ihre chemischen Untersuchungen an hallstattzeitlichen Glasperlen. Es wurden 112 Perlen gesamtquantitativ analysiert und nach Zeitstellung und Färbung getrennt betrachtet. Braun stellte bei ihren Analysen zwei Grundglastyphen fest, das Natron-Kalk-Glas mit niedrigem Magnesiumgehalt, als Typ 1 benannt und das Natron-Kalk-Magnesium-Glas, als Typ 2 bezeichnet. Diese beiden Gläser korrespondieren gut mit den von Sayre und Smith konstatierten Glastyphen des 2. und 1. vorchristlichen Jahrtausends. Auf der Grundlage der bislang in der Forschung erzielten Ergebnisse im Hinblick auf die Rohstoffquellen, gelangte auch sie zu der Überzeugung, dass die erhöhten Magnesiumwerte, die i. d. R. mit erhöhten Kalium- und Phosphatanteilen einhergehen, auf eine Verwendung von Pflanzenasche zurückzuführen sind; ferner wurden in dieser Arbeit eingehend die Fragen nach den farbgebenden Bestandteilen geklärt²⁹².

Ab Beginn der 1980er Jahre befasste man sich in der Glasforschung nun auch mit den bronzezeitlichen Glasfunden Europas und deren Chemismus. Den Ausgangspunkt der hier beginnenden Diskussion zu Ursprung und Herstellung bronzezeitlicher Glasperlen bilden die Arbeiten von J. Henderson. Hatte er sich anfänglich noch mit Fragen bezüglich des Chemismus eisenzeitlicher Glasperlen befasst²⁹³, richtete er in den folgenden Arbeiten den Blickwinkel auf das endbronzezeitliche Glas²⁹⁴. Ausgehend von gesamtquantitativen Analysen an blauen Glasperlen von Lough Gur in Irland konnte er eine chemische Grundzusammensetzung nachweisen, der es bislang im mediterranen Raum und im Vorderen Orient an Vergleichsfunden mangelt²⁹⁵. Nach einer Erweite-

rung der Materialbasis gelang ihm der Nachweis dieses so genannten gemischt-alkalischen Glases in Irland, Südengland sowie in den schweizer Seerandstationen und in Norditalien²⁹⁶; zugleich finden sich unter den endbronzezeitlichen Glasperlen Stücke, die aus dem als magnesiumreich beschriebenen Glas der Gruppe 1 von Sayre und Smith²⁹⁷ gefertigt wurden. Dieses magnesiumreiche Glas scheint nach den Arbeiten von Braun und Henderson auch in Europa im Bereich des 8. und 7. vorchristlichen Jahrhunderts weitgehend von dem so genannten magnesiumarmen Glas abgelöst zu werden²⁹⁸.

Die von Henderson begonnene Diskussion zum endbronzezeitlichen Glas wurde von verschiedenen Forschern aufgegriffen und durch weitere Analysereihen an bronzezeitlichen Glasobjekten von mitteleuropäischen Fundplätzen erweitert. So veröffentlichten Hartmann u.a. 1997 Glasanalysen von bronze- und eisenzeitlichen Glasartefakten aus dem Zeitraum des 14. bis 1. vorchristlichen Jahrhunderts aus Niedersachsen und Hessen. Bezüglich der bronzezeitlichen Glasperlen fanden die von Henderson erzielten Ergebnisse hier eine weitere Bestätigung²⁹⁹. Die Materialbasis wurde 2001 durch weitere Analysen an Funden aus Frattesina, Mariconda di Melara etc. erweitert. Funde aus Frankreich lassen eine frühere Verwendung dieses Glases wohl ab der Mittelbronzezeit vermuten³⁰⁰.

Weitere Glasanalysen wurden noch an einzelnen Perlen aus den Gebieten der Lausitzer und der Pommeranischen Kultur in Polen sowie an endbronzezeitlichen Glasperlen aus Böhmen von Frána und Mastalka vorgenommen. Die böhmischen Funde sind ebenfalls durch einen hohen Magnesiumgehalt charakterisiert³⁰¹.

In dem hier besprochenen Zusammenhang bezüglich einer eigenständigen Glasproduktion in Europa erlangte der Fundort Frattesina in Norditalien besondere Bedeutung, da zumindest hier der Nachweis für

ses. In: M. Feugère (Hrsg.), *Le verre préromain en Europe occidentale*. (Montagnac 1989) 99–106.

²⁹² Braun 1983, 149 ff. mit Tab. 15, S. 153.

²⁹³ J. Henderson/S. E. Warren, X-ray fluorescence analyses of iron age glass: beads from Meare and Glastonbury Lake Village. *Archaeometry* 23, 1981, 83 ff.: Hier untersuchte er insbesondere die Rolle von Blei und Antimon in gelbgefärbten Gläsern. J. Henderson/S.E. Warren, Analysis of prehistoric lead glass. *Proceedings of the 22nd Symposium on Archaeometry* (Bradford 1982) 168 ff.: Hier wurde der Forschungsbereich zu den gelbopaken Glasperlen chronologisch und geographisch erweitert.

²⁹⁴ Um nur die wichtigsten Aufsätze zu nennen: Henderson 1985; ders. 1988a; ders. 1988b; Neuninger/Pittioni 1959 hatten bereits früh urnenfelderzeitliche Glasperlen spektrochemisch untersucht; allerdings wurden nur Neben- und Spurenbestandteile semiquantitativ bestimmt, um zu Aussagen bezüglich der färbenden Elemente zu gelangen.

²⁹⁵ J. Henderson, The chemical analysis of glass from Lough Gur and its archaeological interpretation. *Proc. Royal Irish Acad.* 1987, 502–506. Der Autor weist hier darauf hin, dass die Fundumstände der ca. 30 Perlen nicht gesichert sind, sie allerdings in den endbronzezeitlichen Glasperlen von Rathgall, Co. Wicklow gute Entsprechungen finden. Vgl. dazu J. Henderson/B. Raftery, Some glass beads of the later Bronze Age in Ireland. In: C. Dobiat u.a.

(Hrsg.), *Glasperlen der vorrömischen Eisenzeit II. Ringaugenperlen und verwandte Perlengruppen*. Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 9 (Marburg 1987) 39 ff.

²⁹⁶ Vgl. Henderson 1988b, 439 ff. mit Abb. 2 u. 3.

²⁹⁷ Ebd.

²⁹⁸ Braun 1983, 157; Henderson 1989, 41 f. mit Fig. 2.3.

²⁹⁹ Hartmann u.a. 1997, 547–559 mit Tab. 1 u. Abb. 5–7. Die Autoren nehmen hier eine andere, interpretative Benennung der bereits aus der Literatur bekannten magnesiumreichen bzw. -armen Glastyphen vor, hier wird von Pflanzenaschen- bzw. Natrongläsern gesprochen. Grundsätzliches zur Terminologie und den Veränderungen in der Klassifizierung von Glastyphen ebd. 551.

³⁰⁰ Bellintani u.a. 2001, 8 f.

³⁰¹ Venclová 1990, 42; Frána/Mastalka, 1989, 37 ff. insbesondere S. 69 f. m. Tab. 7.

die lokale Fertigung des gemischt-alkalischen Glases erbracht wurde³⁰², so dass man davon ausgehen kann, dass eine eigenständige Glasproduktion und Verarbeitung im endbronzezeitlichen Europa neben den Gläsern ostmediterranen oder vorderasiatischen Ursprungs ihren Platz hatte³⁰³.

3. Analyseverfahren

3.1. Messprinzip

Die chemische Analyse der 21 Glasperlen und eines Glasperlenfragmentes des Allendorfer Hortfundes wurde an der Ruhr-Universität Bochum von Dr. H. J. Bernhardt mit einer Elektronenstrahlmikrosonde CAMECA SX 50 durchgeführt.

Die Mikrosondenanalytik beruht auf folgendem Prinzip: in einer so genannten Elektronen-Kanone werden Elektronen freigesetzt und auf eine bestimmte, wählbare Spannung beschleunigt (Anregungsspannung). Danach werden sie mit Hilfe von elektromagnetischen Linsen zu einem sehr feinen ($< 1 \mu\text{m}$) Strahl fokussiert und auf die zu analysierende Probe geschossen. Sie dringen in die Probe ein und regen die dort vorhandenen Elemente unter anderem zur Aussendung so genannter charakteristischer Röntgenstrahlung an. Diese wird unter Verwendung von Kristallspektrometern analysiert in Bezug auf Peaklagen, die auf das emittierende Element schließen lassen und Peakintensitäten, die ein Maß für die Konzentration des betreffenden Elementes in der Probe darstellen. Die absolute Quantifizierung erfolgt mittels Standards, deren Zusammensetzung genau bekannt ist. Die einzelnen verwendeten Standards sind der Tabelle 6 zu entnehmen. In einem weiteren Schritt müssen die erhaltenen Werte auf Matrixeinflüsse von Probe und Standards korrigiert werden. Die Matrixkorrektur erfolgt mit dem PAP-Programm nach Pouchou und Pichoir³⁰⁴.

Die Eindringtiefe der Elektronen ist abhängig von der gewählten Anregungsspannung, sie kann von μm -Bruchteilen bis zu mehreren μm betragen.

³⁰² Brill 1992, 11 ff. mit Tab.1. dazu auch Henderson/Ponting 1999, 4 f.

³⁰³ In wie weit das magnesiumreiche Glas als Rohglas oder aber als fertiges Objekt nach Europa gelangte, wird weiter unter diskutiert.

³⁰⁴ J. L. Pouchou, F. Pichoir, A new model for quantitative x-ray microanalysis. Part F: Application to the analysis of homogeneous samples. Rech. Aérop. 1984, Heft 3, 13–38.

Um gute Analysen zu erhalten, ist es notwendig, dass die Probe im zu analysierenden Bereich poliert ist. Zur Ableitung der eingestrahnten Elektronen werden nicht leitende Proben wie Silikate oder Oxide durch Aufdampfen einer Kohlenstoffschicht leitend gemacht.

Normalerweise arbeitet diese Methode zerstörungsfrei. Es gibt jedoch Proben, wie z.B. wasser-, natriumhaltige Gläser, die empfindlich auf den Elektronenbeschuss reagieren. Die Analysebedingungen müssen daher so optimiert werden, dass einerseits Zerstörungen minimiert werden, andererseits die Analysequalität nicht zu sehr leidet. Möglichkeiten hierzu sind die Verringerung des Strahlstroms oder der Anregungsspannung sowie das Aufweiten des Strahls.

Die folgenden 18 Elemente wurden analysiert: Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sb, P, Pb.

Auf jeder Glasperle wurden in Abhängigkeit von der Größe und der Beschaffenheit der präparierten Fläche zwischen 5 und 50 Einzelpunkte analysiert. Grundsätzlich war eine große Anzahl von Messpunkten gewünscht, um die statistische Sicherheit der Analysen zu erhöhen. Die durch die Analysen gewonnenen Elementgehalte wurden über Stöcheometriefaktoren in Oxide umgerechnet³⁰⁵. Gute Analysesummen betragen $100 \pm 1,5 \text{ Gew.}\%$. Die hier gewonnenen Daten liegen zum Teil darunter oder darüber. Dieser Sachverhalt wird weiter unten ausgeführt. Der für diese Analysetechnik angenommene relative Fehler liegt bei 1% für die Hauptelemente und 5% für die Nebenelemente. Bezüglich der Spurenelemente muss von einem Fehlerwert $> 5\%$ ausgegangen werden.

Element	Linie	Standard	Element	Linie	Standard
Na	K α	Jadeit	Cu	K α	CuO
Si	K α	Pyrop	Zn	K α	ZnO
Mg	K α	Pyrop	Cl	K α	NaCl
Al	K α	Pyrop	K	K α	K-Glas
Cr	K α	Cr ₂ O ₃	Ca	K α	Andradit
Mn	K α	Spessartin	Ti	K α	TiO ₂
Fe	K α	Andradit	Sb	L α	Sb ₂ O ₃
Co	K α	Co	P	K α	AlPO ₄
Ni	K α	NiO	Pb	M α	PbS

Tab. 6: EMS-Standards

³⁰⁵ Heinrichs/Herrmann 1990.

3.2. Probenpräparation

Bei der Elektronenstrahlmikrosondenanalyse handelt es sich um eine Oberflächenanalytik. Das bedeutet insbesondere für archäologische Fundstücke, dass mit dieser Methode annähernd zerstörungsfrei gearbeitet werden kann.

Gläser erfahren im Boden aufgrund ihrer unterschiedlichen Zusammensetzungen und des jeweils vorhandenen Bodenmilieus divergierende Korrosionserscheinungen. In der Regel wandelt sich ein Teil der antiken Glasoberfläche in eine so genannte Kor-tex um, deren chemische Zusammensetzung sich in soweit von jener der ursprünglichen Glasmatrix unterscheidet, als dass einzelne Elemente sich abrei-chern, andere hingegen anreichern. So war es zur Analyse der Allendorfer Stücke notwendig, die Kor-tex punktuell zu entfernen. Der gewählte Ausschnitt auf der Perlenoberfläche war abhängig von der Ge-staltung der Perle. So konnte hinsichtlich der mono-chromen Perlen ein Bereich gesucht werden, der das spätere Erscheinungsbild des Objektes kaum beeinträchtigen würde. Bezüglich der mehrfarbigen Perlen ergaben sich jedoch einige Einschränkungen, da innerhalb der zu präparierenden Fläche sowohl der Glasgrundkörper als auch die Farbeinlage erfasst werden musste.

Zunächst wurde jede Perle einzeln in einem Probenhal-ter fixiert und in eine ca. 3 mm starke Acryl-harzschicht eingebettet. Anschließend wurde der gewählte Perlenschnitt in einem Durchmesser von 1 bis 2 mm, in Ausnahmen bis maximal 4 mm ange-schliffen und danach mit Diamantpaste der Körnung 1 µm poliert. Abschließend wurden die Proben mit Kohlenstoff bedampft.

3.3. Messbedingungen

Die Allendorfer Fundstücke wurden aufgrund der Verfügbarkeit von Messzeiten in zwei zeitlich ge-trennten Abschnitten analysiert. Die erste Messreihe wurde im Dezember 1999, die zweite im Juli 2000 durchgeführt³⁰⁶. Insgesamt wurden 32 Einzelanaly-sen, davon 21 Matrixanalysen und 11 Farbeinlage-analysen, erstellt. Die einzelnen Messbedingungen sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Mikrosonde: CAMECA SX 50	Anzahl Spektrometer: 4
Elektronenstrahl: defokussiert, 12 µm Durchmesser	Kristalle: 2 x TAP, Lif, PET
Anregungsspannung: 15 kV	Zählzeit: 20 sec.
Strahlstrom: 9 bzw. 10 nA	Anzahl der Messpunkte pro Perle: 5–50
Eindringtiefe des Elektronenstrahls: 1–1,5 µm	

Tab. 7: Messbedingungen

In der Literatur diskutiert man den Einfluss des Ele-kttronenstrahldurchmessers auf die Abreicherung der leicht flüchtigen Alkalien Natrium und Kali-um³⁰⁷. So wurde in den Arbeiten von Henderson³⁰⁸ und Hartmann³⁰⁹ mit einem defokussierten Strahl von 50 und 80 µm Durchmesser analysiert. Allerdings gehen diese Größenverhältnisse zum Teil auch mit höheren Anregungsspannungen und Strahlstromstär-ken einher als bei den hier beschriebenen Messbe-dingungen. Ein derart weit defokussierter Elektro-nenstrahl setzt allerdings auch voraus, dass es sich um eine homogene, nicht verwitterte oder von Ein-schlüssen anderer Art durchzogene Probe handelt. All diese Faktoren spielen aber eine große Rolle bei der Analyse antiker Gläser³¹⁰. So wurde im Zusam-menhang mit den Allendorfer Perlen, die schon äu-ßerlich betrachtet unterschiedliche Verwitterungen und Matrixqualitäten erkennen lassen, ein nur leicht defokussierter Strahl von 12 µm Durchmesser ge-wählt, um die einzelnen Messpunkte genauer festle-gen zu können bzw. um gezielt Einschlüsse und an-dere Inhomogenitäten anvisieren und analysieren zu können.

Die erzielten Analysesummen bestätigen weitgehend die Richtigkeit der hier gewählten Parameter. Aller-dings haben sich die Messbedingungen an einigen Perlen als unzureichend erwiesen. So ergaben sich aus den 22 Matrixanalysen 7 Untersuchungen, die unzureichende Analysesummen aufwiesen. Diese waren einmal zu hoch, sonst bewegten sie sich zwi-schen Werten von 85,4 und 90,4 Gew.%³¹¹. Auffällig

³⁰⁷ Henderson 1988a, 78 f.

³⁰⁸ Ebd.; ders. 1989, 57; ders. 1993, 111.

³⁰⁹ Hartmann u.a. 1997, 549 f.

³¹⁰ Vgl. dazu die Ausführungen weiter unten im Abschnitt Daten-aufbereitung.

³¹¹ Anhang I, Analysen 6, 12, 13–15, 18, 22.

³⁰⁶ In der 1. Analysereihe wurden folgende Perlen untersucht: Kat.-Nr.: 55, 56, 58, 60, 68, 77, 82, 87, 88, 93, 94, 96; in der 2. Analysereihe die Perlen: Kat.-Nr.: 71, 72, 73, 74, 76, 78, 79, 81, 85, 89, 98.

ist, dass hinsichtlich der fehlerhaften Analysesummen überwiegend die schwarzen Perlen und nur eine blaue Perle betroffen sind. Die unzureichenden Analysesummen sind i.d.R. auf einen zu niedrigen Natriumwert und einen im Zuge dessen erhöhten Siliciumwert zurückzuführen; Kontrollmessungen an einzelnen Perlen haben dies bestätigt. Einerseits kann dieser Fehler auf eine Abwanderung des Natriums im Boden zurückgeführt werden; dies würde bedeuten, dass die blauen Gläser über einen höheren strukturellen Zusammenhalt verfügen als die anderen Gläser. Ferner ist einzubeziehen, dass die Tiefe der Verwitterungsschicht von Perle zu Perle stark variiert und somit vielleicht nicht bei allen Exemplaren durch die Politur die ursprüngliche und unverwitterte Glasmatrix angetroffen wurde. Demnach würde ein Großteil des analysierten Bereiches heute aus Wasser bestehen. Verfolgt man diesen Gedanken noch etwas weiter, so kann man auch davon ausgehen, dass die einheitlich gewählten Messbedingungen bei unterschiedlichen Gläsern zu unterschiedlichen Toleranzbereichen führen, was den Verlust der leicht flüchtigen Elemente betrifft, in diesem Fall das Natrium. Oder aber es ist während der Analyse zu Fehlern, wie etwa der Dejustierung des Elektronenstrahls, gekommen, die zu einem deutlichen Verlust der Natriumgehalte geführt haben.

Von diesem Sachverhalt sind auch die Analysen der Farbeinlagen betroffen. Fünf von zehn der untersuchten Stücke haben niedrige Analysesummen unter 90 Gew.% ergeben. Auch hier sind bis auf eine Ausnahme nur die schwarzen Gläser hinsichtlich des Natriumwertes beeinträchtigt. Die einzige Perle blaugrüner Grundfarbe zeigte schon mit dem bloßen Auge deutlich erkennbare starke Verwitterungsercheinungen, so dass hier auch keine unbeeinträchtigte Analyseergebnisse erwartet wurden. Das Maß der Verwitterung wird hier sehr deutlich an der fast gänzlichen Abreicherung der Elemente Natrium und Kalium und einer daran gekoppelten Zunahme des Siliciums³¹².

Wie auch immer man die deutlich verminderten Natriumgehalte erklären will, so lassen sich die hier erwähnten Analysen jedoch unter Vorbehalt in die Auswertung einbinden. Wie aus Vergleichsanalysen hervorgeht, ist i.d.R. das Verhältnis Natrium zu Silicium betroffen, alle weiteren Elemente gehen stabil aus der Analyse hervor. So wurden an den betreffenden Daten der einzelnen Perlen Korrekturrechnungen vorgenommen, die in diesem Zusammenhang benutzten Faktoren gehen auf Durchschnittswerte gesicherter Analysen zurück. Zur Korrektur konnten natürlich

nur Gläser herangezogen werden, die über eine entsprechend ähnliche Grundzusammensetzung verfügen. So konnten die Korrekturrechnungen an den Matrixanalysen erfolgreich durchgeführt werden, hinsichtlich der analysierten Farbeinlagen musste darauf verzichtet werden, da entsprechende Vergleichsdaten nicht zur Verfügung standen. Dies macht die Analysen allerdings nicht unbrauchbar, denn die Frage nach den farbgebenden Bestandteilen kann trotz dieser Defizite geklärt werden. Ebenso lassen sich diese Gläser den einzelnen, noch zu besprechenden Gläsertypen unter Vorbehalt zuordnen, da ein Datenabgleich mit gesicherten Matrixanalysen gute Entsprechungen in den Bereichen der einzelnen Gläsertypen charakterisierenden Elemente ergeben hat³¹³.

3.4. Datenaufbereitung

Die durch die Elektronenstrahlmikrosondenanalysen gemessenen Elementkonzentrationen wurden über Stöchiometriefaktoren in Oxide umgerechnet³¹⁴. Dabei wurde Fe als Gesamteisen Fe_2O_3 angegeben.

Die an einem Analysepunkt gewonnenen Daten werden hier als Datenreihe, die Werte aus allen Messpunkten einer Perle als Datensatz bezeichnet. Bevor die jeweiligen Mittelwerte aus den Einzelmessungen gebildet wurden, mussten die Datensätze statistisch überprüft und gegebenenfalls bereinigt werden. So wurden zunächst die Datenreihen, in denen sich SiO_2 -Einschlüsse von 88–100 Gew.% befanden, komplett aus dem Datensatz entfernt. Der Ausschluss der jeweiligen Datenreihe bestätigte sich dadurch, dass auch die zugehörigen Oxidwerte nach statistischer Überprüfung im Gesamtdatensatz herausfielen. Hier wird deutlich, dass auch bei einem nur wenig defokussierten Elektronenstrahl immer wieder Siliciumeinschlüsse erfasst werden, da diese z.T. optisch nicht zu erkennen sind. Um so sinnvoller ist es, eine große Anzahl von Analysepunkten zu setzen, da somit nach statistischer Bereinigung des Datensatzes noch eine große Grundmenge an Werten erhalten bleibt. Die Anzahl von 3 bzw. 5 Messpunkten in den Arbeiten von Henderson bzw. Hartmann geben nicht viel Spielraum für statistische Bearbeitungen, dies erklärt auch die zum Teil sehr großen Werte der Standardabweichungen in ihren Analysen³¹⁵.

³¹² Vgl. dazu die Werte in Anhang I, Analyse 24.

³¹³ Korrigiert wurden die Natrium- und Siliciumgehalte an den Perlen Nr. 71, 72, 79, 81, 82, 89, 98.

³¹⁴ Heinrichs/Herrmann 1990, 47 ff.

³¹⁵ Vgl. Henderson 1988a, 78 f.; Hartmann u.a. 1997, 549 f.

Bei der Betrachtung aller Einzelwerte eines Oxides wird deutlich, dass die Werte zufällig streuen und sich um einen mittleren Wert häufen. So wurden in jedem Datensatz die einzelnen Oxide mit der so genannten 4s-Schranke bzw. dem Q-Test nach Dean und Dixon auf Zugehörigkeit überprüft³¹⁶. Im Anschluss daran wurden die jeweiligen Mittelwerte aus dem verbliebenen Datensatz gebildet. Diese finden sich unter Angabe der Standardabweichung (s), der Variationsbreite (minimaler und maximaler Wert) und der Anzahl der hier verwendeten Messwerte (n) in den Tabellen des Anhang I³¹⁷. In Anhang II finden sich die Mittelwerte der einzelnen Perlen wieder. In Anhang III liegen die Analyseergebnisse all jener Einschlüsse vor, die zur Bestimmung der farbgebenden Komponenten bzw. zur Klärung von Inhomogenitäten der Matrix gezielt untersucht wurden. Auf eine jeweilige Mittelwertbildung wurde hier verzichtet, da es sich i.d.R. um Neu- bzw. Umbildungen im Glas handelt, die durch deutliche Divergenzen hinsichtlich der Elementgehalte gekennzeichnet sind.

4. Ergebnisse

4.1. Glasherstellung

Die Ausführungen im Kapitel zur Typenchronologie haben deutlich gezeigt, dass die Glasperlen sich nach einzelnen Perlentypen sortieren und diese Gruppierungen sich sowohl räumlich als auch zeitlich erfassen lassen. Um Analogien oder Abweichungen von diesen Ergebnissen in Bezug auf die chemische Rezeptur der Gläser feststellen zu können, werden im folgenden zunächst alle Gläser gemeinsam hinsichtlich ihrer Grundzusammensetzung untersucht und miteinander verglichen. Dieser Auswertung wird ein kleiner allgemeiner Einblick in die Glasherstellung vorangestellt.

Drei Grundstoffe finden sich in antikem Glas: Natron, Kalk und Silikate. Das Silicium bildet den ersten Grundstoff, es ist der so genannte Netzwerkbildner. Da aber z. B. reiner Quarz einen Schmelzpunkt von

1710° C besitzt, muss mit Hilfe eines Netzwerkwandlers die Schmelztemperatur gesenkt werden. Als ein solches Flussmittel fungiert ein Alkali wie Natrium oder Kalium. Das Glas wird nun länger, d.h. die Schmelztemperatur wird deutlich gesenkt. Allerdings hat dies den unerwünschten Nebeneffekt, dass das Gemenge wasserlöslich wird. Hier helfen nun Stabilisatoren wie Magnesium und Calcium, die das Glas haltbar machen. Jedoch ist Kalk in der Regel kein bewusster Zuschlag, sondern ist z.B. in Form von Muschelsplintern bereits im Sand vorhanden³¹⁸. Verschiedenen Autoren ist zu entnehmen, dass ein Glas mit Anteilen von ca. 18–20% Na₂O, 6–9% CaO und 68–72% SiO₂ einen Erweichungspunkt und somit eine Verarbeitungstemperatur von 1000–1100°C hat³¹⁹.

Aus antiken Quellen weiß man zumindest mehr über den Herstellungsprozess des Glases in Mesopotamien. So wurde es in zwei Arbeitsschritten gefertigt. Zunächst entsteht bei ca. 850°C die so genannte Fritte, d.h. Sand und Alkali sintern über lange Zeit. Nach dem Abkühlen der Fritte wird diese fein zermahlen und bei höherer Temperatur geschmolzen, so entsteht geläutertes Glas³²⁰.

Das Färben des Glases kann in technischer Hinsicht sowohl während des direkten Herstellungsprozesses vorgenommen werden, als auch im Anschluss daran. Allerdings lässt sich die Frage nach der Reihenfolge nicht beantworten; sicher erscheint beim derzeitigen Forschungsstand allerdings, dass sowohl der Vorgang der Glasherstellung als auch des Färbens in einem Werkstattbereich zu suchen sind. Die Verarbeitung des Glases kann unabhängig davon in rein weiterverarbeitenden Werkstätten erfolgt sein. Wie die Funde aus dem Schiffswrack von Ulu Burun belegen, ist eingefärbtes Rohglas verhandelt worden. Es handelt sich hierbei um kobaltblau gefärbtes Glas, dessen Grundrezeptur gut mit der chemischen Matrix mykenischer Amulette und ägyptischer Sandkerngefäße korrespondiert. Die Funde stammen aus dem 14. vorchristlichen Jahrhundert³²¹. Analysen an Perlen und Rohglasbarren aus Frattesina belegen, dass hier die Rohgläser über einen höheren Kupfergehalt verfügen als die Perlen, so dass man hier von einer in-

³¹⁶ Heinrichs/Herrmann 1990, 109 ff.; F. Ehrenberg, S. Gorbach, Methoden der organischen Elementar- und Spurenanalyse (Weinheim 1973) 412 ff.; J.S. Fritz, G.H. Schenk, Quantitative analytische Chemie (Braunschweig 1979) 48 ff.

³¹⁷ Die Nummerierung der Analysetabellen entspricht nicht der Analysereihenfolge. Es erschien sinnvoller die untersuchten Objekte nach der Grundfarbe, d. h. Blau, Schwarz und Farbeinlage, in Tabellen zusammenzufassen. Die Gruppierung der Perlen in den zwei Analysereihen ist der Anmerkung 306 zu entnehmen. In Anhang I finden sich die noch unkorrigierten Mittelwerte der vom Natriumverlust betroffenen Perlen, in Anhang II sind diese jeweils durch korrigierte Werte ersetzt.

³¹⁸ Henderson 1985, 277 erwähnt ein Zitat von Plinius, der Muscheln als Rohstoff des Glasmachers bezeichnet.

³¹⁹ Henderson 1985, 271 f. mit weiteren Beispielen zur Glaszusammensetzung und den entsprechenden Temperaturen.

³²⁰ Vgl. Dazu Stern/Schlick-Nolte 1994, 19 f. Auch hier bezieht man sich wieder auf die Keilschrifttexte aus Ninive.

³²¹ Brill in: G. F. Bass, A bronze age shipwreck at Ulu Burun (Ka I): 1984 Campaign. Am. Journal Arch. 90, 1986, 281 ff. m. Anm. 55.

tionellen starken Färbung der Rohgläser zur Kolorierung anderer Gläser ausgeht³²².

4.2. Die Grundgläser im Vergleich

In einem ersten Schritt soll die Frage nach der Grundrezeptur der Allendorfer Gläser geklärt werden. Nach einem Vergleich der Glasgruppen untereinander werden die Zusammensetzungen hinsichtlich der einzelnen Rohstoffe und deren Ursprungs diskutiert. In diesem Zusammenhang muss zunächst die reduzierte Zusammensetzung in Augenschein genommen werden, d.h. es werden die sieben Haupt- und Nebenbestandteile Silicium, Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Aluminium und Eisen betrachtet. Farbgebende Elemente und weitere Spurenelemente werden aus der Analysesumme herausgenommen und die verbleibenden Oxide auf 100 %* hochgerechnet³²³. Diesem Ansatz geht voraus, dass färbende, entfärbende und opacifizierende Bestandteile einem Grundglas bewusst zugeschlagen wurden. Unerheblich für die Grundrezeptur ist hierbei, ob die Grundglasherstellung und die Aufbereitung dessen in einem oder zwei getrennten Arbeitsschritten vom Glashandwerker vorgenommen wurde.

Eisen stellt normalerweise eine natürliche Verunreinigung im Glas von ca. 0,5 bis 1 Gew.% dar; es gelangt hauptsächlich über den Sand in das Gemenge. Die Gesamtbetrachtung aller Allendorfer Perlen gestaltet sich insofern schwierig, da Eisen bei den schwarzen Perlen als farbgebende Substanz mit Gehalten von 4 bis 15 Gew.% eingesetzt wurde. Zwei Möglichkeiten bestanden, zum einen konnte bei allen Gläsern der Eisengehalt unberücksichtigt bleiben, daraus resultieren aber Schwierigkeiten bei der Einbindung eines Großteils der Allendorfer Analysen in vergleichbare Arbeiten. Die andere Möglichkeit, den Eisengehalt bei den blauen Perlen wie üblich einzubeziehen und hinsichtlich der schwarzen Perlen von einem Eisengrundgehalt von 1 Gew.% als natürlicher Verunreinigung auszugehen, erschien in diesem Zusammenhang plausibel³²⁴. Der Eisengehalt

wurde demnach bei den schwarzen Perlen nicht in die Aufrechnung der Grundbestandteile einbezogen, und somit wurden die verbleibenden sechs Oxide nur auf 99 %* hochgerechnet. Die Farbeinlagen der einzelnen Gläser werden erst in einem zweiten Schritt in diese Betrachtung einbezogen.

Das Diagramm 1 lässt erste Gruppierungen deutlich erkennen. Es hat sich in der aktuellen Forschung gezeigt, dass die Verhältnisse zwischen den Elementen Kalium, Natrium und Magnesium als maßgebliche Charakteristika der bislang bekannten Grundglas-typen herangezogen werden können³²⁵. So setzt sich eindeutig die erste Glasgruppe ab, die durch einen hohen Kaliumgehalt und einen geringen Magnesiumanteil charakterisiert ist. Zwei weitere Gläser sind zu erkennen, die zum einen beide durch einen niedrigen Kaliumgehalt gekennzeichnet sind. Die Abgrenzung dieser Glasgruppe 2 in zwei Untergruppen ist jedoch deutlich an den Magnesiumwerten vorzunehmen. Während die eine Gruppe breit oberhalb von 2 %* streut, gruppiert sich die andere eng zusammen unterhalb eines Gehaltes von 1 %*.

³²² Bellintani u.a. 2001, 23.

³²³ Dieser Ansatz geht weitgehend auf die Arbeiten von Brill zurück, vgl. dazu Brill 1986, 1–25, ders. 1992, 12; im folgenden werden die reduzierten Gehalte durch ein * gekennzeichnet.

³²⁴ Der maximale Gehalt von 1 Gew.% wirkt sich auf die Umrechnung der einzelnen Elemente hinsichtlich der reduzierten Zusammensetzung nur sekundär im Bereich der 1. oder 2. Dezimalstelle aus, lediglich die Siliciumgehalte schwanken um 0,32–0,85 Gew.%; die Annahme von 1 Gew.% natürlicher Verunreinigung geht auf folgende Analysen zurück: Brill 1992, 13: 6 spätbronzezeitliche Glasperlen: 0,40–0,82 Fe₂O₃ Gew.%; Henderson 1993, 116 ff.: 20 spätbronzezeitliche Glasperlen: 0,3–1,0 Fe₂O₃ Gew.%; Braun 1983, 150 f. 22 HaC-zeitliche Perlen: 0,18–

0,72 Fe₂O₃ Gew.%; Hartmann u.a. 1997, 16 Glasperlen aus der Spätbronze- und der Eisenzeit: 0,04–1,05 FeO Gew.%.

³²⁵ Hier wird das Verhältnis von Kalium zu Magnesium bevorzugt zur Differenzierung herangezogen, da bei einigen Perlen die Natriumwerte einer rechnerischen Korrektur unterzogen wurden, die Kaliumwerte hingegen gesichert aus den Analysen hervorgingen.

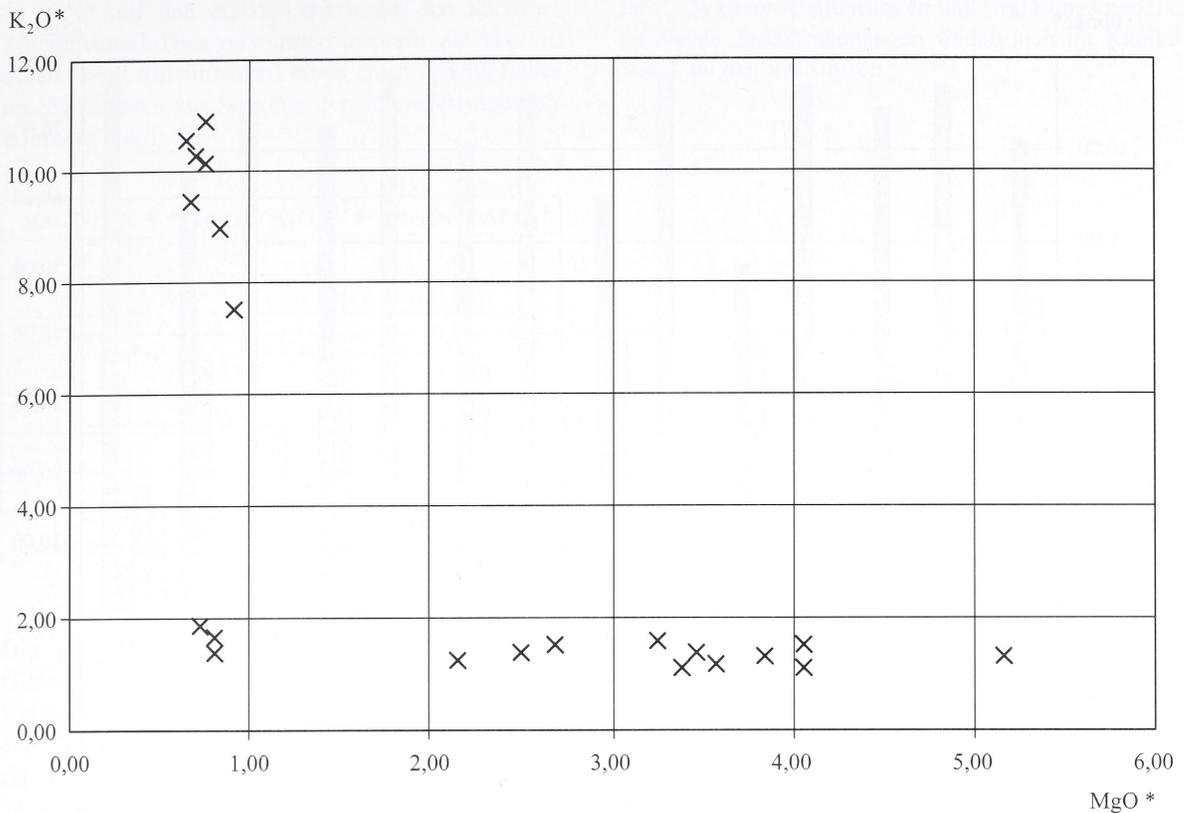


Diagramm 1: Plot K₂O* / MgO* Allendorfer Perlen

4.2.1. Glasgruppe 1

Zunächst soll die erste Glasgruppe erläutert werden. Es handelt sich um eine grüne und sechs blaue Glasperlen, deren Matrix aus einem Grundglas annähernd gleicher Rezeptur besteht³²⁶.

Vergleicht man die Verteilung der einzelnen Werte im Diagramm 2, so wird deutlich, dass nur kleinere Mengenabweichungen festzustellen sind.

Insgesamt präsentieren sich die sieben Gläser als sehr einheitlich. Insbesondere die Verteilung der charakteristischen Oxide von Natrium, Kalium und Magnesium zeigen ein sehr gleichverlaufendes Bild. Größere Schwankungen lassen sich nur vereinzelt bei den Calcium- und Aluminiumgehalten ablesen. Die Tabelle 8 verdeutlicht diesen Sachverhalt.

³²⁶ Es handelt sich um folgende, blaue, bzw. grüne Stücke: Katalog Nr.: 55, 68, 73, 74, 76, 77, 78; Taf. 16–18.

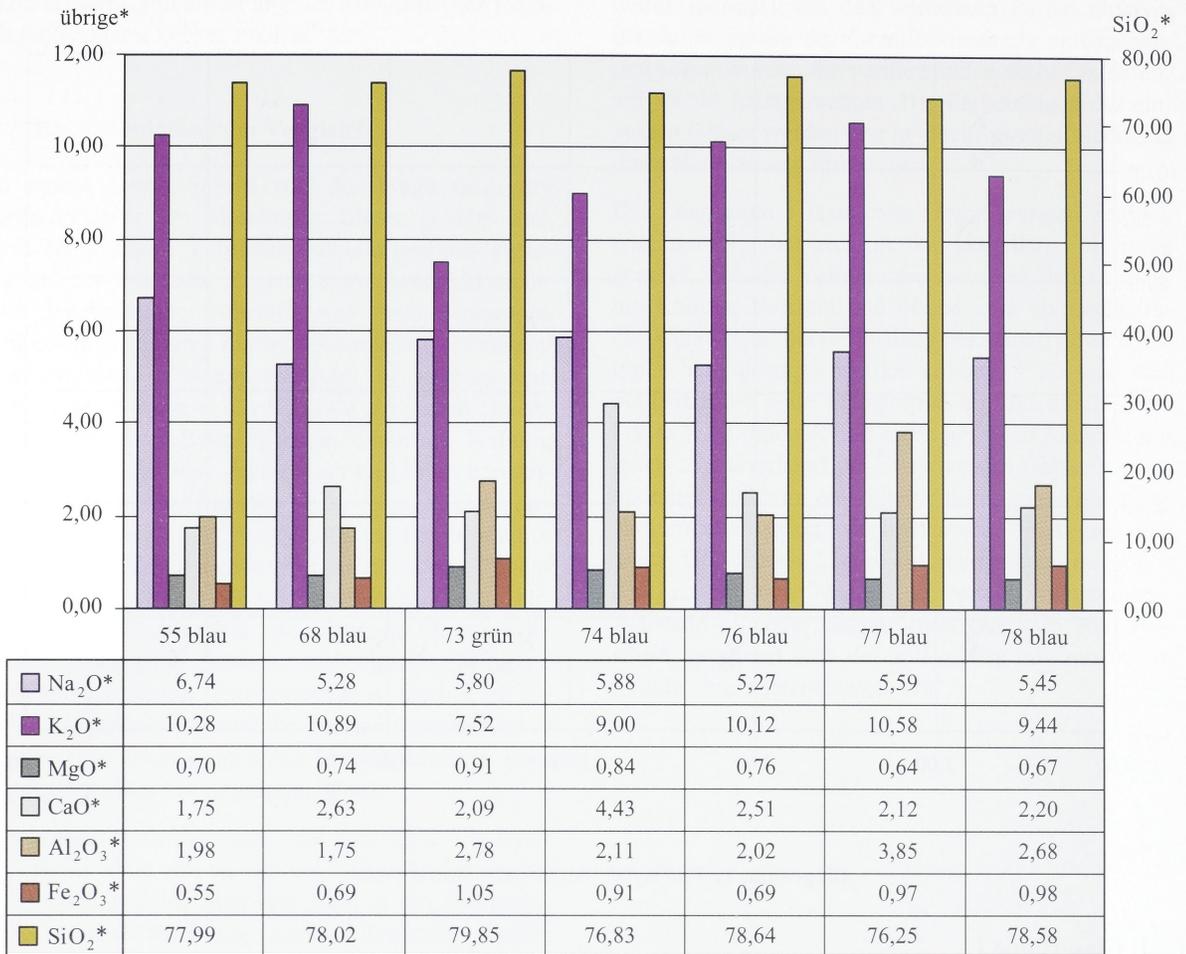


Diagramm 2: Glasgruppe 1*

	Min.	Mittelwert n = 7	Max.
SiO ₂ *	76,25	78,00	79,85
Na ₂ O*	5,27	5,72	6,74
K ₂ O*	7,52	9,69	10,89
MgO*	0,64	0,75	0,91
CaO*	1,75	2,53	4,43
Al ₂ O ₃ *	1,75	2,45	3,85
Fe ₂ O ₃ *	0,55	0,83	1,05
P ₂ O ₅	0,14	0,18	0,26
Cl	0,03	0,08	0,14

Tab. 8: Glasgruppe 1: Mittelwerte der gemischt-alkalischen Gläser *

Es handelt sich hier um ein gemischt-alkalisches Glas, deutlich überwiegt der Kaliumanteil von durchschnittlich 9,69%* gegenüber einem durchschnittlichen Natriumwert von 5,72%*. Die gesamte Alkalimenge setzt sich aus Natrium und Kalium zusammen in einem durchschnittlichen Verhältnis von F = 0,60. Aus der Tabelle 9 geht hervor, dass auf einen Anteil Kalium* 0,49 bis maximal 0,77 Anteile Natrium* im Gemenge enthalten waren. Die hier festgestellten Verhältnisse der einzelnen Perlen liegen nah beieinander, so dass sich die Frage stellt, ob die beiden Komponenten über einen gemeinsamen Zuschlagsstoff oder über die jeweils gleiche Rohstoffmischung in das Glasgemenge eingebracht wurden. Ferner besitzen die Perlen im Vergleich zur Glasgruppe 2 einen hohen Anteil an Silicium von durchschnittlich 78%*³²⁷. Die Perle 73 weist den niedrigsten Kaliumwert, bzw. den kleinsten Gesamtalkaligehalt von

³²⁷ Vgl. dazu die Werte in Tabelle 5, ähnlich hoch sind die Gehalte der Glasgruppe 2b, dies wird weiter unten ausgeführt.

13,30%* auf und erstaunlicherweise den höchsten Siliciumanteil. Dies verwundert insofern, als dass ein derart hoher Siliciumanteil einen entsprechend höheren Alkalianteil zur Senkung der Schmelztemperatur erfordern würde³²⁸.

len³³⁰. Weitere Ausführungen und Erklärungsmodelle zu diesen Zusammenhängen finden sich im Kapitel V.4.3. zu den Rohstoffen.

Kat.-Nr.	F = Na ₂ O* / K ₂ O*	F = Fe ₂ O ₃ * / Al ₂ O ₃ *
55	0,66	0,28
68	0,49	0,39
73	0,77	0,38
74	0,65	0,43
76	0,52	0,34
77	0,53	0,25
78	0,58	0,37

Tab. 9: Glasgruppe 1: Verhältnis Na₂O*/K₂O* und Fe₂O₃*/Al₂O₃*

Die gemischt-alkalische Zusammensetzung dieser Gläser geht mit einheitlich niedrigen Magnesiumwerten einher, die alle unter 1%* betragen, bis auf eine Ausnahme sind auch die Calciumgehalte niedrig, sie liegen zwischen 1,75 und 2,63%*, nur Perle 74 weist einen höheren Anteil von 4,43%* auf.

Es lassen sich noch detailliertere Aussagen zu den einzelnen Inhaltsstoffen gewinnen. Betrachtet man das Diagramm 3, so werden einzelne Zusammenhänge klar.

Allen sieben Perlen ist die negative Korrelation von Kalium zu Natrium gemeinsam. Dies wurde auch schon an den relativ eng beieinander liegenden Faktoren dieses Verhältnisses klar. Gleichlauf bedeutet nicht, dass das Verhältnis der jeweiligen Inhaltsstoffe einem bestimmten Wert entsprechen muss, sondern es bewegt sich in einem engen Rahmen. Aus Tabelle 9 geht hervor, dass vier Perlen ein sehr ähnliche Verhältnis von Eisen zu Aluminium besitzen³²⁹. Hinsichtlich der weiteren Bestandteile teilt sich die Gruppe jedoch. So zeigt sich an den drei Perlen Nr. 68, 73 und 76 insgesamt ein Gleichlauf der Oxide von Magnesium, Natrium, Aluminium und Eisen, der negativ mit dem Gleichlauf von Kalium und Calcium korreliert. Etwas anders und nicht ganz so eindeutig sieht das Bild bei den verbleibenden vier Perlen aus; auf der einen Seite korrelieren die Werte von Kalium, Aluminium und Eisen positiv miteinander, auf der anderen Seite ist ein ungefährer Gleichlauf der Werte von Natrium, Magnesium und Calcium festzustel-

³²⁸ Vgl. die Werte in Diagramm 2.

³²⁹ Vgl. die diesbezüglichen Faktoren der Perlen 68, 73, 76 und 78, die sich zwischen 0,34 und 0,39 bewegen.

³³⁰ Allerdings fällt der Calciumwert der Perle 55 in diesem Zusammenhang zu niedrig aus.

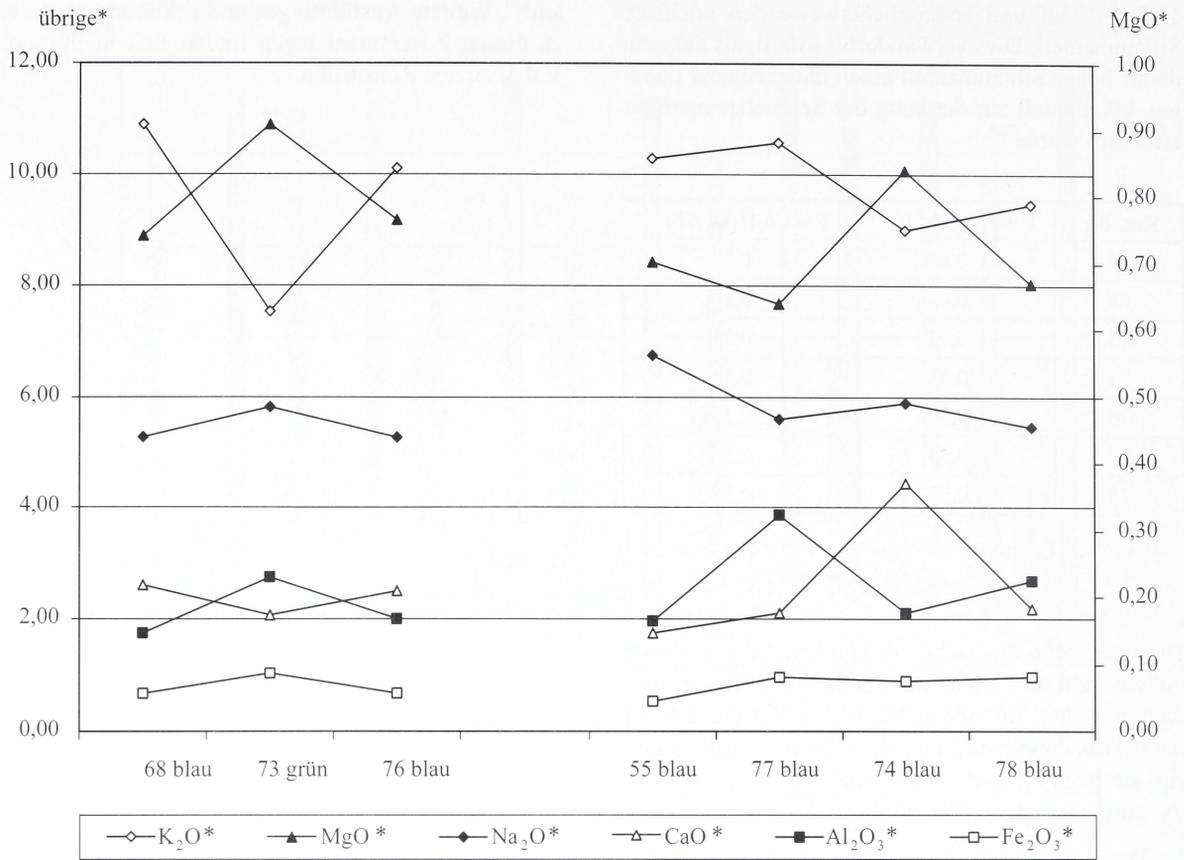


Diagramm 3: Glasgruppe 1*

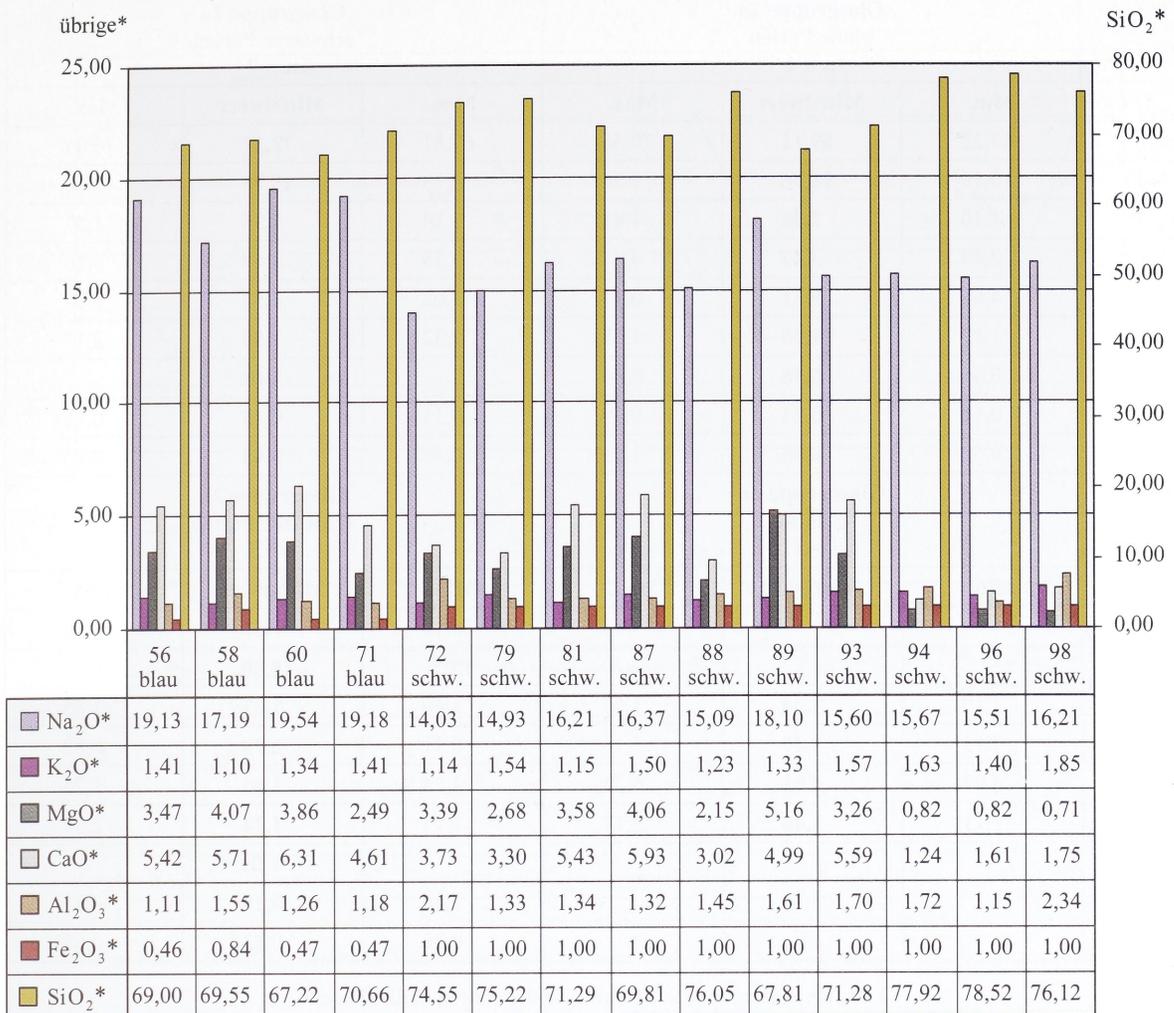


Diagramm 4: Glasgruppe 2: blaue und schwarze Perlen *(schwarze Perlen: Fe₂O₃ fix)

4.2.2. Glasgruppe 2

Nun soll die zweite Glasgruppe in Augenschein genommen werden. Es handelt sich um vier blaue und zehn schwarze Perlen³³¹. Das Diagramm 4 zeigt die Werteverteilung der maßgeblichen Oxide.

Wie bereits oben ausgeführt, ist der Wert für Fe₂O₃ bei den schwarzen Perlen auf 1%* festgelegt worden. Bei diesen Perlen handelt es sich insgesamt um Natron-Kalk-Gläser. Allen Perlen ist der kennzeichnende hohe Natriumwert gemeinsam, der zwischen 14,03 und 19,54%* liegt. Hinzu kommt ein recht einheitlicher niedriger Kaliumwert von 1,10 bis 1,86%*. Auch die Aluminiumwerte bewegen sich, bis auf zwei Ausnahmen, einheitlich im Rahmen von 1,11 bis 1,72%*. Die Glasgruppe 2 zeigt zwei Unter-

gruppen, hier benannt als Gruppe 2a und 2b³³². Zur Gruppe 2a gehören die Perlen Nr. 56 bis Nr. 93, in der dargestellten Reihenfolge des Diagramms. Die Gruppe 2b setzt sich aus den drei Perlen Nr. 94, 96 und 98 zusammen. Die Differenzierung dieser Gesamtgruppe wurde anhand der deutlich zu unterscheidenden Magnesium- und Calciumgehalte vorgenommen, so dass hier analog zur derzeitigen Forschungslage von magnesiumreichem und magnesiumarmen Natron-Kalk-Glas gesprochen werden kann³³³. Zur detaillierten Betrachtung dieser Glasgruppen dienen auch hier wieder die reduzierten Mittelwerte der einzelnen Bestandteile, wiedergegeben in Tabelle 10.

³³¹ Es handelt sich um die vier blauen Perlen: Katalog Nr. 56, 58, 60, 71; Taf. 16; Nr. 71 ohne Abb.; die elf schwarzen Perlen: Katalog Nr. 72, 79, 81, 82, 87, 88, 89, 93, 94, 96, 98; Taf. 18–22.

³³² Dies war schon bei der Betrachtung von Diagramm 1 hinsichtlich der Magnesiumgehalte deutlich geworden.

³³³ Henderson 1988b, 439 ff.; ders. 2000, 48 ff.; Hartmann u.a. 1997, 551.

	Glasgruppe 2a blaue Perlen n = 4			Glasgruppe 2a schwarze Perlen n = 7		
	Min.	Mittelwert	Max.	Min.	Mittelwert	Max.
SiO ₂ *	67,22	69,11	70,66	67,81	72,29	76,05
Na ₂ O	17,19	18,76	19,54	14,03	15,76	18,10
K ₂ O*	1,10	1,32	1,41	1,14	1,35	1,57
MgO*	2,49	3,47	4,07	2,15	3,47	5,16
CaO*	4,61	5,51	6,31	3,02	4,57	5,93
Al ₂ O ₃	1,11	1,28	1,55	1,32	1,56	2,17
Fe ₂ O ₃	0,46	0,56	0,84		1 fix	
P ₂ O ₅	0,16	0,21	0,29	0,11	0,15	0,18
Cl	0,58	0,85	1,15	0,43	0,65	0,85
	Glasgruppe 2a gesamt n = 11			Glasgruppe 2b schwarze Perlen n = 3		
	Min.	Mittelwert	Max.	Min.	Mittelwert	Max.
SiO ₂ *				76,12	77,52	78,52
Na ₂ O				15,51	15,80	16,21
K ₂ O*	1,10	1,34	1,57	1,40	1,63	1,85
MgO*	2,15	3,47	5,16	0,71	0,78	0,82
CaO*	3,02	4,91	6,31	1,24	1,53	1,75
Al ₂ O ₃	1,11	1,46	2,17	1,15	1,74	2,34
Fe ₂ O ₃					1 fix	
P ₂ O ₅				0,16	0,19	0,31
Cl				0,36	0,53	0,63

Tab. 10: Glasgruppe 2: Mittelwerte der Natron-Kalk-Gläser*

Dass das Zusammenfassen von Einzelwerten unterschiedlicher Glasperlen Sinn macht, fiel bei der Betrachtung der einzelnen Grundbestandteile auf, bei der sich der Großteil innerhalb der Gruppe 2a auch bei einer Differenzierung der Proben in blaue und schwarze Perlen als weitgehend homogen zeigte, nur bezüglich der Natrium- und Siliciumwerte ließen sich jeweils zwei unterschiedliche Bereiche ausmachen. So besitzen die blauen Perlen höhere Natriumwerte von durchschnittlich 18,76%* im Vergleich zu den 15,76%* der schwarzen Perlen. Hingegen sind die Siliciumwerte der schwarzen Perlen höher. Die Gruppe 2a ist im Vergleich zur Gruppe 2b durch höhere Magnesiumwerte von durchschnittlich 3,47%* gekennzeichnet.

Diese werden von ebenfalls deutlich höheren Calciumgehalten begleitet, die durchschnittlich bei 4,91%* liegen.

Die Glasgruppe 2b lässt sich an den drei verbleibenden Glasperlen Nr. 94, 96 und 98 festmachen. Es

handelt sich auch hier um Natron-Kalk-Gläser, die allerdings durch einen wesentlich niedrigeren Magnesiumgehalt von 0,71 bis 0,82%* gekennzeichnet sind. Dieser wird von einem ebenfalls niedrigen Calciumgehalt von 1,24 bis 1,75%* begleitet. Homogen stellt sich hier auch der Natriumanteil dar, von 15,51 bis 16,21%*. Innerhalb der Glasgruppe 2 lassen sich bei dieser Untergruppe die höchsten Siliciumwerte feststellen, die im Bereich von 76,12 bis 78,52%* angesiedelt sind.

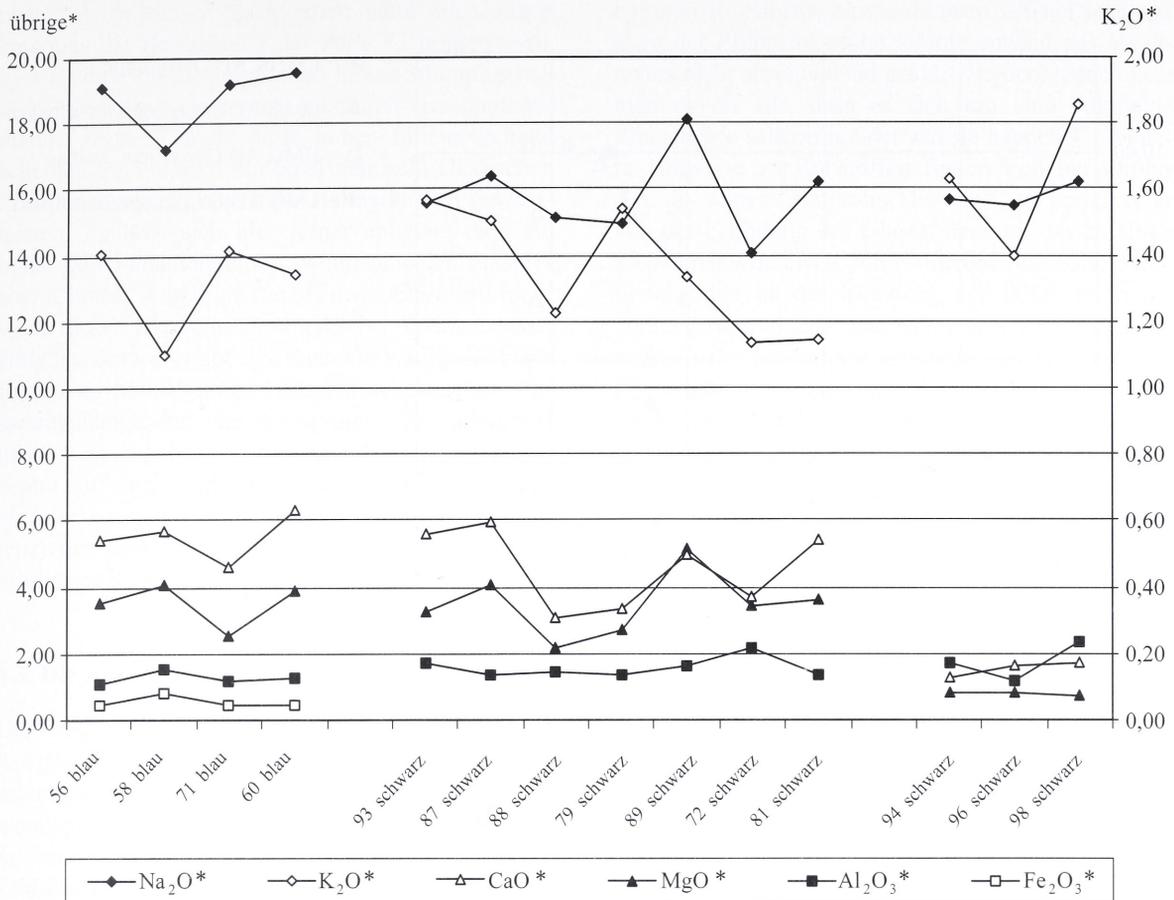


Diagramm 5: Glasgruppen 2a blau und schwarz, 2b schwarz* (Fe_2O_3^* nur für Gruppe 2a blau angegeben)

Die Frage nach einem Zusammenspiel einzelner Inhaltsstoffe lässt sich anhand des Diagramm 5 beantworten. Die vier blauen Glasperlen der Gruppe 2a stellen sich sehr gleichmäßig dar. So zeigt sich hier ein eindeutiger Gleichlauf von Eisen und Aluminium, die Werte für die jeweiligen Verhältnisse sind der Tabelle 11 zu entnehmen. Sie bewegen sich in einem engen Rahmen zwischen 0,37 und 0,54. Einen weiteren Gleichlauf zeigen die Werte von Magnesium und Calcium. Bis auf die Werte der Perle 60 korrelieren sie mit den Eisen- und Aluminiumgehalten. Negativ zu diesen vier Oxiden korreliert der Gleichlauf von Kalium und Natrium, auch hier stellt Perle Nr. 60 in Bezug auf den hohen Natriumwert eine Ausnahme dar.

Kat.-Nr.	$F = \text{Fe}_2\text{O}_3^* / \text{Al}_2\text{O}_3^*$	$F = \text{MgO}^* / \text{CaO}^*$
56	0,41	0,64
58	0,54	0,71
60	0,37	0,61
71	0,40	0,54

Tab. 11: Glasgruppe 2a blau: Verhältnis $\text{Fe}_2\text{O}_3^* / \text{Al}_2\text{O}_3^*$, $\text{MgO}^* / \text{CaO}^*$

Bei den verbleibenden schwarzen Perlen der Glasgruppe 2a lassen sich ebenfalls einige Aussagen treffen. So lässt sich hier ein Gleichlauf der reduzierten Werte von Natrium, Magnesium und Calcium feststellen³³⁴. Die Glasgruppe 2b lässt insgesamt keinerlei Bezüge erkennen.

³³⁴ Die im Zusammenhang mit den Magnesium- und Calciumgehalten sehr harmonisch verlaufenden Natriumwerte lassen sich nur unter Vorbehalt einbinden, da nur die Werte der ersten drei Perlen (Kat.-Nr.: 93, 87, 88) gesichert aus den Analysen hervorgehen.

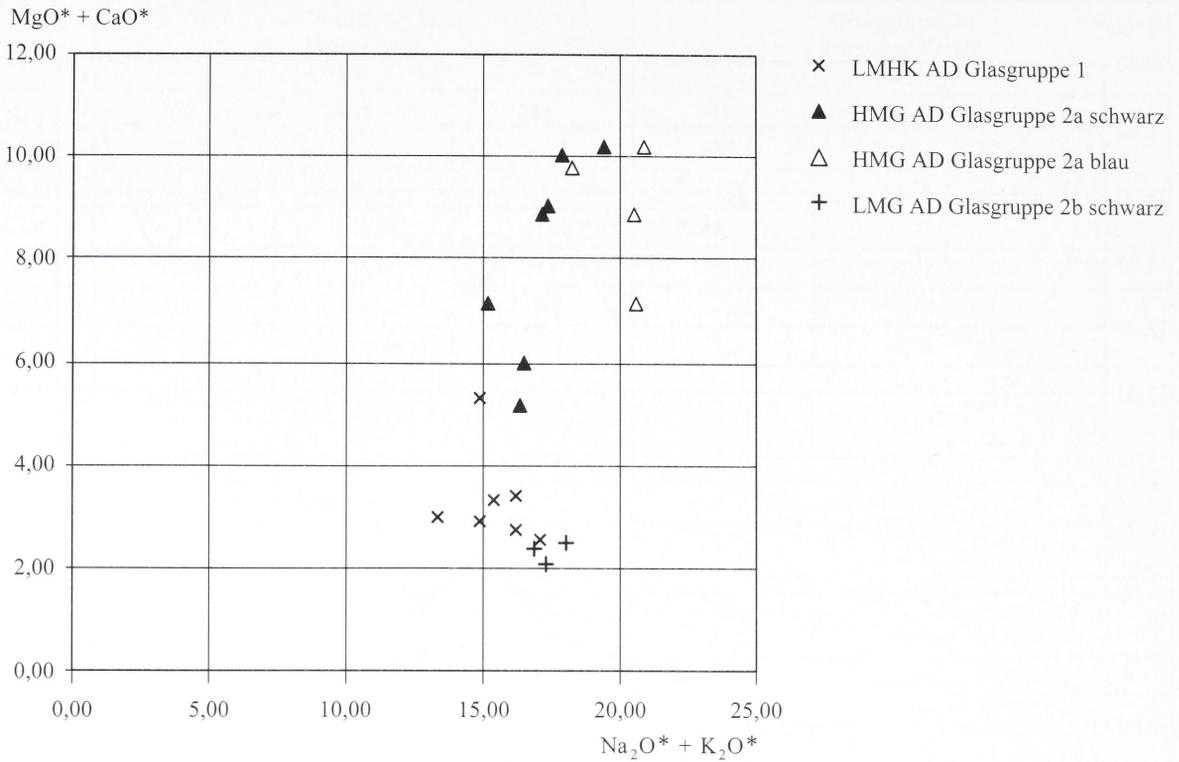


Diagramm 6: Plot $K_2O^*+Na_2O^* / MgO^*+CaO^*$ Allendorfer Perlen

Um die oben gemachten Ausführungen hinsichtlich der Zusammenhänge bzw. Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Inhaltsstoffen zusammenzufassen, werden nun alle Glasgruppen gemeinsam betrachtet. Hier beschränkt sich das Augenmerk auf die Zusammenhänge zwischen den Flussmitteln, den Alkalien und den Stabilisatoren, Magnesium und Calcium. Das Diagramm 6 gibt diese wieder.

So sind die Gläser der Gruppe 2b sehr nah bei den gemischt-alkalischen Gläsern angesiedelt, die Verhältnisse der Gesamtalkalimenge zur Summe aus Magnesium und Calcium sind sehr ähnlich, jeweils eine Perle aus jeder Gruppe weist die gleichen Gesamtwerte auf. Es muss hier deutlich darauf hingewiesen werden, dass nicht von identischen Rohstoffen gesprochen werden kann, aber die Verhältnisse einzelner Zuschläge zueinander ähneln sich stark und lassen auf annähernd gleiche Grundrezepturen schließen. Hingegen streuen die Perlen der Glasgruppe 2a sehr weit, lediglich zwei Exemplare sind sehr nah beieinander angesiedelt, die blauen Gläser aus dieser Gruppe verfügen insgesamt über eine größere Menge an Stabilisatoren. Hier wird auch noch einmal der Zusammenhang zwischen schmelztemperatur-senkenden Alkalien und den das Gemenge stabilisierenden Inhaltsstoffen deutlich. Die gemischt-alkali-

schen Gläser und die magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläser, sowie ein Teil der magnesiumreichen Natron-Kalk-Gläser besitzen eine ähnlich große Gesamtmenge an Alkalien, sie bewegt sich zwischen ca. 15 und 17%*, lediglich die blauen magnesiumreichen Gläser heben sich davon ab. Hingegen sind die Glasgruppen deutlich hinsichtlich der stabilisierenden Faktoren zu differenzieren. Die gemischt-alkalischen und die magnesiumarmen Gläser besitzen weniger von diesen Bestandteilen. Sie bleiben bis auf eine Ausnahme unter der 4%* Grenze. Diese Verhältnisse erklären die bei diesen Gläsern angetroffenen höheren Siliciumanteile. Ein hoher Siliciumanteil erfordert weniger Stabilisatoren zur Haltbarkeit des Glases. Allerdings braucht man auf der anderen Seite einen entsprechend höheren Anteil an Alkalien, diese finden sich jedoch bei den im Vergleich siliciumärmeren magnesiumreichen Gläsern der Gruppe 2a³³⁵.

In diesem Zusammenhang müsste man hier von einer schlechten Haltbarkeit der Gläser und starken Verwitterungserscheinungen ausgehen, jedoch zeigen gerade die gemischt-alkalischen Gläser eine sehr gute Erhaltung mit auffällig wenigen Verwitterungszei-

³³⁵ Vgl. zu diesem Sachverhalt auch die Ausführungen von Brill 1992, 17 der sich in gleicher Weise äußerte.

chen³³⁶. Auf diesen Sachverhalt hatte auch schon eingangs die Betrachtung der Perle 73 hingewiesen, da sich hier ein ausgesprochen hoher Siliciumgehalt im Verbund mit einer recht niedrigen Gesamtalkalimenge zeigte. Gerade diese hohen Siliciumgehalte scheinen im Verbund mit einer gemischt-alkalischen Zusammensetzung eine hohe Haltbarkeit zu gewährleisten. Es lässt sich hier ferner ableiten, dass ein hoher Siliciumanteil nicht zwingend einen entsprechend hohen Anteil an Netzwerkwandlern erfordert, wenn dieser von gemischt-alkalischer Zusammensetzung ist. Daraus ergibt sich dann ein analog niedriger Bedarf an Stabilisatoren. Ähnlich scheinen die Zusammenhänge bei der Glasgruppe 2b, allerdings handelt es sich hier Natron-Kalk-Gläser, deren Rezeptur auf einer anderen Alkaliequelle basiert. Um die hier konstatierten Zusammenhänge weiter differenzieren zu können, muss man sich nun mit den originären Rohstoffen befassen.

4.3. Die Rohstoffe der Grundgläser

Die Frage, die sich nun stellt, befasst sich mit den Ausgangsstoffen der Glasherstellung und deren Mischungsverhältnissen. Zunächst einmal muss man die wenigen diesbezüglichen antiken Quellen betrachten. So beschreibt ein mittelbabylonischer Text aus der 2. Hälfte des 2. vorchristlichen Jahrtausends die Herstellung von zwei unterschiedlichen roten Gläsern, allerdings findet sich hier keine differenzierte Beschreibung des verwendeten Grundglases³³⁷. Genauere Rezepturen zur Herstellung eines Grundglases finden sich auf den viel zitierten Tontafeln aus der Bibliothek des Königs Assurbanipal in Niniveh³³⁸. Hier werden die Mengenverhältnisse der Rohstoffe sowie deren Verarbeitung zur Herstellung des so genannten zukû beschrieben. In einem Verhältnis von 6:5 werden Pflanzenasche und Quarz, sehr wahrscheinlich in Form von Flusskiesel, gemischt, bis zu einer rotglühenden Farbe erhitzt, anschließend zerkleinert und erneut bis zu einer gelb-goldenen Farbe erhitzt. Brill hat diese Rezeptur experimentell nachvollzogen und kam u.a. zu dem Ergebnis, dass bei dieser Mischung ein qualitativvolles Glas entsteht, dass nur über wenige ungelöste Einschlüsse verfügt und dass ein bewusster Zuschlag eines dritten, calcium-

haltigen Rohstoffes auszuschließen ist³³⁹. Die Frage nach der Pflanzengattung konnte anhand des Quelltextes nicht abschließend geklärt werden, jedoch geht man davon aus, dass es sich um eine halophyle Pflanze wie *salicornia* oder *salsola* handelt³⁴⁰. Weitere Hinweise zu Rohstoffen finden sich bei Plinius d.Ä. in seiner „Naturalis Historia“, so berichtet er von der Erfindung des Glases, dass auf das zufällige Zusammenschmelzen von Natursoda und Sand durch Sodahändler an der Mündung des Belus in Syrien zurückgeht, und dass man wenig später anfing, andere Stoffe der Schmelze zuzusetzen, so z.B. Muscheln. Ferner gibt er ein zu seiner Zeit in Italien verwendetes Rezept zur Glasherstellung wieder, so habe man einen Teil weißen Sand gemahlen und mit drei Vierteln Natursoda, Gewicht oder Volumenmaß, vermischt und geschmolzen. Diese Masse, „hammonitrum“ genannt, wird erneut aufgeschmolzen und es entsteht eine farblose, durchsichtige Glasmasse³⁴¹. Im Hinblick auf diese Rezeptur wurden von Löber Versuchsschmelzen, allerdings im Verhältnis 1:1 von Natursoda und Sand, angefertigt und anschließend auf ihre Oxidgehalte analysiert. Es entstand ein magnesiumarmes hellgrünes Glas mit nur kleinen Blasen Einschlüssen, dessen Chemismus gut mit dem römischer Fenstergläser übereinstimmt³⁴².

Wendet man nun den Blick wieder auf die hier analysierten Glasfunde und die Frage nach den in diesem Zusammenhang verwendeten Rohstoffen, müssen in einem ersten Schritt die jeweiligen Oxide auf ihr Vorhandensein in den vermeintlichen Ausgangsstoffen überprüft werden. So werden im folgenden wieder die reduzierten Zusammensetzungen der Allendorfer Grundgläser und somit nur deren sieben Grundelemente betrachtet, die übrigen Neben- und Spurenbestandteile müssen bis auf die Phosphat- und Chloranteile vernachlässigt werden, da nicht bei allen Stoffen der Weg in das Gemenge bekannt ist bzw. nur bei den hier fokussierten bislang Aussagen zu treffen sind. Hinzu kommt, dass einzelne Bestandteile eindeutig mit dem Prozess des Glasfärbens in Zusammenhang stehen und somit erst einmal aus der Betrachtung herausfallen.

³³⁶ Dies konnte auch schon bei der Analyse konstatiert werden, da an diesen Gläsern die exaktesten Ergebnisse hinsichtlich der Analysesummen erzielt wurden.

³³⁷ Oppenheim 1970, 59 ff.

³³⁸ Wie bereits erwähnt, stammen diese aus dem Zeitraum 668 bis 627 v. Chr. Sie könnten laut Oppenheim 1970, 53 die schriftliche Fixierung einer wesentlich älteren Technologie aus dem 2. vorchristlichen Jahrtausend darstellen.

³³⁹ Oppenheim 1970, 38, §4; Brill 1970, 109 ff; bes. 109; 113. Dieser dritte Zuschlag einer weißen Pflanze wird nur an einer Textstelle erwähnt, vgl. ebd. 109. Eine kritische Betrachtung der Arbeit von Brill findet sich bei Moorey 1985, 224 ff. hier findet sich weiterführende Literatur zu der Übersetzung immanenten Problematik, ob es sich hier wirklich um Glas oder um Fayence oder Ägyptisch Blau handelt.

³⁴⁰ Brill 1970, 110; Henderson 2000, 25 f.

³⁴¹ Vgl. dazu Plinius d. Ä., *Naturalis Historia*, XXXVI, 190–194 in: Knoll u.a. 1979, 265 ff.

³⁴² Braun 1983, 139 ff. m. Tab. 9.

4.3.1. Kieselsäure: Sand und Kiesel

Den Hauptbestandteil antiker Gläser stellt die Kieselsäure dar, in der Regel wurde Sand verwendet, aber auch der Gebrauch kieselsäurehaltiger Mineralien ist nachgewiesen³⁴³. Jedoch muss man hier den erhöhten technischen Aufwand bei der Verarbeitung beachten, der bei Sand nicht anfällt³⁴⁴. Sande sind vielerorts anzutreffen, jedoch ist davon auszugehen, dass der augenscheinliche Eisengehalt die Auswahl des Sandes bestimmte, und somit helle, weiße Sande statt der dunklen, rotbraunen verwendet wurden, um ein relativ farbloses, helles Glas herzustellen. Jedoch sind auch in hellen Sanden und im Natron noch genügend Eisenbestandteile enthalten, um das Glas grün bis blau zu färben³⁴⁵. So berichtet Plinius d. Ä., dass in Indien Glas aus zerkleinertem Bergkristall gemacht werde, und weiter, dass das farblos-transparente Glas die höchste Schätzung genießt, denn es kommt dem Bergkristall am nächsten³⁴⁶. Man kann in diesem Zusammenhang auf bereits bekannte Sandanalysen zurückgreifen, um sich den möglichen Begleitbestandteilen der Kieselsäure zu nähern. Es zeigt sich, dass überall dort, wo Sande auftreten, also an Flussläufen, Seen, Meeren diese lokal recht einheitliche chemische Profile insbesondere hinsichtlich der Verunreinigungen zeigen³⁴⁷, allerdings gestaltet es sich schwierig, von einer Glasanalyse auf den entsprechenden Sand und auf dessen natürliches Vorkommen zu schließen. Dies liegt darin begründet, dass das Endprodukt Glas analysiert wurde und somit nicht eindeutig zu differenzieren ist, welche Gehalte an Neben- und Spurenbestandteilen den einzelnen Zuschlägen zuzuordnen sind. Der komplexe Sachverhalt wird jedoch dadurch deutlich vereinfacht, dass die Glashandwerker der Antike grundsätzlich nur mit zwei Rohstoffen arbeiteten, einem Kieselsäurebestandteil und einem alkalischen Zuschlag. Nur bei Plinius findet sich einmalig die Erwähnung von zugefügten Muscheln, die in Form von Muschelkalk in vielen Sanden natürlich anzutreffen sind³⁴⁸. Die Tabelle 12 gibt einen kleinen Einblick in die unter-

schiedlichen Zusammensetzungen einzelner Sande. Besonders deutlich wird hier der hohe Kalkgehalt einzelner ägyptischer und syrischer Sande. Dieser zeigt sich später verantwortlich für die Stabilität der erzeugten Gläser und verdeutlicht, warum ein dritter Zuschlag von Kalk überflüssig ist. Hinsichtlich der sehr reinen Quarzsande wird aber auch deutlich, dass zum einen bei ihrer Verwendung ein Großteil der Neben- und Spurenbestandteile über einen anderen Rohstoff in das Glas eingebracht wurde oder aber nur geringe Anteile dieser Substanzen zu erwarten sind.

Sande sind deutlich über ihren Reinheitsgrad zu klassifizieren. So enthält ein reiner Quarzsand, wie er sich heute z.B. in Deutschland und Frankreich findet bis zu 99 Gew.% Quarz und nur 1 Gew.% an Tonsubstanzen, ein eisenarmer Quarzsand, wie in Tabelle 12 für Niedersachsen angegeben, verfügt immerhin schon über 2 Gew.% an verunreinigenden Tonsubstanzen und ein eisen-, ton- und feldspathaltiger Quarzsand beinhaltet insgesamt 10 Gew.% an Verunreinigungen. Bei diesen über Feldspäte und Tonmineralien eingebrachten Substanzen handelt es sich Aluminium, Eisen, Titan, Kalium und Natrium³⁴⁹. Weitere Bestandteile im Sand sind die so genannten Schwermineralien, die z.B. im Form von Titanit Chromoxid und Titanoxid in den Sand einbringen, Titanite und Epidote bringen kleine Mengen an Calcium in den Sand ein, Aluminium kann auch aus den tönernen Schmelztiegeln in das Glasgemenge hineindiffundieren. Bei einem Gleichlauf von Aluminium und Eisen ist davon auszugehen, dass die beiden Bestandteile gemeinsam über den Sand eingebracht wurden, zum Beispiel in Form von Chromiten und Epidoten³⁵⁰. Verwendete man hingegen Kieselsäure in der reineren mineralischen Form, zum Beispiel Quarzkiesel, muss mit wesentlich geringeren Verunreinigungen wie zum Beispiel Eisen gerechnet werden, die sich dann entsprechend niedrig in der Glasschmelze niederschlagen³⁵¹.

³⁴³ Vgl. dazu die Ausführungen von Brill 1970, 109 f. Ähnlich äußerte sich Haevernick 1960, 20, die vermutete, dass Quarz aus dem Hunsrück als Rohstoff innerhalb der eisenzeitlichen Glasproduktion fungiert habe.

³⁴⁴ Man muss an dieser Stelle auf die frühneuzeitlichen Pochwerke hinweisen, in denen mit Wasserkraft Quarze zerkleinert und zur Glasherstellung genutzt wurden.

³⁴⁵ Siehe dazu Braun 1983, 144.

³⁴⁶ Vgl. dazu Plinius d. Ä., *Naturalis Historia*, XXXVI, 192 und XXXVI, 198 in: Knoll u.a. 1979, 265 ff.

³⁴⁷ Turner 1956, 281T, Tab.II, hier wurden drei Sandanalysen des Flusses Belus an der syrischen Küste durchgeführt, nur der Aluminiumwert zeigt Schwankungen im Bereich von maximal 1,69%.

³⁴⁸ Henderson 2000, 29 vermutete in diesem Zusammenhang, dass die Muschelteile zunächst aus dem Sand gesiebt und dann nach Maß zugeschlagen wurden.

³⁴⁹ I. H. Goerk, *Glass raw materials and batch preparation. Proceedings of the 9th international congress on glass.* (Prag 1977) 44 ff. mit Tab. 6.

³⁵⁰ Ders. Tab.8; Henderson 2000, 27.

³⁵¹ Turner 1956 279T ff., Henderson 2000, 27.

Autor	Turner 1956			Hartmann 1994	
	Tell-el-Amarna	Nilufer / Theben	Belusmündung / Haifa	Deuna / Thüringen	Weserregion / Niedersachsen
Oxide (Gew.%)					
SiO ₂	60.46	72.69	76.4	82.4	97.3
Na ₂ O	0.30	1.21	–	1.45	0.02
K ₂ O	0.74	1.10	–	3.58	0.01
MgO	0.83	2.44	0.75	0.64	0.05
CaO	18.86	4.86	10.73	0.6	0.0
Al ₂ O ₃	2.25	8.18	–	8.3	1.6
Fe ₂ O ₃	1.73	5.60	–	1.81	0.21
P ₂ O ₅	0.08	0.12	–	0.14	0.02
TiO ₃	0.44	1.20	–	0.25	0.47
BaO	–	0.18	–	757 ppm	10 ppm
MnO	0.02	0.09	–	0.03	0.00
SO ₃	0.05	0.06	–	–	–
Feuchtigkeit	0.42	1.04	0.40		
Glühverlust	13.90	1.60	7.80		

Tab. 12: Sandanalysen Ägypten, Syrien, Deutschland³⁵²

4.3.2. Alkalien: Pflanzenaschen und Minerale

Den zweiten Hauptbestandteil eines antiken Glases stellt ein alkalischer Rohstoff dar. Es gilt mittlerweile in der Forschung als sicher, dass im 2. vorchristlichen Jahrtausend in diesem Zusammenhang eine Pflanzenasche benutzt wurde, die von Halophyten wie *Salicornia* oder *Salsola*. Diese salzliebenden Pflanzen finden sich z.B. in Ägypten und im Mittleren Osten in Wüstenregionen, in den Bereichen heutiger Salzseen und in maritimen Umgebungen, hierbei handelt es sich um *Salicornia herbacea*³⁵³; eine verwandte Pflanze, *Salicornia europea*, auch Glasschmalz oder Queller genannt, ist an den europäischen Meeresküsten der Nord- und Ostsee beheimatet, darüber hinaus ist sie heute noch entlang einzelner Flüsse wie der Leine in Niedersachsen, der Werra in Hessen und Thüringen sowie an der Saale und Unstrut in Thüringen nachgewiesen.³⁵⁴ Eine weitere hier vorkommende und zur Diskussion stehende Pflanze ist das europäische Salzkraut, genauer wird

es als *Salsola kali* bezeichnet³⁵⁵. All diesen Meeres- und Uferpflanzen ist gemeinsam, dass sie im Vergleich zu binnenländischen Pflanzen mehr Natrium als Kalium enthalten³⁵⁶. Der Tabelle 13 sind einige diesbezügliche Analysewerte zu entnehmen. Hier wird ganz deutlich, dass es von großer Bedeutung ist, welcher Teil der Pflanze Verwendung fand. So sind deutliche Divergenzen hinsichtlich der Oxidgehalte von Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium auszumachen, vergleicht man die im oberirdischen Teil der Pflanze analysierten Werte mit jenen aus dem Wurzelbereich³⁵⁷.

Die Verwendung eines pflanzlichen Alkalis lässt sich innerhalb der Glasanalyse jedoch deutlich an den erhöhten Phosphatwerten ablesen, diese finden sich grundsätzlich in pflanzlichen und in tierischen Aschen. Darüber hinaus bestätigen korrelierende erhöhte Magnesium-, Kalium- und Phosphatwerte die Verwendung einer natriumreichen Pflanzenasche³⁵⁸.

³⁵² Die Analysen von Hartmann sind hier nur in Auszügen wiedergegeben, die zahlreichen von ihm analysierten Neben- und Spurenbestandteile sind hier nicht von Bedeutung, da sie sich im ppm Bereich bewegen.

³⁵³ Brill 1992, 15; ders. 1986, 16 Tab.1; Henderson 2000, 25; Pflanzenasche fand eine weitreichende Verwendung, so in der Medizin, als Waschmittel, Seife etc.

³⁵⁴ Informationen des BUND.

³⁵⁵ Diese Pflanzen gehören zur Familie der Chenopodiaceae, den Gänsefußgewächsen, von denen einige halophil sind. Der Name Glasschmalz verdeutlicht eindrucklich einen der wichtigen Nutzbereiche dieser Pflanze, ferner kann sie direkt zur Salzgewinnung als auch früh geerntet als Gemüse verwendet werden.

³⁵⁶ Bezborodov 1975, 46 ff.

³⁵⁷ Bezborodov 1975, 51.

³⁵⁸ Erstmals zur Bedeutung und Interpretation der Phosphat- und Kaliumgehalte in antiken Gläsern: Geilmann/Jennemann 1953, 262 f.; Turner 1956, 283T ff; gut zusammengefasst bei Henderson 1985, 271.

Autor	Bezborodov 1975 (Asche in %)		Hartmann u.a. 1997 (Pflanze in Gew.%)	Brill 1970 (Asche in %)
Oxide/Pflanze	Salicornia herbacera		Salicornia europaea	Keli
	oberird. Teil	Wurzel		
SiO ₂	2.80	9.22	13	
Na ₂ O	27.20	20.68	50	28
K ₂ O	7.68	10.16	10	5.5
MgO	5.02	8.88	8	0.5
CaO	1.80	9.21	7	21.1
Al ₂ O ₃	1.05	4.03	8	
Fe ₂ O ₃	0.28	1.91		
P ₂ O ₅	2.05	3.22	1	1.8
Cl	46.10	31.22		2.1
CO ₂				34
Na ₂ O/K ₂ O	3.54	2.04	5	5.09

Tab. 13: Pflanzenaschenanalysen (Meeres- und Uferpflanzen)

Das Zusammenspiel niedriger Begleitwerte von Magnesium, Kalium und Phosphor ist hingegen als ein deutlicher Hinweis auf die Verwendung mineralischer Natursoda zu sehen. Die Natursoda hatte man bereits in anderen Bereichen wie der Medizin, bei der Einbalsamierung und als Reinigungsmittel erfolgreich lange Zeit in Ägypten angewendet³⁵⁹.

Von unterschiedlichen Autoren vorgenommene Analysen an antiker und heutiger ägyptischer Natursoda verdeutlichen zum einen die großen Schwankungsbereiche innerhalb dieses Minerals. Gleichzeitig sind an der Braunschen Analyse beispielhaft die charakteristischen niedrigen Werte für Magnesium, Kalium und Phosphor abzulesen³⁶⁰. In der Literatur wird somit zwischen magnesiumreichen und magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläsern unterschieden; auch HMG (high-magnesium-glass) und LMG (low-magnesium-glass) genannt³⁶¹. Beiden Gläsern gemeinsam ist der hohe Chlorgehalt von bis zu 1 Gew.%, der zum einen durch den Wuchs der salzliebenden Pflanzen in

Salzmarschen oder auf entsprechenden Wüstenböden des Nahen Ostens, reich an Gesteinsalzen, und zum anderen durch die Verwendung von Natron aus entsprechenden Salzseen hervorgerufen wird³⁶².

Eine dritte Variante bezüglich der Alkaliquelle tritt bei den gemischt-alkalischen Gläsern zu Tage. Der Name impliziert bereits den Sachverhalt; hier ist das Verhältnis von Kalium zu Natrium bezüglich der Frage nach der oder den Rohstoffquellen von großer Bedeutung. Man findet dazu in der Literatur unterschiedliche Erklärungen. So geht man zum einen davon aus, dass aufbereitete Pflanzenasche, die so genannte Pottasche verwendet wurde. Dies kann die bei diesen Gläsern auftretenden niedrigen Gehalte an Magnesium, Calcium und Phosphaten im Verbund mit einem kaliumreichen Alkaligemisch erklären.

³⁵⁹ Turner 1956b, 283T.

³⁶⁰ Erstmals anhand der Magnesiumgehalte differenziert von Sayre/Smith 1967, 285, 287; Braun 1983, 142 f., Henderson 2000, 26.

³⁶¹ Zu dieser Benennung siehe Henderson 1988b, 438 ff.; weitere Zusammenfassungen dieser Klassifizierungen bei: Brill 1992, 15 ff.; Hartmann u.a. 1997, 551 schlagen die interpretativen Bezeichnungen Pflanzenaschenglas und Natronglas für diese zwei Gläser vor. Diese Terminologie impliziert die immer gleiche Verwendung der eponymen Rohstoffe, diese Begriffe ließen sich aber nicht auf alle in Frage kommenden Gläser aus dem Allendorfer Hort übertragen, da es sich herausstellte, dass gewisse Magnesiumgehalte nicht zwingend zu dem in der Forschung damit verknüpften Rohstoff führen müssen, vgl. dazu die Ausführungen weiter unten zu den Rohstoffen der Glasgruppe 2a blau.

³⁶² Geilmann 1955, 20, Henderson 1985, 275 f., Hartmann u.a. 1995, 19 f. Inwieweit die Chlorwerte allerdings einen Ursprung der Rohstoffe bzw. des Glas ausschließlich aus dem circum-mediterranen Raum nachweisen, scheint zumindest fraglich, da die hier angedachten pflanzlichen Rohstofflieferanten auch auf den britischen Inseln und an der Nord- und Ostsee beheimatet sind, so dass zumindest die Möglichkeiten einer Glasproduktion auf Grundlage dieser Rezeptur vor Ort in Europa nicht ausgeschlossen werden dürfen, allerdings liegen keine archäologischen Befunde vor, die dies unterstützen würden. Hilfreich wären in diesem Zusammenhang eine Vielzahl von Analysen der fraglichen Pflanzen, insbesondere hinsichtlich der Chlorgehalte. Siehe dazu auch Henderson 1988a, 87. Ferner die Überlegungen Hendersons 1985, 274 zur Kondensierung von Meerwasser. Ferner muss mit einbezogen werden, dass eine an einem Flusslauf gewachsene Salicornia europaea nicht die entsprechenden Chlorgehalte mitbringt.

Autor	Braun 1983	Lucas 1948 (nach Turner 1956)			
	Natron Wadi Natrun		7 Natronproben Gräber 18. Dyn.		14 Natronproben Wadi Natrun
SiO ₂	13.4	Na ₂ CO ₃ und NaHCO ₃	15.5–94.0	Na ₂ CO ₃	22.4–75.0
Na ₂ O	41.6			NaHCO ₃	5.0–32.4
K ₂ O	0.5	NaCl	0.5–39.5	NaCl	2.2–26.8
MgO	1.3	Na ₂ SO ₄	5.5–27.8	Na ₂ SO ₄	2.3–29.9
CaO	3.4				
Al ₂ O ₃	1.4				
P ₂ O ₅	0.06				
Cl	n.b.				

Tab. 14: Natronanalysen³⁶³

Bei der Pottasche handelt es sich um eine aufbereitete Pflanzenasche, durch Lösen und Umkristallisieren werden hauptsächlich die Alkalien Kalium und Natrium angereichert, hingegen reichern sich die Erdalkalien Magnesium und Calcium ab. Von Hartmann durchgeführte Versuche an Buchenholzasche ergaben eine Pottasche mit 90 Gew.% KHCO₃ und 6 Gew.% NaHCO₃. Das einzige Spurenelement, das sich bei diesem Aufbereitungsprozess anreichern konnte, war Rubidium, noch mit einem Gehalt von 1100 ppm nachweisbar, alle anderen Haupt- und Spurebestandteile wie Eisen und Mangan und hatten sich im Vergleich zum ehemaligen Gehalt in der Buchenholzasche entleert. Der Phosphatgehalt der Pottasche lag bei 0,07 Gew.%. Insbesondere das Abscheiden der unliebsamen Eisenanteile, die eine Grünfärbung des Glas hervorrufen, werten die Autoren als Hauptgrund für die Aufbereitung der Pflanzenasche³⁶⁴. In diesem Zusammenhang können Analysen von Pflanzenaschen das Bild weiter erhellen. Die Tabelle 15 gibt einige Analysen unterschiedlicher binnenländischer Pflanzen wieder.

Wenn es sich hier auch um veraltete Analysen handelt, so werden doch grundlegende Sachverhalte deutlich. Allen binnenländischen Pflanzen ist gemeinsam, dass der Kaliumanteil deutlich über dem des Natriums liegt. Wie wichtig es ist, welchen Teil des Baumes oder des Getreides man verwendet, zeigen insbesondere die unterschiedlichen Gehalte an Natrium, Kalium und Magnesium. So finden sich in den Blättern der Buche wesentlich geringere Anteile, als in ihrem Stamm³⁶⁵, beim Weizen finden sich

besonders hohe Kaliumwerte und Magnesiumgehalte in den Körnern und insbesondere das Farnkraut stellt eine Rohstoffquelle mit sehr hohem Kaliumgehalt dar. Hier wird nun ganz deutlich, dass schon die Ausgangspflanze hinsichtlich des bei der Aschenerzeugung verwendeten Pflanzenteiles unterschiedliche Alkaliewerte erwarten lässt. Allerdings zeigen die bislang veröffentlichten Analysen gemischt-alkalischer Gläser hier ein sehr einheitliches Bild. Henderson wies schon darauf hin, dass dieser Sachverhalt wohl in einer bewussten Auswahl der entsprechenden Pflanzen und Pflanzenteile begründet ist³⁶⁶. Jedoch lassen sich die binnenländischen Pflanzen anhand ihres kaliumdominierten Alkaliverhältnisses im Verbund mit deutlich niedrigeren Chlorgehalten deutlich von den salzreichen Ufer- und Meerespflanzen differenzieren, dieser Sachverhalt ist ebenso deutlich an den Glasanalysen abzulesen. Abschließend bleibt die Frage, inwieweit allerdings eine originäre Pflanzenasche oder deren aufbereitete Asche, also Pottasche verwendet wurde, dies lässt sich im Zusammenhang mit den jeweiligen Analysewerten der einzelnen Gläser entscheiden. Als sinnvoll hat es sich in diesem Zusammenhang erwiesen, Versuchsschmelzen analog zum jeweils vorgeschlagenen Rohstoffmodell anzufertigen, und dieses über einen Abgleich der Analysewerte zu überprüfen.

Jahrhunderts in vielen Gegenden Westeuropas galt, Bezborodov 1975, 47, Hartmann 1994, 118.

³⁶⁶ Henderson 1988a, 77. Vgl. dazu das Diagramm Nr. 9 und die diesbezüglichen Ausführungen weiter unten. Eine Ausnahme stellen z.B. die gemischt-alkalischen Gläser von La Négade (1. Jh. v. Chr. – 2. Jh. n. Chr.) dar, aufgrund der hohen MgO und P₂O₅ Gehalte, vermutet man hier einen Mix aus mineralischer Soda / einer natriumreichen Pflanze mit einer Pflanzenasche wie jener der Buche, ebd. 87.

³⁶³ Die Analysen sind nur in Auszügen wiedergegeben.

³⁶⁴ Hartmann u.a. 1997, 554 f.

³⁶⁵ Insbesondere über die Buche weiß man aus historischen Quellen, dass sie als ein bevorzugter Rohstoff der Glasmacher des 10.

Autor	Bezborodov 1975 (Asche in %)								
	Oxide/Pflanze	Eiche	Buche		Weizen		Gerste	Farnkraut	Heidekraut
			Laub	Stamm	Stroh	Körner			
SiO ₂	2.0	33.8	5.4	66.2	1.7	53.8	6.1	35.2	
Na ₂ O	3.9	0.7	3.6	2.8	3.3	4.6	4.6	5.3	
K ₂ O	9.5	5.2	16.4	11.5	31.1	21.2	42.8	13.3	
MgO	3.9	5.9	10.9	5.2	12.4	2.5	7.6	8.3	
CaO	72.5	44.9	56.4	6.1	3.3	7.5	14.1	18.8	
Al ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	
Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	
P ₂ O ₅	5.8	4.7	5.4	5.4	46.3	4.3	9.7	5.0	
Cl	–	–	–	S-3.8	8.4	0.3	10.2	2.2	
SO ₃	2.0	3.6	1.8	2.8	2.2	3.6	5.1	4.4	
Na ₂ O/K ₂ O	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.4	

Tab. 15: Pflanzenaschenanalysen (binnenländische Pflanzen)

Hartmann kam zu dem Ergebnis, dass die von ihm analysierten gemischt-alkalischen Gläser der Endbronzzeit aus drei Teilen Quarzsand und einem Teil aufgearbeiteter Pflanzenasche erschmolzen wurden³⁶⁷.

Ferner wird von Brill die Verwendung von terrestrischen Evaporiten, Salzgesteinen, die eine unreine Form des Natrons in Verbindung mit hohen Verunreinigungen durch Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat darstellen, vorgeschlagen. Solche Salzgesteine finden sich zum Beispiel im Wadi Natrun in Ägypten. Ein weiterer Vorschlag geht von der Verwendung von Salpeter aus, welcher u.a. als ausblühendes Salz im Verbund mit Natriumnitrat in Latrinen und Jauchegruben vorkommt³⁶⁸. Allerdings geht auch Brill hinsichtlich der gemischt-alkalischen Gläser von Frattesina davon aus, dass sie auf der Basis 2:1, sowohl Gewichts- als auch Volumenmaß, erschmolzen wurden; Grundlage sind auch hier nur zwei Rohstoffe, zum einen eine mineralische Substanz, wie Quarzsand oder Quarzkiesel, die verantwortlich ist für alle Silicium-, Aluminium- und einen Großteil der Eisenbestandteile, zum anderen eine alkalische Substanz, die auf eine aufbereitete Pflanzenasche zurückgeht³⁶⁹. Henderson geht von einer Alkalimixtur aus zwei Rohstoffen aus, er vermutet in diesem Zusammenhang eine Mischung von mineralischem Natron, z.B. in Form von Evaporiten oder einer natriumreichen

Pflanzenasche mit einer Asche einer binnenländischen Pflanze wie Eiche³⁷⁰.

Wie bereits deutlich geworden ist, gelangt Magnesiumoxid zum Großteil über den Sand in das Gemenge, tritt aber auch als Begleiter pflanzlicher Alkalilieferanten auf. Auch das Calciumoxid gelangt über den Sand in Form von Muschelsplintern, sowie über die Natursoda in unterschiedlichen Gehalten in das Gemenge.

4.3.3. Die Rohstoffe der Glasgruppe 1

Es geht nun darum, die Allendorfer Glástypen hinsichtlich ihrer Ausgangsstoffe detailliert zu betrachten. Wie bereits deutlich wurde, handelt es sich bei der Glasgruppe 1 um gemischt-alkalische Gläser. Wie oben ausgeführt wurde, zeichnen sich die Glasperlen durch einen der höchsten bekannten Siliciumgehalte von durchschnittlich 78%* und ein kaliumdominiertes Alkaliverhältnis mit einem durchschnittlich Faktor $F = 0,60$ aus. Begleitet wird dieses Alkaligemisch von sehr niedrigen Magnesiumwerten von durchschnittlich 0,75%* und Calciumgehalten von nur 2,53%* durchschnittlich. Die Phosphatwerte bewegen sich zwischen 0,14 und 0,26 Gew.% und werden von niedrigen Chlorgehalten zwischen 0,04 und 0,14 Gew.% begleitet.

³⁶⁷ Hartmann 1995, 21.

³⁶⁸ Brill 1992, 18.

³⁶⁹ Ders. 18 f. m. Abb. 5 und Tab. 3.

³⁷⁰ Henderson 1988a, 87 entwickelte dieses Modell zunächst für die gemischt-alkalischen Glasperlen von La Négade, Gironde, Frankreich; es handelt sich um Funde aus dem Zeitraum 1 Jh. v. Chr. bis 2. Jh. n. Chr., eine Mixtur der Alkalien aus zwei Rohstoffen sieht er auch an neueren Analysen von Funden aus Frattesina bestätigt, ders. 1999, 4 f.

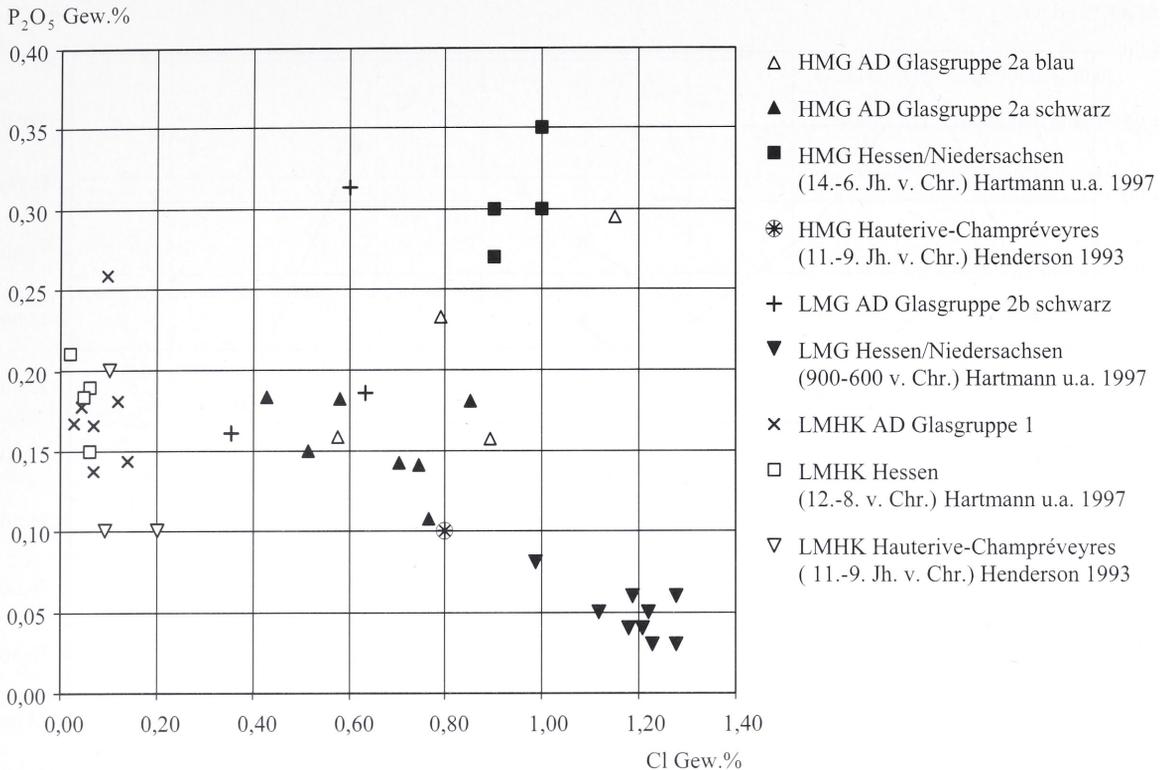


Diagramm 7: Plot P₂O₅/Cl Allendorfer Perlen und Vergleichsfunde

Dem Diagramm 7 ist nur hinsichtlich der Chlorgehalte eine deutliche Differenzierung der Glasgruppe 1 von den Gläsern der Glasgruppe 2 zu entnehmen³⁷¹. Sechs der sieben Werte liegen eng beieinander unterhalb von 0,20 Gew.%, wohingegen die übrigen Gläser weit über den Bereich zwischen 0,40 und 1 Gew.% streuen, eine Perle zeigt sogar einen noch höheren Chloranteil.

Es wird deutlich, dass diese Gläser mit einer andersartigen Alkaliquelle als die Natron-Kalk-Gläser hergestellt wurden. Zum einen schließen die hohen Kaliumgehalte und insbesondere die niedrigen Chlorwerte die Verwendung eines typischen chlorreichen Rohstoffes, wie er sich in den unterschiedlichen Natron-Kalk-Gläsern des Mediterraneums und des Vorderen Orients findet, aus. Es ist hier von einer Pottasche auszugehen, denn zum anderen erlauben die niedrigen Phosphatwerte nicht den Rückschluss auf eine unaufbereitete binnenländische Pflanzasche, da ansonsten mit wesentlich höheren Werten

gerechnet werden muss, vergleicht man die primären Phosphatwerte in Tabelle 15, die von ca. 5 bis 10%, beim Weizen sogar bis 46% reichen³⁷². In spätmittelalterlichen Holzasche Gläsern liegt der Phosphatanteil bei 2,6 Gew.%³⁷³. Deutlich wird dies auch an dem Verhältnis von Calcium zu Kalium, das bei den Allendorfer Gläsern der Gruppe 1 durchschnittlich bei $F = 0,26$ liegt; in mittelalterlichen Holzasche- und in spätmittelalterlichen Holzasche-Kalk-Gläsern finden sich um die 20 Gew.% Calcium, die ein entsprechendes Verhältnis von Calcium zu Kalium von 1,0 bis später 5,0 ergeben³⁷⁴. Die besonders niedrigen Magnesiumwerte der Allendorfer Perlen belegen ebenfalls die Verwendung von Pottasche, da auch hier die Ausgangsstoffe wie Eiche, Buche etc. schon über 2,5 bis 12,4% Magnesiumoxid verfügen, dass aber analog zum Calciumgehalt bei einer Pflanzaschenaufbereitung abgereichert wird³⁷⁵.

³⁷¹ Es gibt noch weitere Vergleichsfunde, jedoch konnten diese hier nicht eingebunden werden. Von den Fundstücken aus Frattesina liegen nur die P₂O₅-Gehalte vor, sie bewegen sich zwischen 0,06 und 0,8 Gew.%, die Fundstücke aus Hauterive-Champréveyres wurden zwar analysiert, sind aber nur im Bereich der ersten Dezimalstelle angegeben; sie liegen jeweils bei 0,1 oder 0,2 Gew.%. Aber auch hier zeigen sich wieder deutliche Gemeinsamkeiten dieser gemischt-alkalischen Gläser, die gut zu den bereits konstatierten Gemeinsamkeiten passen.

³⁷² Die Phosphatwerte der salzliebenden Pflanzen sind zwar entsprechend niedrig, vergleicht man die Werte in Tabelle 13: 1-3,22%, jedoch schließen die Chlor- und Natriumwerte diese Pflanzen als Rohstofflieferanten hier aus.

³⁷³ Hartmann u.a. 1997, 552 Tab. 1.

³⁷⁴ Eine Versuchsschmelze von Geilmann 1955, 153 f. mit zwei Teilen Buchenasche und einem Teil Sand ergab Gläser mit Phosphatanteilen bis 3,10 Gew.%, 22,40 Gew.% CaO und 11 Gew.% K₂O. Hartmann 1994, 117 f; Hartmann u.a. 1997, 554.

³⁷⁵ Vgl. dazu (Anm.362) und die Ausführungen weiter oben.

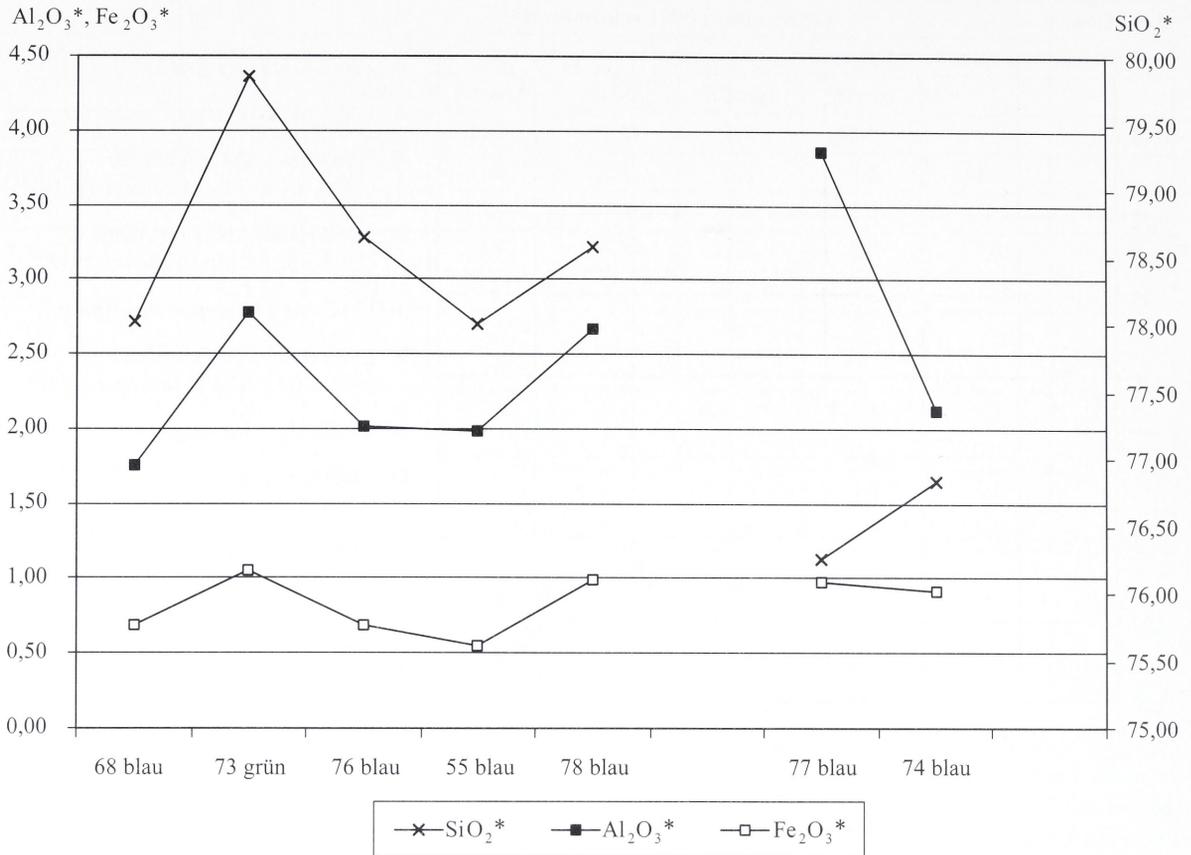


Diagramm 8: Glasgruppe 1: SiO₂*/Al₂O₃*/Fe₂O₃*

Zweifel an der alleinigen Verwendung von Pottasche entstehen hinsichtlich der abzulesenden Korrelationen einzelner Bestandteile. So war an Diagramm 3 deutlich zu sehen, dass bei allen sieben Fundstücken der Glasgruppe 1 eine negative Korrelation der Alkalien Kalium und Natrium festzustellen ist. Geht man nur vom Zuschlag Pottasche aus, so müsste sich hier ein Gleichlauf der zwei Alkalien zeigen. Zu diesem Ergebnis gelangte auch Henderson hinsichtlich der Fundstücke von Frattesina³⁷⁶. Sollte aber eine Mixtur der Alkalien vorliegen, wie von ihm vorgeschlagen aus natriumreicher Pflanzenasche oder mineralischer Soda im Verbund mit einer weiteren kaliumreichen Pflanzenasche, so müsste man auf höhere Chlorgehalte stoßen. Dies ist hinsichtlich der Allendorfer Fundstücke nicht der Fall. Die Lösung dieser festgestellten Beziehungen der einzelnen Elemente könnte in der Verwendung einer Mixtur aus zwei aufbereiteten Pflanzenaschen liegen: So ist die Mischung einer natriumreichen maritimen Pflanzenasche von *salicornia europaea* mit einer kaliumreichen binnenländischen Pflanzenasche von z.B. Farnkraut oder Buche

sehr wahrscheinlich. Dieses Modell erklärt die negative Korrelation von Kalium und Natrium, ebenso die niedrigen Chlorgehalte³⁷⁷. Außerdem zeigt das enge Verhältnis Na₂O/K₂O der Allendorfer Fundstücke, dass man bewusst eine bestimmte Alkalimixtur erreichen wollte. Demnach muss der produzierende Glas-handwerker über weit detailliertere Rohstoffkenntnisse und deren Mischungsverhältnisse verfügt haben, als bisher angenommen³⁷⁸.

³⁷⁷ Die negative Korrelation dieser zwei Bestandteile fand auch Bestätigung nach einer Überprüfung von mir an den reduzierten Gehalten der hessischen Funden von Hartmann u.a. 1997 und der bislang sechs vorgelegten Analysen aus Frattesina, Brill 1992. Erschwerend zur Klärung dieser Problematik kommt hinzu, dass Brill, 1992 wie auch Henderson 1988 innerhalb ihrer quantitativen Analysen die Chlorgehalte nicht bestimmten. Die Überprüfung der reduzierten Gehalte der Perlen aus Hauterive-Champréveyres und Rathgall ergab kein eindeutiges Bild.

³⁷⁸ Analysen von reinen Pflanzenaschen, aufbereiteten Aschen und Versuchsschmelzen können diese Fragen endgültig beantworten.

³⁷⁶ Henderson 1999, 4 f.

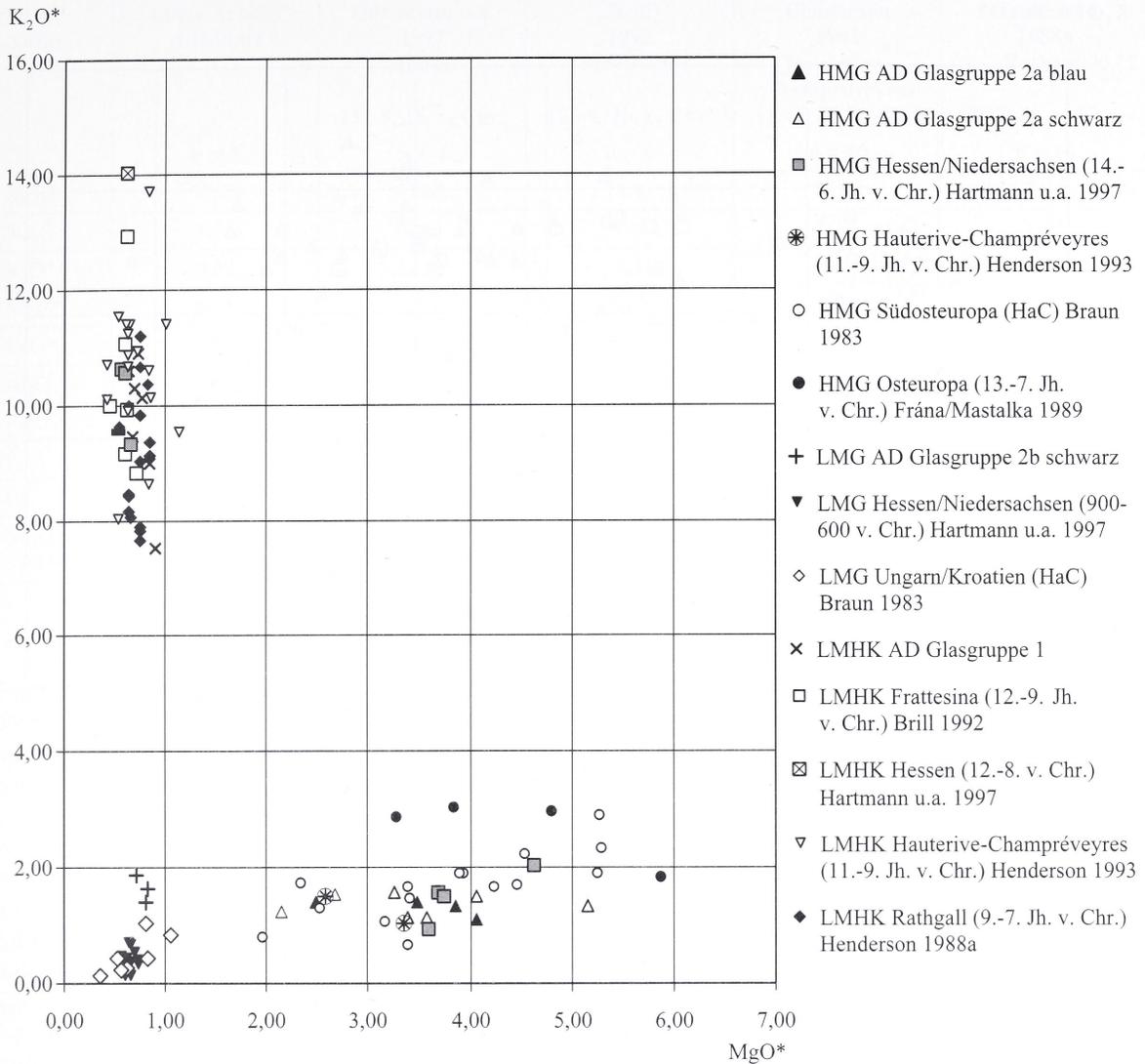


Diagramm 9: Plot K_2O^* / MgO^* Allendorfer Perlen und Vergleichsfunde

Ebenso deutlich ist an den Analysewerten abzulesen, dass hier ein relativ reiner Quarzsand oder aber Quarzkiesel verwendet wurden, da sonst mit höheren Calcium- und Magnesiumoxidgehalten gerechnet werden müsste³⁷⁹. Man kann sogar noch weiterführende Feststellungen treffen, betrachtet man das Diagramm 8. An fünf der insgesamt sieben Glasperlen zeigt ein eindeutiger Gleichlauf der Oxide von Silicium, Aluminium und Eisen, dass Silicium hier als hauptsächlichlicher Träger der zwei Stoffe diente³⁸⁰.

Die zwei verbleibenden Perlen zeigen einen gegenläufigen Effekt, je niedriger der Siliciumanteil, desto höher sind die Werte für Aluminium und Eisen und umgekehrt. Bei dieser geringen Anzahl von nur zwei Exemplaren lassen sich keine weiterführenden Überlegungen anstellen. In welchem Verhältnis man hier die Rohstoffe gemischt hat, muss weitgehend offen bleiben, jedoch ein Abgleich der Allendorfer Perlen mit weiteren europäischen gemischt-alkalischen Gläsern in den Diagrammen 9 und 10 zeigt deutlich, dass sie sehr gut korrespondieren.

379 Vgl. dazu die Analysewerte der deutschen Quarzsande in Tab. 12.

380 Ein Plot der Aluminium- und Eisengehalte ergab keine eindeutigen Gruppierungen der sieben Glasperlen hinsichtlich eines eindeutigen proportionalen Verhältnisses, vgl. dazu Brill 1992, Abb. 5. Die deutlichste Gruppierung zeigen die drei Perlen

Kat.-Nr.: 68, 73 und 78, da hier die Verhältnisse von Aluminium zu Eisen sehr eng beieinander liegen.

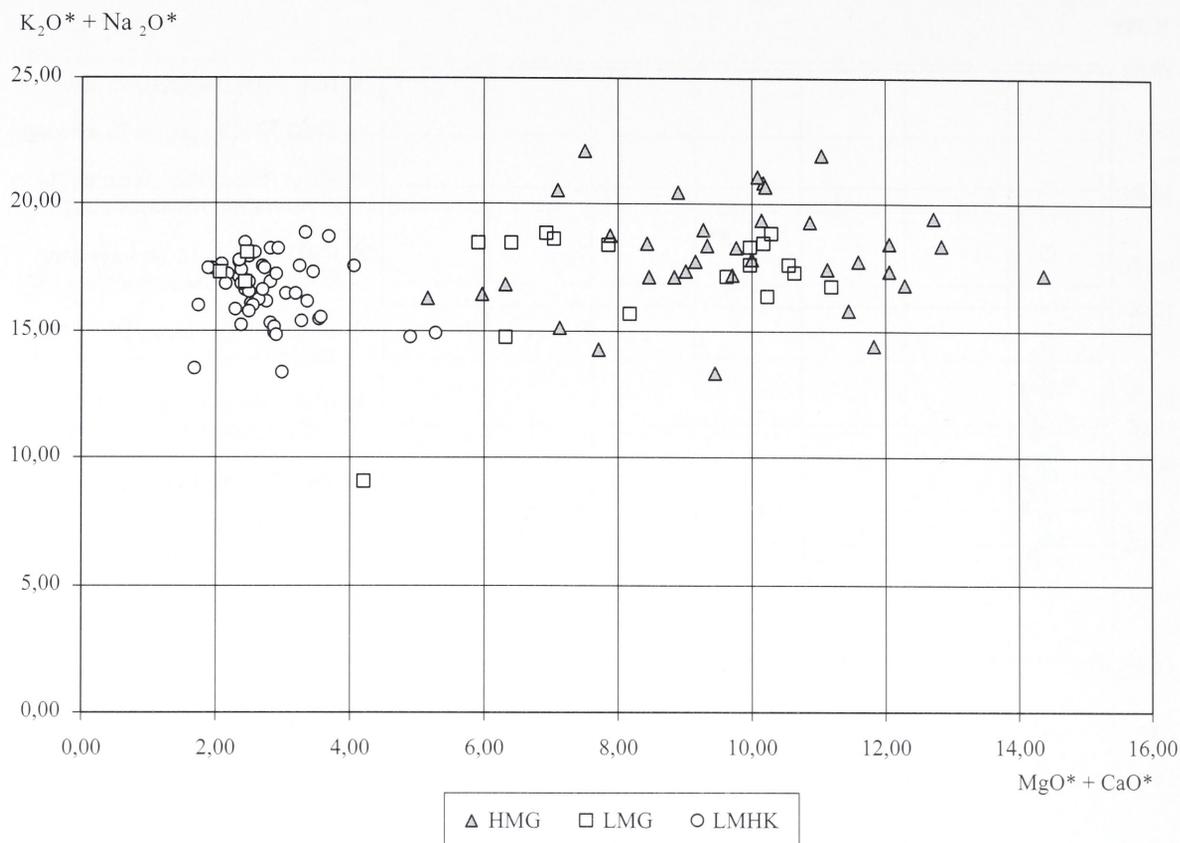


Diagramm 10: Plot $K_2O^* + Na_2O^* / MgO^* + CaO^*$ Allendorfer Perlen und Vergleichsfunde in jeweiliger Gesamtgruppe

Deutlich wird, dass fast alle Gläser sich eng um Kaliumwerte zwischen 9 und 11%* und Magnesiumwerte zwischen 0,55 und 0,85%* bewegen. Auch die Gesamtmengen an Alkali gegenüber der Gesamtmenge an Stabilisatoren zeigt einen engen Rahmen. Bezüglich der charakterisierenden Gehalte an Chlor und Phosphaten lassen sich nur einige Gläser zum Vergleich heranziehen. Betrachtet man dazu noch einmal das Diagramm 7, so wird deutlich, dass die hessischen Funde gut zu den Stadtallendorfer Exemplaren passen³⁸¹. Außerdem verfügen alle hier betrachteten endbronzezeitlichen gemischt-alkalischen Gläser über Siliciumgehalte von 74 bis 80%*, was eines der typischen Charakteristika darstellt. Betrachtet man die reduzierten Einzelwerte jener Vergleichsfunde in Tabelle 16, so wird hier eine insgesamt sehr einheitlich und eng angelegte Rezep-

tur dieser Gläser deutlich. Hinsichtlich der Funde aus der schweizer Seerandstation Hauterive-Champréveyres besteht die größte Verwandtschaft zu den Allendorfer Fundstücken.

Ob man sich nun dem Modell der Rohstoffverhältnisse von 2:1 nach Brill für die Fundstücke von Frattesina oder von 3:1 (Sand:Alkali) nach Hartmann u.a. für die hessischen Glasperlen anschließen will, könnte nur anhand von Versuchsschmelzen geklärt werden, beide Vorschläge sind beim derzeitigen Wissensstand für die Allendorfer Stücke akzeptabel und denkbar³⁸². Weitere Vergleichsfunde liegen nun erneut aus Frattesina und aus Mariconda vor. Die Werte für Natrium, Kalium und Magnesium korrespondieren gut mit den Allendorfer Stücken³⁸³.

³⁸¹ Von den Fundstücken aus Frattesina liegen nur die P_2O_5 -Gehalte vor, sie bewegen sich zwischen 0,06 und 0,8 Gew.%, die Fundstücke aus Hauterive-Champréveyres wurden zwar analysiert, sind aber nur im Bereich der ersten Dezimalstelle angegeben; sie liegen jeweils bei 0,1 oder 0,2 Gew.%. Aber auch hier zeigen sich wieder deutliche Gemeinsamkeiten dieser gemischt-alkalischen Gläser, die gut zu den bereits konstatierten Gemeinsamkeiten passen.

³⁸² Brill 1989, 19; Hartmann u.a. 1995, 21.

³⁸³ Bellintani u.a. 2001, Tab.3. Aufgrund des zeitlichen Rahmens dieser Arbeit war es nicht mehr möglich, die Funde in ihrer Gänze einzubinden. Sie korrespondieren jedoch sehr gut, auch wenn hier nicht die reduzierten Werte betrachtet werden können. Auch die Chlor- und Phosphatanteile gleichen den Allendorfer Ergebnissen weitgehend.

Oxid/ Autor	(diese Arbeit) Allendorf n = 7	Hartmann u.a. 1997 Hessen 12.–8. Jh. v. Chr. n = 4	Brill 1992 Frattolina 12.–9. Jh. v. Chr. n = 6	Henderson 1993 Hauterive- Champréveyres 11.–9. Jh. v. Chr. n = 20	Henderson 1988a Rathgall 9.–7. Jh. v. Chr. n = 16
SiO ₂ *	78,02	78,68	78,81	77,89	77,30
Na ₂ O *	5,72	4,80	6,16	6,14	8,23
K ₂ O*	9,69	11,41	10,31	10,56	9,10
MgO*	0,75	0,61	0,60	0,67	0,72
CaO*	2,53	2,42	1,92	1,91	2,12
Al ₂ O ₃ *	2,45	1,77	1,56	2,31	1,96
Fe ₂ O ₃ *	0,84	0,58	0,64	0,53	0,56
P ₂ O ₅	0,18	0,18	0,14	0,14	0,16
Cl	0,08	0,05	–	0,09	–
Na ₂ O*/ K ₂ O*	0,60	0,45	0,60	0,59	0,92

Tab. 16: Durchschnittswerte* gemischt-alkalischer Gläser

Fasst man die hier erzielten Ergebnisse zusammen, so wird sehr deutlich, dass der antike Glashandwerker bei der Herstellung des Allendorfer Glases eine eng und sehr einheitlich gefasste Rezeptur im Hinblick auf die Mengenverhältnisse und vor allem die zu verwendenden Rohstoffe vor Augen hatte. Nicht nur der Vergleich der gemischt-alkalischen Gläser aus Allendorf untereinander sondern auch deren Einbindung in Vergleichsfunde aus Hessen, der Schweiz, England und Italien belegen dies eindeutig. Die hier konstatierten Zusammenhänge zwischen Natrium und Kalium machen deutlich, dass der Begriff gemischt-alkalisch häufig eine Mixtur von zwei Grundbestandteilen zur Herstellung dieses einen Zuschlages beschreibt³⁸⁴. Dies ließ sich auf die hessischen Funde und auf einzelne Stücke aus Frattolina übertragen. Ferner konnte belegt werden, dass der oder die Glashandwerker bei der Herstellung dieser Gläser in erster Linie auf lokale Ressourcen zurückgreifen konnten und nicht zwingend auf Importe aus dem Mittelmeerraum oder dem Nahen Osten angewiesen waren. Die Pottasche einer binnenländischen Pflanze wie z.B. von Buche oder Farnkraut herzustellen, dürfte zumindest kein logistisches Problem dargestellt haben, da diese Pflanzen in den großen gemischten Laubwäldern der Spätbronzezeit gut zugänglich waren. Hinsichtlich des zweiten pflanzlichen Rohstoffes achte man auf dessen heutige Verbreitung³⁸⁵. Die einheimische Pflanze *Salicornia*

europaea oder besser bekannt als europäischer Queller findet sich heute noch in Deutschland an der Nord- und Ostsee und darüber hinaus ist sie entlang einzelner Flüsse wie der Leine in Niedersachsen, der Werra in Hessen und Thüringen sowie an der Saale und Unstrut in Thüringen nachgewiesen. Ein sehr reiner Quarzsand, wie er hier aufgrund der wenigen Begleitbestandteile vermutet wird, findet sich z.B. in der heutigen Weserregion in Niedersachsen.

4.3.4. Die Rohstoffe der Glasgruppe 2

Bei der Glasgruppe 2 handelt es sich um Natron-Kalk-Gläser, die sich anhand der Magnesium- und Calciumgehalte in zwei Untergruppen, magnesiumreiche und magnesiumarme Natron-Kalk-Gläser trennen lassen. Folgt man der derzeitigen Forschungslage, so geht diese Differenzierung auf Unterschiede in der Wahl der Alkaliquelle zurück, die darüber hinaus auch noch einen zeitlichen Einschnitt in der Geschichte der Glasherstellung markiert³⁸⁶. Inwiefern sich diese Forschungsergebnisse auf die Allendorfer Exemplare übertragen lassen, sollen die folgenden Ausführungen zeigen.

Zuerst werden hier die vier blauen Gläser der Glasgruppe 2a betrachtet, es handelt sich hier um vier Exemplare des magnesiumreichen Natron-Kalk-Glases.

³⁸⁴ Henderson 1988b, 438.

³⁸⁵ Information vom BUND.

³⁸⁶ Vgl. dazu die Ausführungen im Kapitel zur Geschichte der Glasanalytik.

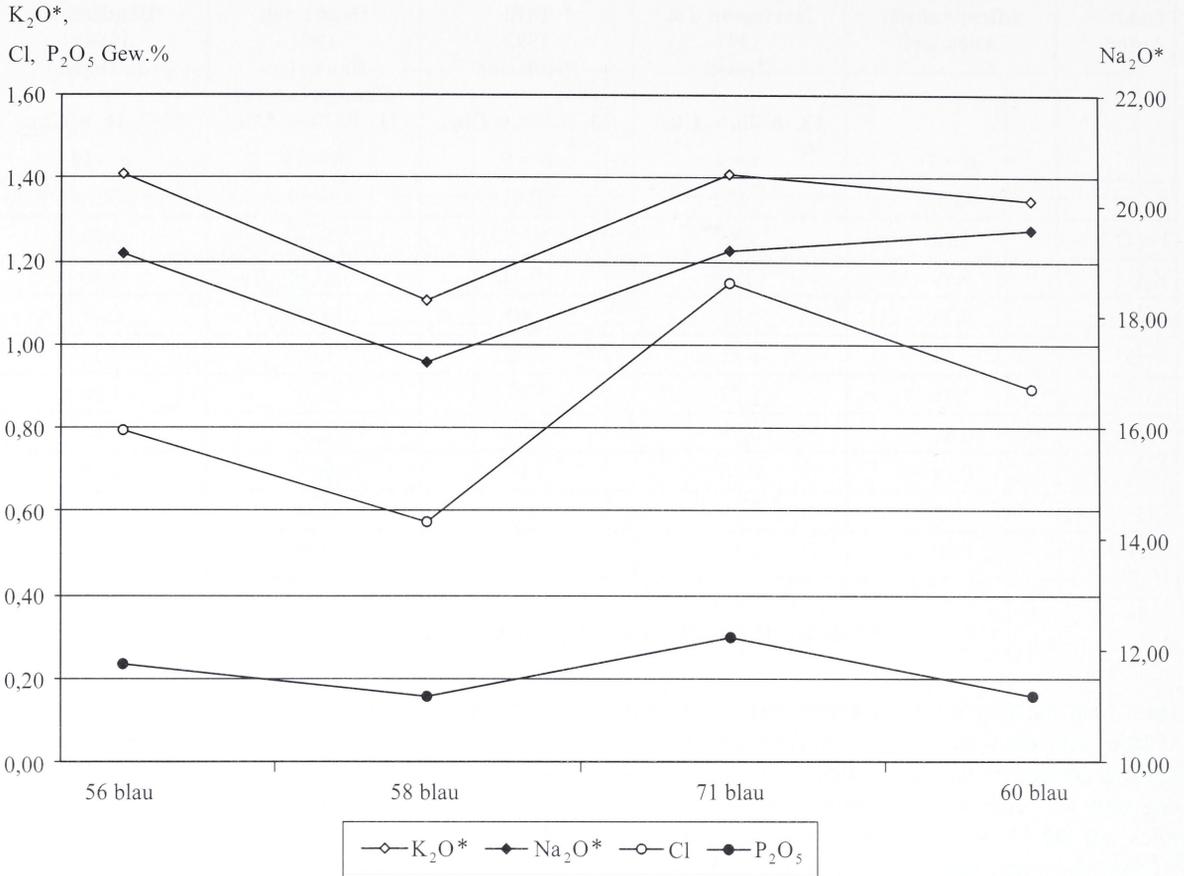


Diagramm 11: Glasgruppe 2a blau

Folgende Begleitbestandteile sprechen für die Verwendung einer natriumreichen Pflanzenasche: die niedrigen Kaliumwerte von durchschnittlich 1,32% und insbesondere die Chlorgehalte von durchschnittlich 0,85%, begleitet von Phosphatwerten um 0,2% machen dies deutlich. Die Korrelation dieser drei Gehalte in Diagramm 11 mit den maßgeblichen Natriumwerten bestätigt den hier angenommenen Rohstoff³⁸⁷.

Die Magnesiumgehalte belegen aufgrund ihres hohen Durchschnittsgehaltes von 3,47%* die Einordnung dieser Gläser in die in der Literatur gebräuchliche Nomenklatur. Die Tabelle 17 führt unter anderem die von verschiedenen Autoren für diesen Glastyp angegebenen Durchschnittswerte auf:

³⁸⁷ Lediglich die Natriumwerte der Perle Nr. 60 liegen etwas zu hoch und passen sich nicht so einheitlich in das Bild ein. Natürlich birgt eine so geringe Menge von nur vier Exemplaren Risiken der Interpretation.

Oxid / Autor	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Cl
Diese Arbeit	67,22	17,19	1,10	2,49	4,61	1,11	0,46	0,16	0,58
Glasgruppe 2a blau	–	–	–	–	–	–	–	–	–
HMG	70,66	19,54	1,41	4,07	6,31	1,55	0,84	0,29	1,15
Diese Arbeit	67,8	14,03	1,14	2,15	3,02	1,32	1 fix	0,11	0,43
Glasgruppe 2a schwarz	–	–	–	–	–	–	–	–	–
HMG	76,1	18,1	1,57	5,16	5,93	2,17	–	0,18	0,85
Braun 1983	65	11,7	0,65	2,24	5,9	0,29	–	0,07	–
HaC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
HMG	72,7	17,9	2,26	5,1	9,15	0,89	–	0,24	–
Hartmann u.a. 1997	70,8	13,8	1,47	3,79	4,45	1,86	0,56 (FeO)	0,31	1,0
1400–900 v. Chr.	–	–	–	–	–	–	–	–	–
HMG	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Brill 1970	56,0	23,8	3,8	5,6	6,6	2,2	0,7	1,0	~ 0,5
Versuchsschmelze 6:5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pflanzenasche:Quarzkiesel	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Diese Arbeit	76,12	15,51	1,40	0,71	1,24	1,15	1 fix	0,16	0,36
Glasgruppe 2b schwarz	–	–	–	–	–	–	–	–	–
LMG	78,52	16,21	1,85	0,82	1,75	2,34	–	0,31	0,63
Braun 1983	65	11,7	0,14	0,35	5,9	0,29	–	0,039	–
HaC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
LMG	72,7	17,9	0,81	1,04	9,15	0,89	–	0,086	–
Hartmann u.a. 1997	68,9	16,5	0,47	0,60	8,9	0,95	0,71 (FeO)	0,06	1,1
900–100 v. Chr.	–	–	–	–	–	–	–	–	–
LMG	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Löber (Braun 1983)	71,6	15,1	0,4	1,1	7,5	3,4	0,6	0,04	–
Versuchsschmelze 1:1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Natursoda:Sand	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tab. 17: Durchschnittswerte magnesiumreiches (HMG) und magnesiumarmes (LMG) Natron-Kalk-Glas, Versuchsschmelzen³⁸⁸

Der Vergleich macht deutlich, dass die vier Allendorfer Exemplare sehr gut zu den bekannten Vergleichswerten passen³⁸⁹. Jedoch weichen sie hinsichtlich des diesbezüglich in der Literatur diskutierten Rohstoffmodelles ab, vergleicht man die Inhalte in Diagramm 12.

So korrelieren die Kalium- und Natriumgehalte positiv mit den Werten für Chlor und Phosphate. Das Modell einer magnesiumreichen Pflanzenasche kann hier nicht übertragen werden, da sich die Magnesiumgehalte hier nicht gleichlaufend darstellen³⁹⁰. Vielmehr ist hier eine positive Korrelation der Magnesium- und Calciumgehalte, sowie der Aluminium- und Eisenwerte festzustellen; diese vier Bestandteile

³⁸⁸ Die jeweiligen Werte sind in Auszügen und in Gew.%, also nicht reduziert angegeben.

³⁸⁹ Vgl. dazu die Werte in Tab. 9, die Werte in Tab. 16 sind nicht reduziert.

³⁹⁰ Vgl. dazu Braun 1983, 152 f. mit Abb. 4 zu HaC-zeitlichen Glasperlen, hier findet sich eine eindeutige Korrelation der Kalium-, Magnesium- und Phosphatanteile, so dass die Verwendung einer Pflanzenasche als Lieferant der Magnesiumgehalte hier gut belegt werden kann.

lassen eine negative Korrelation zu den oben genannten vier übrigen Bestandteilen deutlich erkennen. Es stellt sich heraus, dass die Magnesium- und Calciumgehalte, sowie die Aluminium- und Eisenbestandteile über einen entsprechend angereicherten Sand oder Sandstein in das Gemenge eingebracht wurden, dies lässt sich an zwei der vier Exemplare deutlich ablesen³⁹¹. In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass auch mit einer magnesiumärmeren Pflanzenasche als bislang angenommen im Verbund mit einem entsprechenden Sand bzw. Sandstein das gewünschte Glas herzustellen war. Nur Versuchsschmelzen können analog zu den diskutierten Rohstoffen exakte Belege für die hier erörterten in der Antike verwendeten Rohstoffe und Rezepturen erbringen.

³⁹¹ Siehe zur Verwendung von dolomitischem Sandstein die Ausführungen von Henderson 1985, 277; Eine Korrelation der Magnesium-, Calcium-, Aluminium- und Eisenoxidgehalte mit den Siliciumanteilen lässt sich an den Perlen 56 und 58 ablesen; an der Perle 71 lassen sich keine sicheren Aussagen ableiten, da die Siliciumanteile durch die Korrektur der Natriumanteile auch verändert wurden.

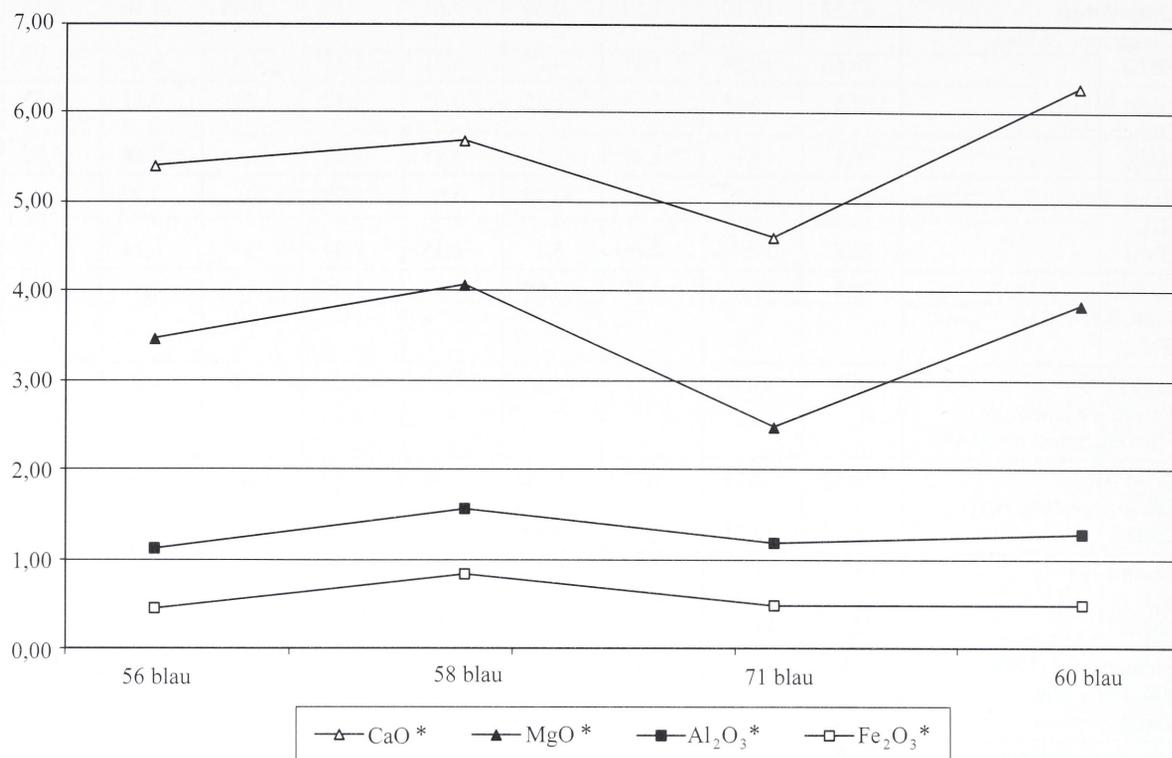
CaO*, MgO*, Al₂O₃*, Fe₂O₃*

Diagramm 12: Glasgruppe 2a blau

Hier spiegelt sich trotz allem die vielfältige Arbeitsweise und Rohstoffkenntnis der Glashandwerker, mit unterschiedlichen Ressourcen zum gewünschten Ziel zu gelangen. Fasst man die hier gewonnenen Ergebnisse zusammen, hat man es mit einem magnesiumreichen Natron-Kalk-Glas zu tun, das in seiner Grundzusammensetzung typisch ist für den Zeitraum des 2. und 1. Jahrtausends v. Chr. in den unterschiedlichen Regionen des Nahen Ostens und des Mittelmeerraumes. Allerdings gelangten die charakteristischen hohen Magnesiumgehalte in diesen vier Allendorfer Stücken hauptsächlich über den Sand oder Sandstein in das Glasgemenge und nicht primär über die pflanzliche Rohstoffquelle. Um welche Pflanze genau es sich handelt, lässt sich nicht genau beantworten, die viel zitierte *salicornia* kommt in so weit nicht in Betracht, da die Magnesiumwerte mit den übrigen Bestandteilen der Pflanzenasche korrelieren müssten. Vielmehr ist anzunehmen, dass noch weitere salzliebende maritime Pflanzen wie zum Beispiel das Salzkraut eine mögliche Rohstoffquelle darstellen. Da diesbezügliche Analysen noch fehlen, muss die Frage an dieser Stelle zunächst einmal unbeantwortet bleiben. Trotz alledem fügen sich diese vier Gläser gut in die bislang bekannte chemische Glasty-

pologie ein, betrachtet man nur die einzelnen Gehalte und lässt deren chemische Zusammenhänge außer Achtung. Deutlich wird hier noch einmal, welche detaillierteren Zusammenhänge im Hinblick auf die verwendeten Rohstoffe zu Tage treten, wenn man die einzelnen Bestandteile im Hinblick auf ihre Verbindungen überprüft, wenn auch letztlich der genaue Rohstoff nicht benannt werden kann.

Die sieben schwarzen Gläser der Gruppe 2a stellen ebenfalls magnesiumreiche Natron-Kalk-Gläser dar. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Zusammensetzung nur unwesentlich von jenen vier blauen Exemplaren, die Natriumgehalte sind durchschnittlich um 3%* niedriger und die Siliciumgehalte entsprechend höher. Auch hier findet die Definition dieses Glases eine Bestätigung an den relativ hohen Werten für Chlor, durchschnittlich 0,65%, und Phosphate, durchschnittlich 0,15%, begleitet von erhöhten Magnesiumwerten, die im Durchschnitt denen der blauen Gläser genau entsprechen. Sie werden hier jedoch gesondert betrachtet, da sich hinsichtlich der Frage nach den verwendeten Rohstoffen deutliche Unterschiede zu den vier blauen Stücken ergeben haben.

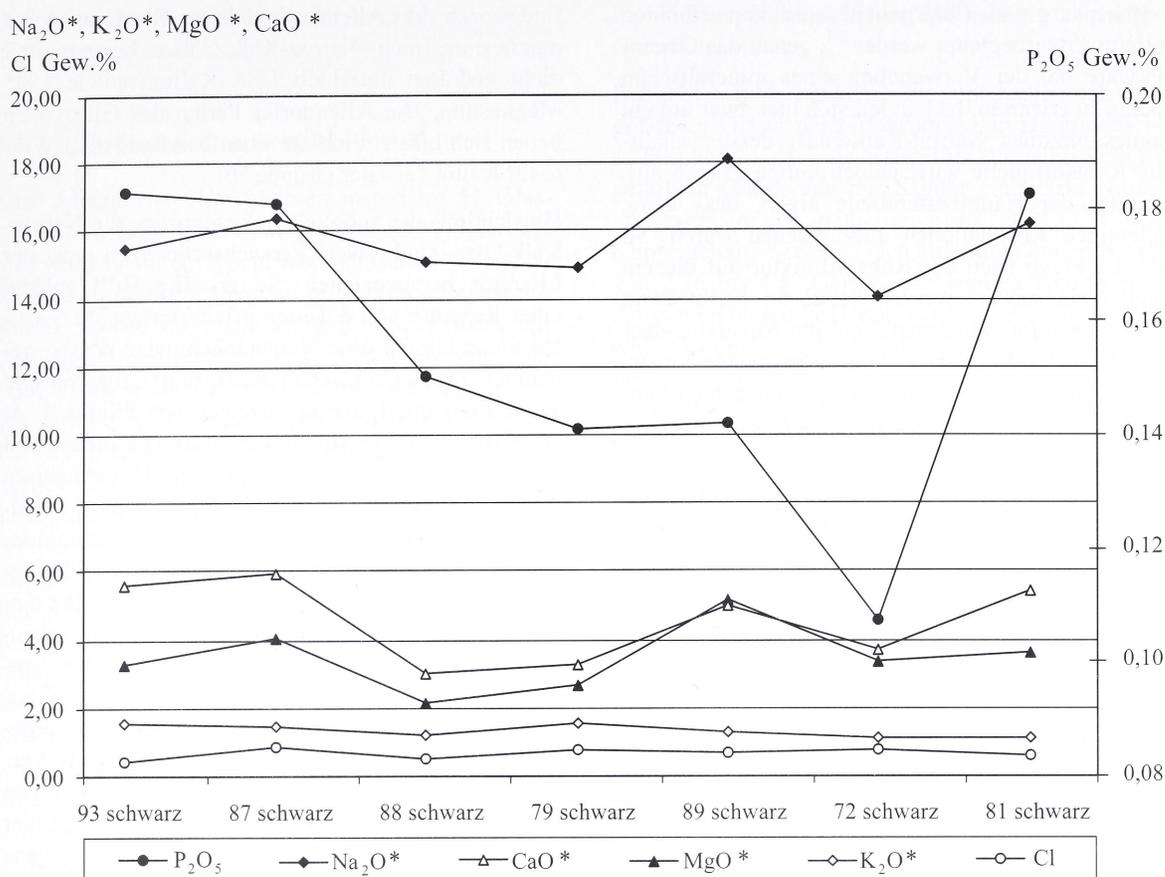


Diagramm 13: Glasgruppe 2a schwarz

Diagramm 13 zeigt sich eine gemeinsame Korrelation der Oxidgehalte von Natrium, Magnesium, Calcium und Phosphaten, die stellenweise auch von den Kalium- und Chlorwerten begleitet wird³⁹². Ferner lässt sich eine negative Korrelation der Siliciumgehalte zu den übrigen Hauptbestandteilen feststellen. So wurde hier mit einer magnesiumreichen Pflanzenasche wie *Salicornia herbacera*, die über entsprechende Chlor- und Phosphatwerte hinaus auch verantwortlich ist für die im Glas festgestellten erhöhten Magnesium- und Kaliumgehalte, jenes Glas erschmolzen, dass in seiner Grundzusammensetzung und im Hinblick auf die festgestellten Rohstoffe typisch ist für den Zeitraum von ca. 1500 bis ca. 800 v. Chr. im mediterranen Raum und im Vorderen Orient. Deutlich wird dies auch durch den Vergleich

³⁹² Die sehr harmonisch verlaufenden Natriumgehalte sind mit einer gewissen Vorsicht nur einzubinden, da nur die Werte der ersten drei Perlen des Diagramms gesichert aus den Analysen hervorgingen (Katalog Nr.: 93, 87, 88) hinsichtlich der Kalium- und Chlorwerte finden sich im Bereich der Perlen Katalog Nr.: 93, 87, 88, 79 Übereinstimmungen. Diese Sachverhalte begründen die im Plotdiagramm gewählte Reihenfolge der Perlen.

mit den in Tabelle 16 angegebenen Werten von Hartmann u.a. für Funde aus Nordhessen. Ein weiterer Vergleichsfund stammt aus Hauterive-Champréveyres, es handelt sich ebenfalls um eine mit einem hohen Zuschlag an Eisen dunkelgrün gefärbte Perle³⁹³. Somit erweist sich die anfangs durchgeführte Differenzierung der im Allendorfer Hortfund angebotenen magnesiumreichen Natron-Kalk-Gläser in zwei Untergruppen als sinnvoll, denn die eingangs festgestellten divergierenden Werte der Natrium- und Siliciumanteile in diesen ansonsten sehr homogen erscheinenden Gläsern lassen sich nun in der Wahl unterschiedlicher Pflanzenaschen und Siliciumquellen begründen.

Den Abschluss der hier vorgenommenen Betrachtungen bildet die Glasgruppe 2b, die aus den verbleibenden drei schwarzen Perlen besteht. Diese Natron-Kalk-Gläser zeichnen sich durch niedrige Magnesium- und Calciumgehalte aus. Die übrigen charakteristischen Bestandteile passen jedoch gut zu denen der Glasgruppe 2a. So trifft man auch hier auf erhöhte

³⁹³ Henderson 1993, Analyse 37.

te Phosphat- und Chlorgehalte, die von erhöhten Kaliumwerten begleitet werden³⁹⁴, genau das Gegenteil wäre bei der Verwendung eines mineralischen Alkalis zu erwarten. Es handelt sich hier zwar um ein magnesiumarmes Natron-Kalk-Glas, dessen alkalische Rohstoffquelle wirft jedoch einige Fragen auf. Ein Plot der Hauptbestandteile ergab, dass keine eindeutigen Korrelationen auszumachen waren. So dass die Frage nach der Rohstoffmischung auf diesem Wege nicht geklärt werden kann. So bleibt beim derzeitigen Informationsstand nur die Annahme, dass man hier unter der Verwendung einer magnesiumarmen Pflanzenasche und eines magnesiumarmen Sandes ein entsprechendes Natron-Kalk-Glas hergestellt hat. Sowohl die Phosphatanteile, aber insbesondere die im Vergleich mit den Gläsern der Glasgruppe 2a deutlich hohen Kaliumanteile³⁹⁵, als auch die diesbezüglich niedrigen Analysewerte des Natrons in Tabelle 14, sprechen deutlich gegen eine Verwendung dieses Rohstoffes. Hier zeigt sich wieder einmal sehr deutlich, wie wichtig es ist, bei der Frage nach den Rohstoffen alle maßgeblichen Bestandteile in ihrer Gesamtheit in Augenschein zu nehmen³⁹⁶. In diesem Zusammenhang wird klar, dass ein magnesiumarmes Natron-Kalk-Glas nicht ausschließlich mit mineralischem Natron hergestellt wurde, sondern dass man von einer viel größeren Bandbreite bei der Auswahl der Rohstoffe ausgehen muss, als bisher angenommen. Brill sprach sich bereits 1970 dafür aus, dass der Forschung bislang unbekannte Pflanzen ähnliche Werte wie Natron hervorrufen können.

Eine Einbindung des Glasstyp 2 in Vergleichsfunde, dargestellt in Diagramm 9, ergibt ein weitgehend homogenes Bild. So findet man hinsichtlich der Magnesiumwerte eine dichte Konzentration an magnesiumreichen Natron-Kalk-Gläsern zwischen 3 und 4%*, deren Kaliumwerte weitgehend unter 2%* bleiben³⁹⁷. Eine kleinere Gruppe von Gläsern bewegt sich zwischen 2 und unter 3%* Magnesium, hier

³⁹⁴ Vgl. dazu die Werte in Tab. 10.

³⁹⁵ Vergleicht man die diesbezüglichen Werte für Kaliumgehalte in magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläsern (Tab.16), so liegen diese deutlich unter 1 Gew.-%.

³⁹⁶ Man muss auch die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass ein kaliumreicher Sand, wie in Tab. 12 für Deuna in Thüringen angegeben, einem mineralischen Natron zugegeben wurde. Dann müssten die Phosphatanteile als begleitende Bestandteile beim Zuschlag einer Eisenschlacke interpretiert werden, ein kurzer Hinweis dazu findet sich bei Braun 1983, 172. Ein Plot der originalen Eisengehalte mit den Phosphatwerten ergab keinen Zusammenhang, hier müsste eine größere Probenanzahl vorliegen, um zu sicheren Ergebnissen gelangen zu können. Eine weitere Möglichkeit stellt die Verwendung von „Altglas“ hier dar.

³⁹⁷ Lediglich die Funde aus Ost- und Südosteuropa zeichnen sich durch höhere Kaliumwerte von ca. 1%* aus. Hier finden sich auch die höchsten Magnesiumgehalte.

finden sich drei Allendorfer Gläser. Die Gruppe der magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläser bewegt sich dicht gedrängt unterhalb 1%* Kalium sowie 1%* Magnesium. Die Allendorfer Perlen des Glasstyp 2b heben sich hinsichtlich der oben beschriebenen Werte für Kalium aus der Gruppe ab.

Hinsichtlich der möglichen Rezepturen für Natron-Kalk-Glas sind zwei Versuchsschmelzen aus der Literatur heranzuziehen. So erstellte Brill anhand einer Rezeptur von 6 Teilen Pflanzenasche zu 5 Teilen Quarzkieseln eine Versuchsschmelze des so genannten mesopotamischen zukü, und Löber fertigte anhand des überlieferten Rezeptes von Plinius d. Ä. ein Glas auf der modifizierten Basis von einem Teil Natursoda zu einem Teil Sand an. Die Analysen dieser zwei Versuchsschmelzen finden sich in Tabelle 17. Es lassen sich keine direkten Übereinstimmungen mit den Allendorfer Gläsern konstatieren. Lediglich für die Glasgruppe 2a schwarz konnte eine diesen Versuchsschmelzen und Glasstypen entsprechende Rohstoffmischung nachgewiesen werden. Hier handelt es sich um magnesiumreiches Natron-Kalk-Glas, dass mit einer entsprechenden Pflanzenasche hergestellt wurde. Die somit in Betracht zu ziehende Versuchsschmelze von Brill weist einen viel zu niedrigen Siliciumanteil auf, auch die Natriumanteile sind hier um einiges höher, so dass das hier herangezogene Mischungsverhältnis nicht übertragen werden kann. Jedoch finden einzelne charakteristische Bestandteile dieses Natron-Kalk-Glases hier noch einmal eine deutliche Bestätigung, betrachtet man die im Vergleich hohen Kalium-, Magnesium- und Phosphatwerte. Die Gläser der Gruppe 2a blau passen etwas besser zu dieser Versuchsschmelze, da hier etwas niedrigere Siliciumanteile und analog höhere Natriumwerte festgestellt wurden. Jedoch ergab die Betrachtung des Zusammenspiels der einzelnen Inhaltsstoffe, dass hier eine magnesiumarme Pflanzenasche mit einer entsprechend magnesiumreichen Siliciumquelle gemischt wurde. Hinsichtlich der Glasgruppe 2b lassen sich noch einmal die Argumente gegen die Verwendung mineralischen Natrons an der Löberschen Versuchsschmelze belegen. Hier finden sich die typischen niedrigen Magnesiumgehalte im Verbund mit niedrigen Kalium- und Phosphatanteilen, die bei den Allendorfer Perlen nicht festzustellen waren.

Fasst man die hier erzielten Ergebnisse einmal zusammen, so wird noch einmal deutlich, dass nicht nur der Gehalt der einzelnen charakteristischen Grundbestandteile eines Glases zu dessen Klassifikation herangezogen werden kann, sondern dass darüber hinaus das Zusammenspiel dieser Oxide von großer

Bedeutung für den Nachweis der vom Glashandwerker verwendeten Rohstoffe ist.

4.4. Die färbenden Bestandteile

Zum Allendorfer Hort gehören insgesamt 51 Glasperlen unterschiedlicher Farbgebung und Verzierung. Sie wurden unter typenchronologischen Gesichtspunkten in monochrome und polychrome Perlen unterteilt, wobei die mehrfarbigen Stücke nach der heutigen Grundfarbe in zwei Untergruppen, dass heißt in blaue und schwarze Perlen aufgeteilt wurden³⁹⁸. Im Zuge der Analysen konnten auch die Fragen nach den färbenden Zuschlägen beantwortet werden. Es wurden insgesamt 21 Matrixanalysen durchgeführt, an zehn dieser Perlen wurden neben der farbigen Grundmatrix auch die Farbeinlagen analysiert, an zwei weiteren Perlen nur die Farbeinlagen. Die Verteilung der analysierten Farbeinlagen auf die jeweiligen Grundgläsern der Matrix gestaltet sich wie folgt: insgesamt wurde an fünf Perlen der Glasgruppe 1, an drei Perlen der Glasgruppe 2a schwarz und an zwei Perlen der Glasgruppe 2b schwarz die jeweilige Farbeinlage analytisch bestimmt³⁹⁹. Darüber hinaus wurden an fünf Grundgläsern und an fünf Farbeinlagen gezielt Einschlüsse analysiert⁴⁰⁰. Inwieweit sich diese Grundgläser auch innerhalb der Farbeinlagen wieder finden lassen, soll neben der Klärung der Frage nach den färbenden Zuschlägen in diesem Kapitel beantwortet werden.

4.4.1. Die färbenden Bestandteile der Glasgruppe 1

Am Anfang dieser Betrachtung stehen die sieben Perlen der Glasgruppe 1, vier von ihnen verfügen über einen blauen Glasgrundkörper mit einer weißen Dekoration, einmal ist auf einen blauen Glasgrundkörper eine nur minimal zu unterscheidende dunkler blaue Dekoration aufgebracht worden, eine weitere Perle dieser Gruppe ist von transluzentem hellgrünen Glas, eine dritte Perle ist unverziert. Die augenscheinlichen Farbbeschreibungen reichen von transluzent türkisblau bis opaquer dunkelblau. Die weiße

Farbeinlage findet sich hier durchgängig in opaquer Gestaltung.

Betrachtet man zunächst die unterschiedlich blau gefärbten Gläser der Glasgruppe 1 in Diagramm 14, so fällt auf⁴⁰¹, dass die ersten fünf türkis bis hellgrün gefärbten Gläser alle mit Kupfer eingefärbt wurden und zwar in der oxidierten Form als Cu^{2+} ⁴⁰². Die Kupfergehalte bewegen sich auf einem hohen Niveau von 2,26 bis 4,12 Gew.%, sie werden von erhöhten Antimongehalten begleitet. Zum einen kann hier mit einer kupferhaltigen metallurgischen Schlacke gefärbt worden sein, dies würde sich an einem relativ konstanten Verhältnis der Kupfergehalte zu den Eisenwerten ablesen lassen, zum anderen ist die Verwendung eines Fahlerzes wie Tetraedrit (Antimonfahlerz) möglich⁴⁰³. Der zweite Vorschlag scheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, da keine Korrelation der Eisen- und Kupfergehalte eruiert werden konnte.

Die Antimongehalte in diesen gemischt-alkalischen Gläsern bewegen sich zwischen 0,15 und 0,31 Gew.%, so dass hier nicht von Spurenbestandteilen gesprochen werden kann, vielmehr ist es über das kupferhaltige Erz in die Glasmasse eingebracht worden. Hartmann konnte an gemischt-alkalischen Gläsern aus Hessen Kupfergehalte konstatieren, die den Allendorfer Gläsern gut entsprechen, auch hier fanden sich begleitende Antimongehalte, die allerdings höher, zwischen 3000 und 3700 ppm lagen. Es ist durchaus möglich, dass die Antimongehalte zur Klärung der Schmelze beitragen, da man in farblosen magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläsern aus Niedersachsen Antimongehalte von einmal 2773 und einmal deutlich höher 10097 ppm festgestellt hat. Allerdings liegt bei den zwei angeführten Beispielen eine andere Grundglaszusammensetzung vor, so dass eine direkte Übertragung dieser Funktion des Antimon anhand der hier konstatierten Mengen mit gewissen Vorbehalten betrachtet werden muss⁴⁰⁴.

³⁹⁸ Jedes Einzelstück erfuhr im Katalog eine differenzierte Farbbeschreibung anhand des MICHEL-Farbenführer 36. Aufl. (München 1992).

³⁹⁹ Die jeweiligen Ergebnisse finden sich in Anhang I und II. Zur Glasgruppe 1 zählen die Perlen Katalog Nr.: 73, 74, 76, 77, 78; zur Glasgruppe 2a schwarz die Perlen Katalog Nr.: 72, 89, 93; zur Glasgruppe 2b die Perlen Katalog Nr.: 94, 98; von den Perlen Kat.-Nr.: 82 und 85 liegen nur Dekorationsanalysen vor.

⁴⁰⁰ Vgl. dazu die Analysedaten in Anhang III.

⁴⁰¹ Zu den im Diagramm 14 dargestellten Gläsern der Gruppe 1 gehören die Perlen Kat.-Nr.: 55, 68, 73, 76, 78, 74, 76 und 77; die verbleibenden Perlen Kat.-Nr.: 56, 58, 60 und 71 bilden die Glasgruppe 2a blau. Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Färbung und farbgebenden Elementen sind hier die präzisen Farbbeschreibungen der Perlen angegeben.

⁴⁰² Vgl. dazu die Ausführungen von Brill 1970, 119 f.

⁴⁰³ Zu dem Zusammenhang von Kupfer und Eisen siehe Brill 1992, 14. Da Zinn in der Analyse nicht berücksichtigt werden konnte, kann die Frage nach der Verwendung einer Bronze als farbgebende Substanz hier nicht weiter erörtert werden.

⁴⁰⁴ Hartmann u.a. 1997, 556.

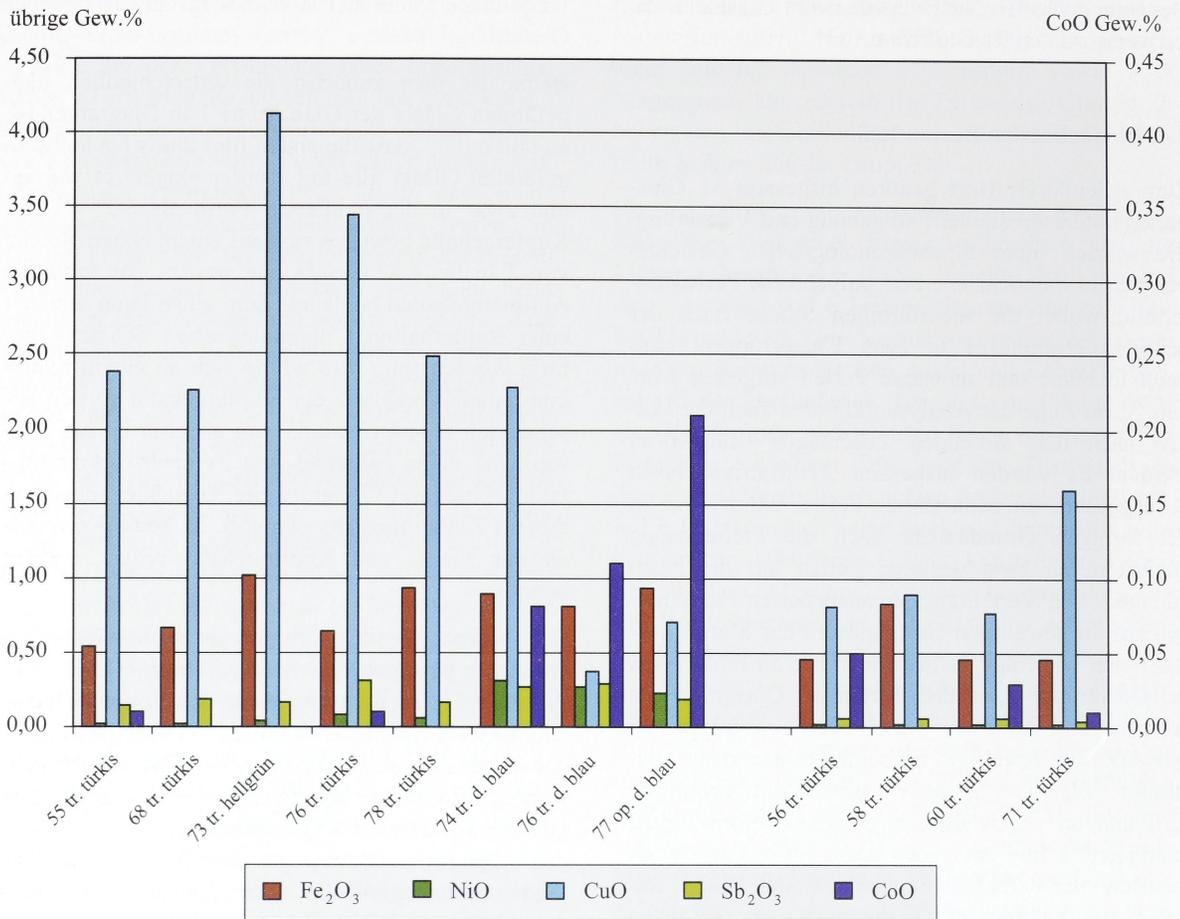


Diagramm 14: Glasgruppe 1 und 2a blau färbende Bestandteile der blauen Gläser in Gew.%

Braun gibt für farblose HaC-zeitliche Gläser Antimonergehalte von 0,25 bis 0,75% an, es handelt sich auch hier um magnesiumreiche Natron-Kalk-Gläser⁴⁰⁵. Sind die in den Allendorfer Perlen festgestellten Antimonergehalte auch durchschnittlich etwas niedriger, so spricht doch alles dafür, dass die Klärung der Schmelze über diesen Bestandteil erfolgte, da das Glas nicht komplett entfärbt werden musste, genügen etwas geringere Gehalte. Allerdings ist das Antimon begleitend über das kupferhaltige Erz in die Glasmasse eingebracht worden und nicht als bewusster singulärer Zuschlagstoff⁴⁰⁶.

Die grünliche Färbung der Perle 73 lässt sich auf das Zusammenspiel der hohen Kupfer- und Eisengehalte von 4,12 und 1,01 Gew.% zurückführen. Die augenscheinlichen Variationen der türkisen Gläser liegen

ebenfalls im jeweiligen Verhältnis von Kupfer zu Eisen begründet.

Die verbleibenden drei blauen Gläser sind von transluzenter und opaquer dunkelblauer Farbe⁴⁰⁷. Hier wurde unter der Zugabe von Kupfer begleitet von Kobalt und Nickel gefärbt. Es lassen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Oxidgehalte feststellen. So verfügen die Perlen 76 und 77 über Kupfergehalte von 0,36 und 0,71 Gew.%, die von deutlich erhöhten Kobaltgehalten von 0,11 und 0,21 Gew.% begleitet werden; hinzukommen Nickelwerte von 0,27 bzw. 0,23 Gew.%. Die dritte Perle Nr. 74 verfügt über einen deutlich höheren Kupfergehalt, der denen der türkise eingefärbten Perlen entspricht, begleitet von einem niedrigeren Wert für Kobalt und einer höheren Menge an Nickel. Da Kobalt fünf bis zehnmals stärker färbt als Kupfer, erklären sich die hier konstatierten Zusammenhänge deutlich. Bei einem niedrigen Kupfergehalt benötigt man mehr Kobalt und umgekehrt.

⁴⁰⁵ Braun 1983, 154.

⁴⁰⁶ Vgl. dazu die Bemerkungen von Braun 183, 154 hinsichtlich der Verwendung von Antimonit, u.a. angeblich als Augenkosmetikum in Ägypten und Mesopotamien bekannt.

⁴⁰⁷ Hinsichtlich der Perle 76 handelt es sich hierbei um die dunkelblauen Augenaufgaben.

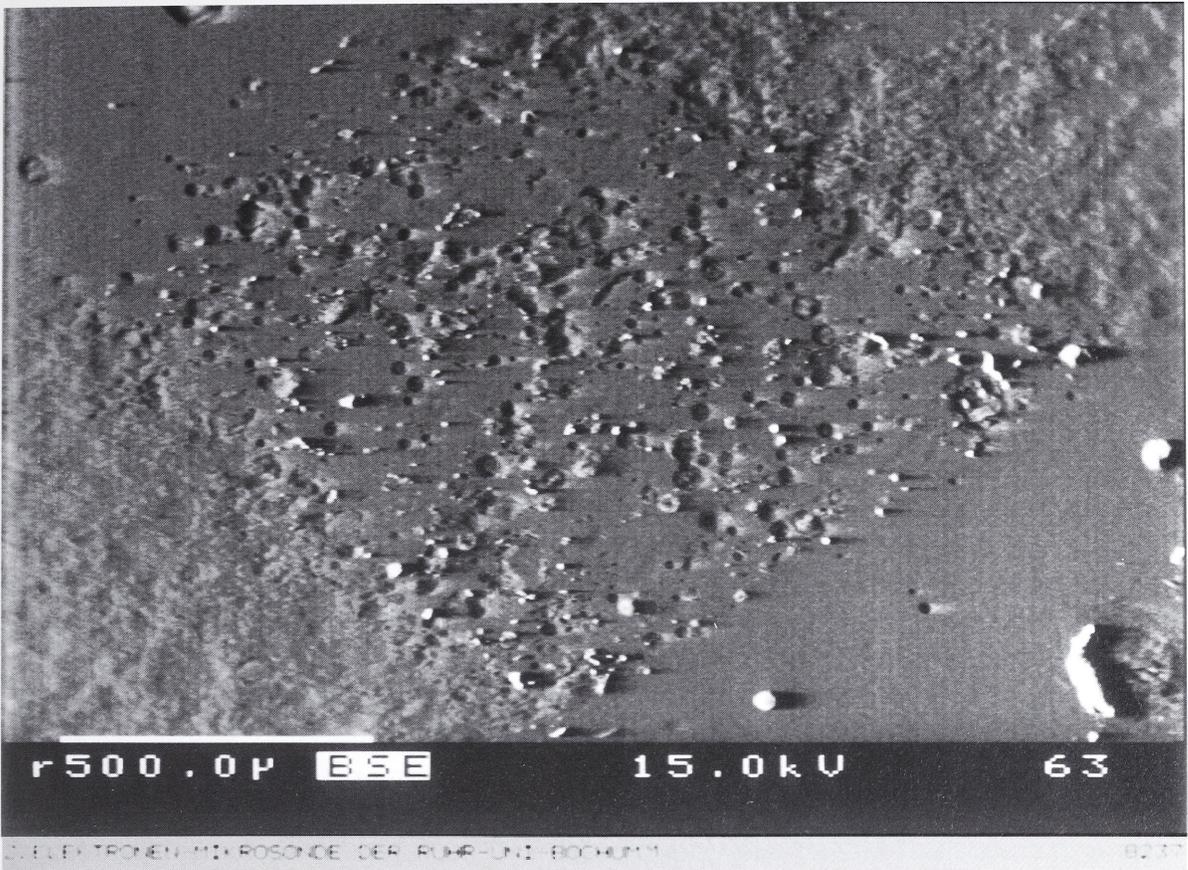


Abb. 5: Polierte Fläche Perle 77

Das Zusammenspiel der Nickel- und Kobaltgehalte bei Perle Nr. 74 ist verantwortlich für deren fahle und rauchigblaue Färbung, die beiden anderen Exemplare sind analog zu den höheren Kobaltgehalten von intensiver und leuchtender Färbung. Auch hier spielt der Eisengehalt wieder eine Rolle, der bei der Färbung aufgehoben oder überdeckt werden musste. So wird hier sehr deutlich, dass die Nuancen einer Farbe und deren Intensität durch die Quantität und Qualität der zugeschlagenen Färbemittel bedingt sind.

In welcher Form diese drei analysierten Oxide ehemals in die Glasschmelze eingebracht wurden, lässt sich zum Teil anhand eines analysierten Einschlusses im Glas der Perle 77 weiter ausführen. Hier wurde eine intermetallische Verbindung von Kupfer und Nickel festgestellt, begleitet wird diese Verbindung von erhöhten Antimongehalten, die Kobaltgehalte sind hier allerdings wesentlich niedriger als im Grundglas festgestellt, sie bewegen sich knapp unter- und oberhalb der Spurenbestandteilsgrenze.⁴⁰⁸ Man kann in diesem Zusammenhang an ein Sulfid denken,

wie Sulfospinell. Eine natürliche Verbindung von Kupfer und Nickel, begleitet von geringen Gehalten an Schwefel und Kobalt, wobei der Schwefel z.B. aufgrund einer zu hohen Eingabetemperatur zerfällt.

Es findet sich innerhalb der blauen Gläser der Glasgruppe 1 nur ein opaques Glas, es handelt sich um die Perle 77. Dies ist allerdings allein in der dichten Kobaltfärbung des Glases begründet. Hinweise auf andere Trübungsmittel konnten nicht eruiert werden⁴⁰⁹, auch ist die Schmelze nur von singulären Luftfeinschlüssen durchzogen, deutlich ist dies auf der Abbildung 5 zu erkennen, die Matrix dieses Glases ist im Vergleich zu jener der Farbeinlage sehr homogen.

⁴⁰⁸ Vgl. dazu die Werte in Anhang III, Analyse Nr.: 1–3.

⁴⁰⁹ Die an dieser Perle festgestellten Antimongehalte passen gut zu denen der übrigen, translucen Exemplare der Glasgruppe 1.

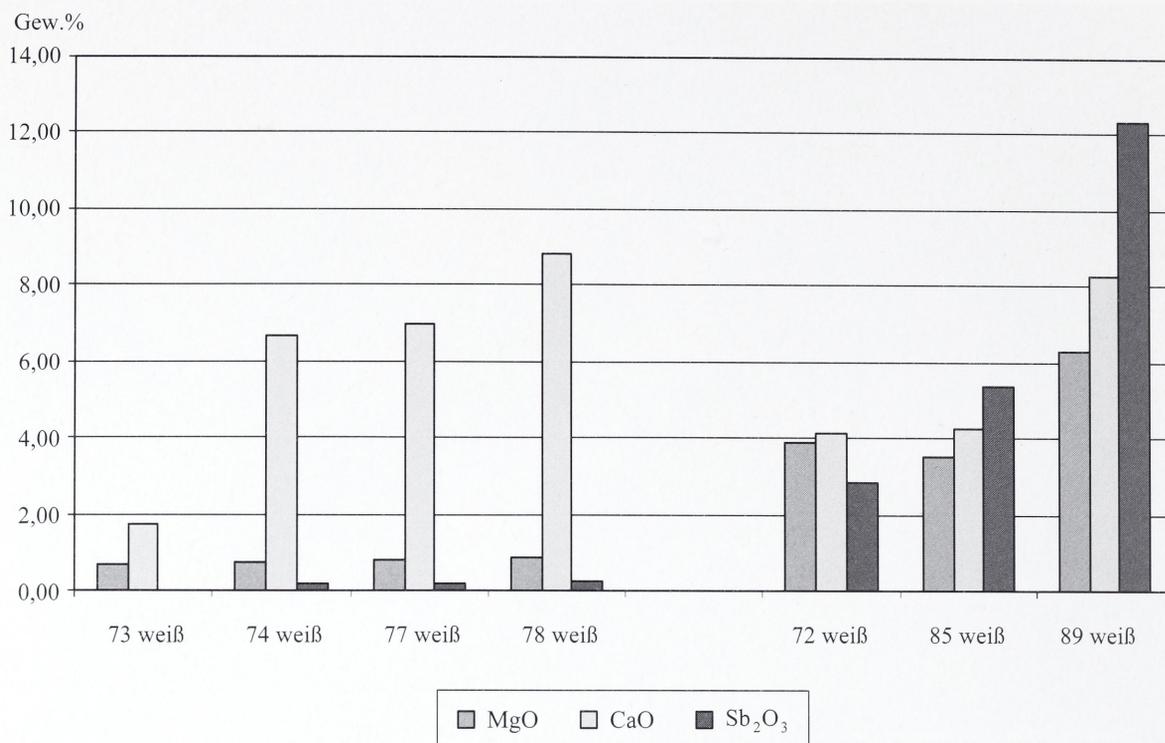


Diagramm 15: Glasgruppe 1 und 2a schwarz färbende Bestandteile der weißen Dekoreinlagen in Gew.%

Nun richtet sich der Blick auf die vier opaque weißen Dekoreinlagen an den Perlen Nr. 73, 74, 77 und 78 der Glasgruppe 1. Es handelt sich auch hier um gemischt-alkalische Gläser, die sich nur hinsichtlich der höheren Calciumoxidwerte von den Grundgläsern der Matrix unterscheiden; lediglich die weiße Einlage der Perle 73 muss hier vernachlässigt werden, da sie heute stark verwittert ist und hauptsächlich noch aus Siliciumoxid besteht, insbesondere die Natrium- und Kaliumgehalte haben sich hier fast gänzlich abgereichert. Dem Diagramm 15 ist zu entnehmen, dass sich die Calciumgehalte der verbleibenden drei Farbeinlagen hier zwischen 6,63 und 8,84 Gew.%, also durchschnittlich bei 7,47 Gew.% bewegen, der reduzierte durchschnittliche Calciumgehalt der blauen Grundgläser liegt bei 2,53*%, der originäre Wert ist minimal niedriger.

Es existieren unterschiedliche Möglichkeiten, ein opaques Glas herzustellen, zum einen kann eine Vielzahl von Luftblasen diesen Effekt erzielen. Dies hängt zum Teil von der Höhe der Schmelztemperatur ab, ist diese zu niedrig, können die kleinen Luftblasen nicht entweichen und das Glas erscheint opaque oder nur schwach durchscheinend⁴¹⁰.

Weitere Trübungsmittel sind feinkörnige kristalline Bestandteile, die sich aus einzelnen nicht aufgeschmolzenen Glasbestandteilen oder rekristallisierten Phasen bilden. Dazu zählen z.B. Calciumantimonatkristalle und nicht oder nur teilweise aufgeschmolzenes Siliciumoxid, die Dichte der vorhandenen Kristalle lässt das Glas opaque erscheinen⁴¹¹. An Perle 77 und 78 wurden einzelne Einschlüsse gezielt analysiert, um der Frage nach den färbenden und trübenden Bestandteilen nachzugehen⁴¹². Bei der Perle Nr. 77 wurden einzig erhöhte Calciumwerte von 23,91 Gew.% festgestellt, im Vergleich dazu konnten an Perle Nr. 78 sowohl erhöhte Magnesiumgehalte von 4,41 bis 10,53 Gew.% im Verbund mit Calciumgehalten von 18,62 bis 56,82 Gew.% konstatiert werden. Teilweise wurden diese Werte von erhöhten Phosphatanteilen von bis zu 2,23 Gew.% begleitet⁴¹³. Demnach wurde die weiße Farbeinlage der Perle Nr. 77 allein mit Calcium gefärbt, die Trübung des Glases wurde durch eine Vielzahl an Luftblasen unterstützt, dies ist deutlich auf Abbildung 5 zu erkennen.

⁴¹⁰ Ebd. 20.

⁴¹¹ Henderson 1993, 112 f., ders. 2000, 35 ff., Braun 1983, 164.

⁴¹² Vgl. dazu die Werte in Anhang III, Analyse Nr.: 19–25.

⁴¹³ Vgl. dazu Anhang III, Analyse 19–25.

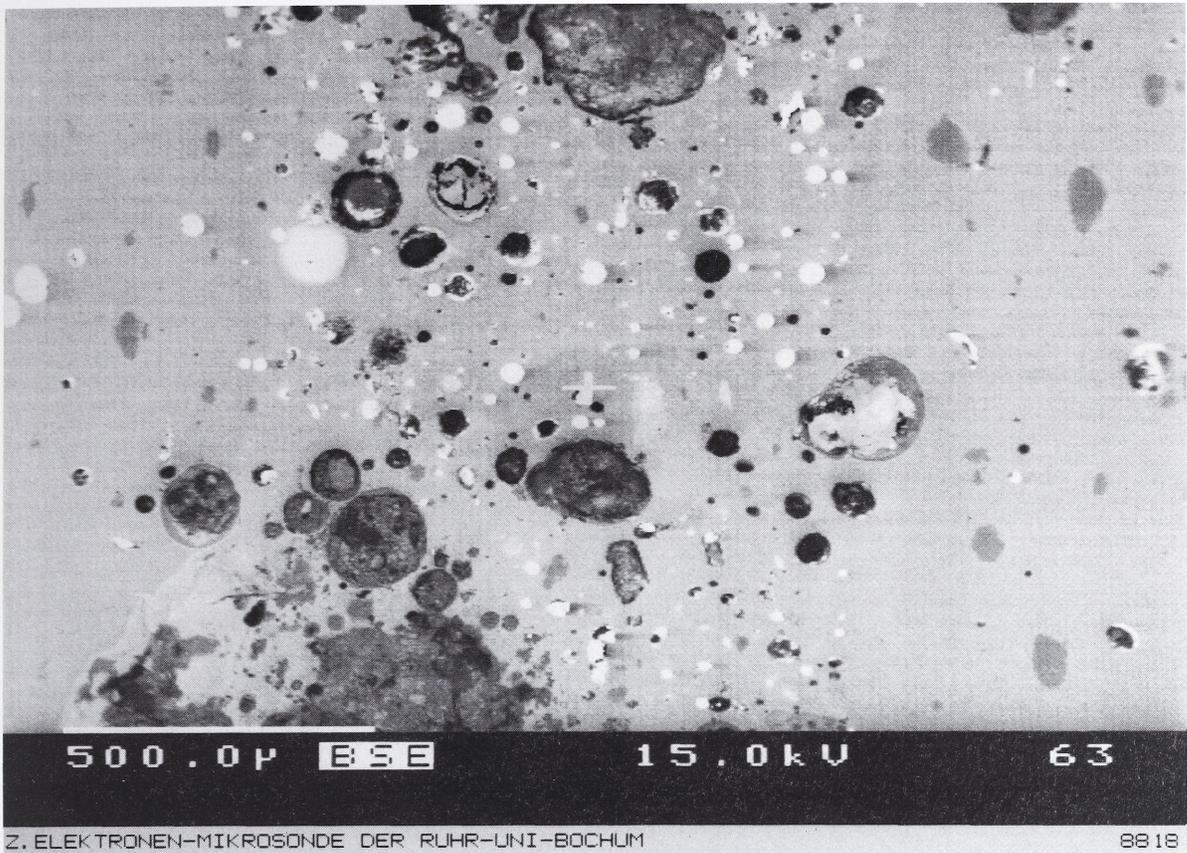


Abb. 6: Polierte Fläche Perle 78

Henderson hatte an den gemischt-alkalischen Gläsern aus Hauterive-Champréveyres ebenfalls nur erhöhte Calciumgehalte feststellen können, die Verwendung von Calciumantimonatkristallen, wie man sie für Gläser des 2. vorchristlichen Jahrtausends und später nachweisen kann, fand hier ebenso wie an den Allendorfer Exemplaren keine Bestätigung. Auch bei den schweizer Fundstücken war eine Vielzahl an Lufteinschlüssen für die Trübung verantwortlich⁴¹⁴.

Auf der Abbildung 6 sieht man ebenfalls sehr deutlich die Matrixunterschiede des blauen und weißen Glases der Perle Nr. 78. Das Kreuz markiert einen der direkt analysierten Einschlüsse. Die Vielzahl der auf der Abbildung hellen Einschlüsse ist sowohl für die Färbung als auch die Trübung des Glases verantwortlich, unterstützt wird der letztere Effekt durch eingeschlossene Luftblasen. Die Einschlüsse ähneln in ihrer Zusammensetzung Merwenit, da die Messwerte jedoch alle unterschiedlich sind, sind die Bestandteile wohl alle verglast. Auch die Verwendung von Dolomit ist in diesem Zusammenhang denkbar, dann wären die zum Teil erhöhten Phosphatanteile

auf nicht vollständig aufgeschmolzene Bestandteile der Alkalilieferanten zurück zu führen.

4.4.2. Die färbenden Bestandteile der Glasgruppe 2

Das Augenmerk richtet sich nun auf die vier unverzierten blauen Gläser der Glasgruppe 2a blau. Sie sind alle als translucent türkisblau zu beschreiben. An dem Diagramm 14 sind deutlich die färbenden Zuschläge abzulesen, auch hier wurde mit Kupfer in seiner oxidierten Form als Cu^{2+} gearbeitet⁴¹⁵. Die Kupfergehalte bewegen sich hier auf einem deutlich niedrigeren Niveau als bei den gemischt-alkalischen Gläsern, die Werte reichen von 0,76 bis zu 1,59 Gew.%. Sie werden zweimal von leicht erhöhten Kobaltwerten begleitet, die für die intensivere und etwas dunklere Färbung der Perlen Nr. 56 und 60 verantwortlich sind. Die Antimonanteile bewegen sich hier knapp ober- und unterhalb der Spurengrenze und sind insofern zu vernachlässigen.

⁴¹⁴ Henderson 1993, 113.

⁴¹⁵ Es handelt sich um die Perlen Katalog Nr.: 56, 58, 60, 71.

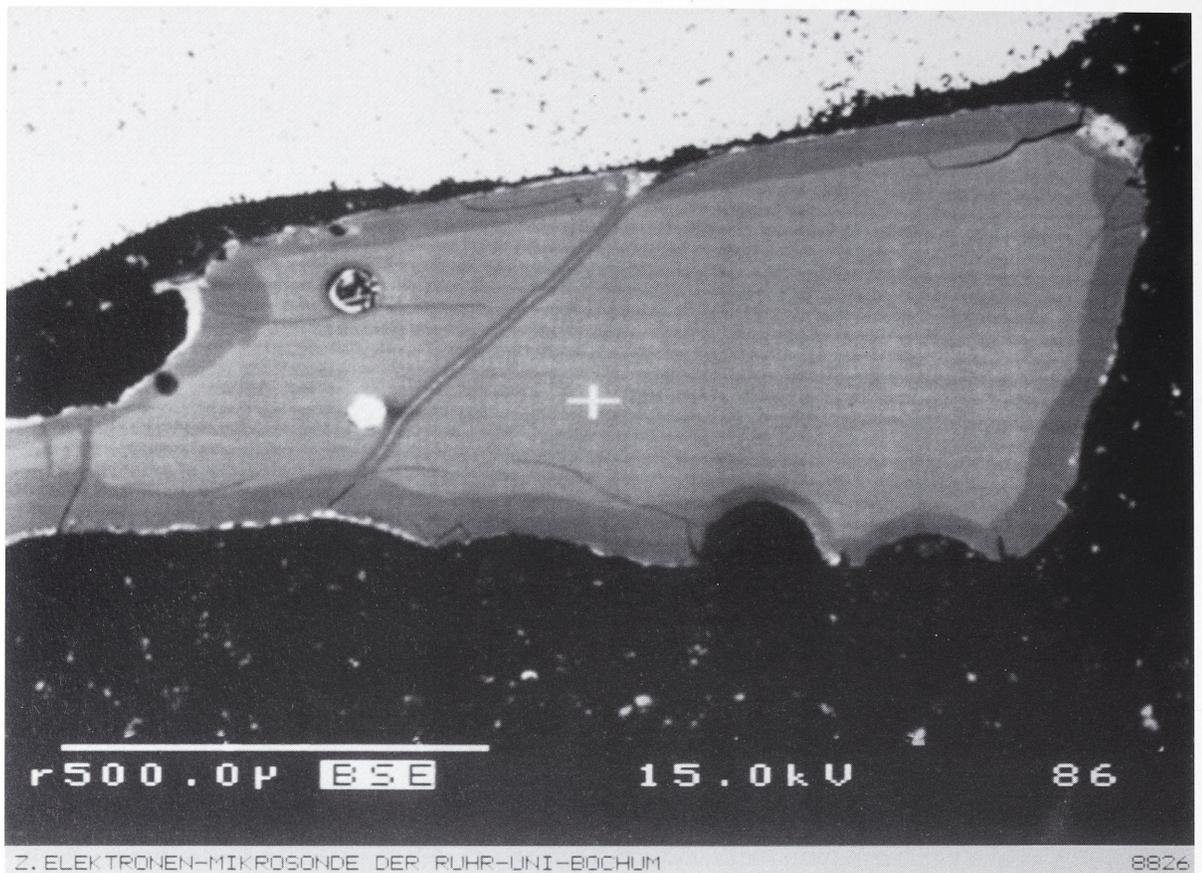


Abb. 7: Polierte Fläche Perle 71

Deutlich wird hier im Vergleich zu den gemischt-alkalischen Gläsern, dass wesentlich weniger Kupfer benötigt wurde um eine entsprechende Blaufärbung hervorzurufen, dies ist auf die Grundzusammensetzung der Gläser zurückzuführen. Hartmann konnte an Vergleichsfunden aus Hessen ebenfalls nur Kupfer als färbenden Bestandteil konstatieren⁴¹⁶. Es sind keinerlei Begleitbestandteile auszumachen, die die Zugabe des Kupfers weiter verifizieren könnten⁴¹⁷. Die transluzente Erscheinung eines dieser Gläser ist zu erklären, die Abbildung 7 der Perle 71 zeigt sehr deutlich die ausgesprochen homogene Gestaltung der Glasmatrix. Die verbleibenden drei Perlen sind allerdings stärker von Luftblasen durchzogen, dies hat die Durchsichtigkeit der Gläser aber nicht wesentlich beeinträchtigt.

Die opaque schwarzen Gläser der Glasgruppe 2a schwarz sind unterschiedlich dekoriert worden. Es handelt sich um drei opaque weiße und eine transluzente orange Farbeinlage. Schwarz erscheinendes Glas besteht häufig aus einem dicht gefärbten und dunklen violetten, blauen oder grünen Glas. Der Eindruck der Farbe Schwarz entsteht dann, wenn von der Rückseite kein Licht durch das Glas fallen kann⁴¹⁸. Im Streiflicht erscheinen die hier betrachteten Gläser an den rezenten Bruchkanten transluzent olivgrün.

Das Diagramm 16 zeigt deutlich, dass die Grundgläser durch einen hohen Zuschlag an Eisen gefärbt wurden⁴¹⁹. Die Eisengehalte reichen von 4,55 bis zu 13,59 Gew.%. In welcher Form das Eisen eingebracht wurde, muss offen bleiben, denkbar ist die Beimengung einer metallurgischen Schlacke oder aber die Verwendung eines eisenreichen Sandes. Es liegt bislang ein analysierter Vergleichsfund vor. Bei der transluzent dunkelgrünen Perle aus Hauterive-Champrévevres handelt es sich um ein magnesiumreiches Natron-Kalk-Glas, dass unter Zugabe von 7,1 Fe₂O₃ Gew.% eingefärbt wurde.

Die Eisengehalte reichen von 4,55 bis zu 13,59 Gew.%. In welcher Form das Eisen eingebracht wurde, muss offen bleiben, denkbar ist die Beimengung einer metallurgischen Schlacke oder aber die Verwendung eines eisenreichen Sandes. Es liegt bislang ein analysierter Vergleichsfund vor. Bei der transluzent dunkelgrünen Perle aus Hauterive-Champrévevres handelt es sich um ein magnesiumreiches Natron-Kalk-Glas, dass unter Zugabe von 7,1 Fe₂O₃ Gew.% eingefärbt wurde.

⁴¹⁶ Hartmann u.a. 1997, 555; Appendix, Analysen C, 6, 1300h.

⁴¹⁷ Auch hier machen sich die nicht durchgeführten Analysen auf Zinngehalte bemerkbar, so dass die Frage nach dem Zuschlag einer Bronze offen bleiben muss.

⁴¹⁸ Stern/Schlick-Nolte 1994, 21.

⁴¹⁹ Zur Glasgruppe 2a schwarz gehören die ersten sieben Perlen, zur Gruppe 2 b die letzten drei.

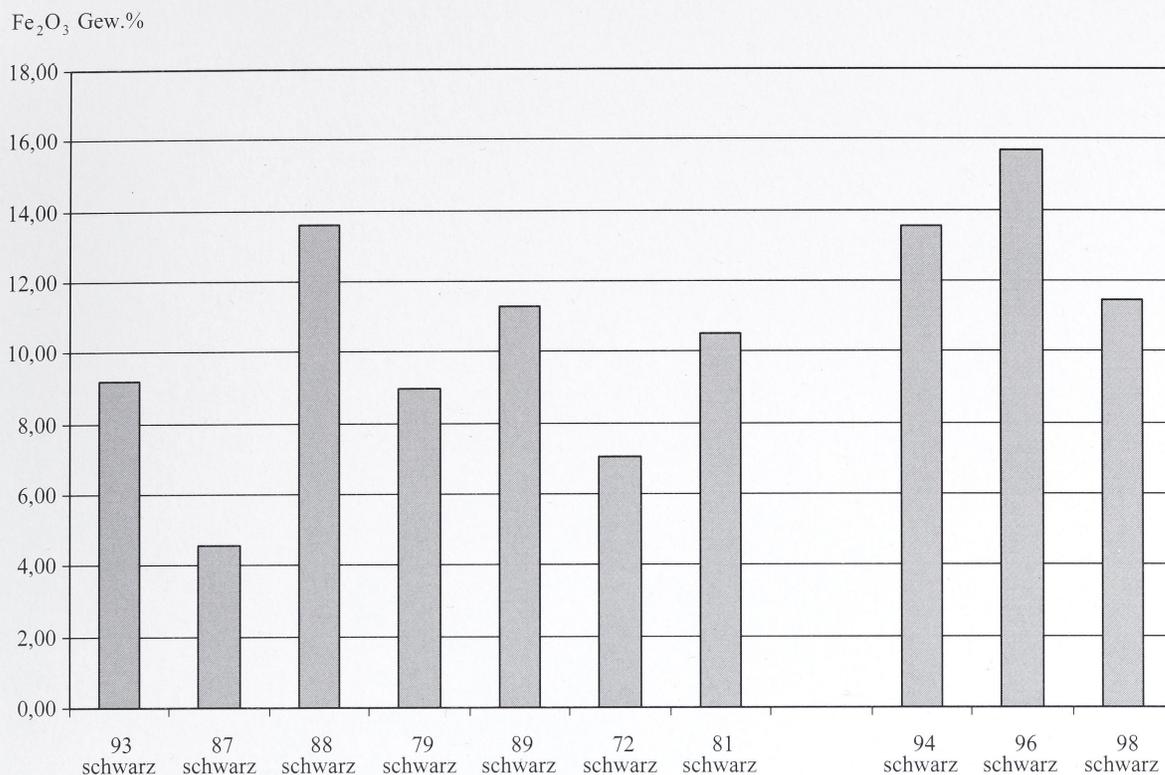


Diagramm 16: Glasgruppe 2a schwarz und 2b färbende Bestandteile der schwarzen Gläser in Gew.%

Neben den chemischen Übereinstimmungen entspricht auch der Perlentyp einzelnen Allendorfer Stücken der Glasgruppe 2a schwarz⁴²⁰. Die gezielten Analysen von Einschlüssen an den Perlen Nummer 81 und 89 erbrachten den Hinweis auf Amphibole, hierbei handelt es sich jedoch um Neubildungen im Glas⁴²¹. Eine Kathodenlumineszenzdarstellung der Eisengehalte der Perle 89 zeigte deutlich die dichte Verteilung der Eisenanteile im Grundglas. Diese dichte Färbung erklärt neben einzelnen Einschlüssen und mikroskopisch sichtbaren rezenten Sprüngen die Lichtundurchlässigkeit dieses Glases.

Dreimal wurden an den Gläsern der Gruppe 2a schwarz opaque weiße Farbeinlagen analysiert, an den Perlen 72 und 89 zusätzlich zur Grundmatrix, an der Perle 85 nur die Einlage. Dem Diagramm 15 sind deutlich die färbenden Zuschläge zu entnehmen. Unter der Zugabe von Antimon reagiert das im Glas vorhandene Calcium und bildet in der Form von Calciumantimonit oder Calciumantimonat feine Kris-

talle⁴²², die Dichte der Kristalle ist für die Trübung des Glases verantwortlich, auf der Abbildung 8 der Perle 72 ist deutlich die Vielzahl der antimonhaltigen Einschlüsse zu erkennen, das Kreuz markiert einen der direkt analysierten Calciumantimonateinschlüsse⁴²³.

⁴²⁰ Siehe dazu Henderson 1993, Analyse 37 Matrix; Taf. 122,8; es handelt sich hier augenscheinlich um eine Streifenperle, die die Farbeinlage verloren hat. Siehe dazu die Allendorfer Streifenperlen der Glasgruppe 2a schwarz: Taf. 20, 87, 88; 21, 89.

⁴²¹ Vgl. dazu die Analysewerte in Anhang III, 4–12; 16,17.

⁴²² Braun 1983, 164, Henderson 2000, 35.

⁴²³ Vgl. dazu die hohen Antimonwerte in Anhang III, 18.

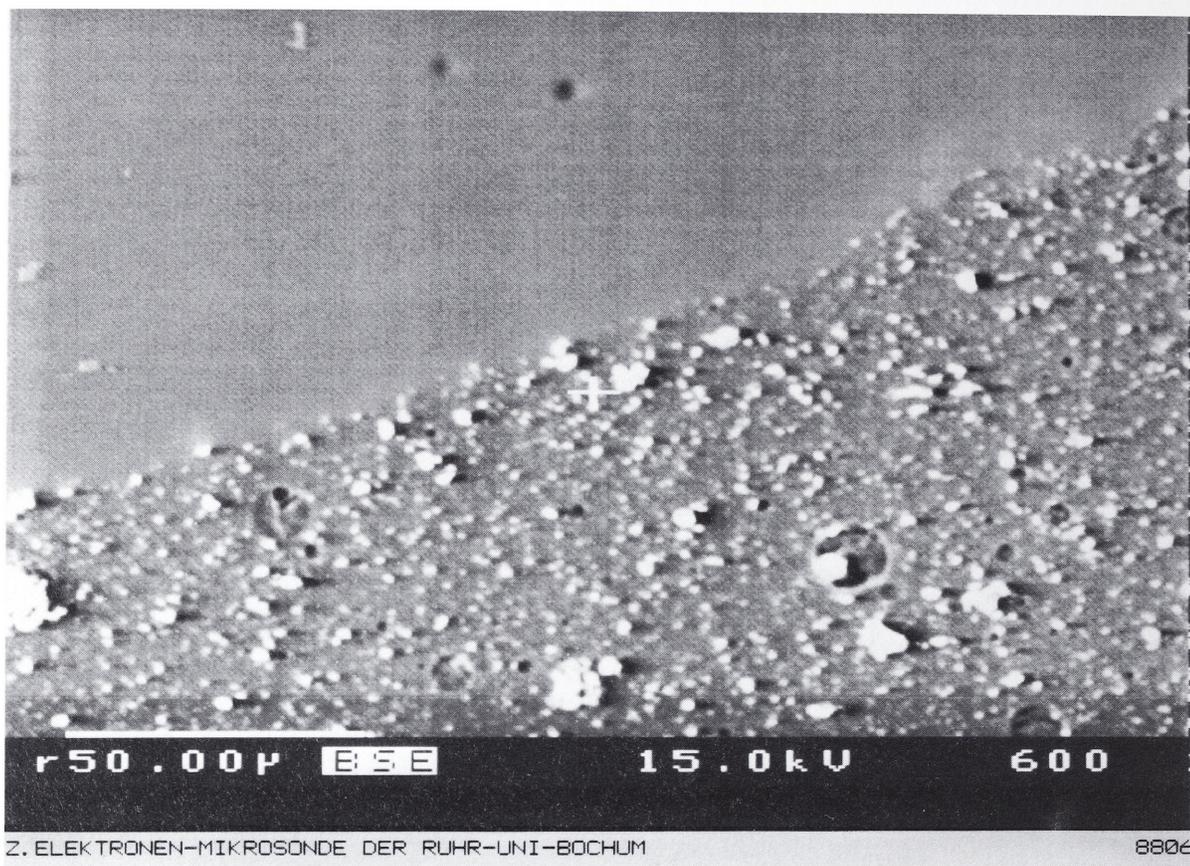


Abb. 8: Polierte Fläche Perle 72

Eine ähnlich dichte Verteilung von Kristallen innerhalb der weißen Matrix war an Perle 85 zu beobachten. Auch hier wurden einzelne dieser Einschlüsse direkt untersucht, und auch hier bestätigten Antimonergehalte von 44,43 bis zu 72,69 Gew.% im Verbund mit Calciumwerten von 9,17 bis 13,84 Gew.% die vermuteten Trübungs- und Färbemittel⁴²⁴. An einer der drei Dekoreinlagen sind die Magnesiumgehalte ca. 1,5 Gew.% höher als im dazugehörigen Grundglas. Alle drei Dekorgläser verfügen abgesehen von den färbenden Bestandteilen und einer daraus resultierenden Abnahme der Grundbestandteile über die gleiche chemische Zusammensetzung wie die Grundgläser der Glasgruppe 2a schwarz⁴²⁵.

Vergleicht man nun die weißen Gläser der Glasgruppe 1 mit den hier besprochenen, so werden die Unterschiede deutlich. Durch eine hohe Zugabe an Calci-

um erzielte man das gleiche Ergebnis wie durch die Beimengung von sehr viel Antimon.

Innerhalb der Glasgruppe 2a schwarz findet sich auch eine analysierte transluzente orange Farbeinlage an Perle 93. Die Abbildung 9 zeigt deutlich die bandförmig verlaufenden Einschlüsse innerhalb der Grundmatrix. Eine direkte Analyse der Einschlüsse ergab Bleiantimonat, eine Verbindung die natürlich als Bindheimit vorkommt⁴²⁶.

⁴²⁴ Siehe dazu die Analysedaten in Anhang III, 26–30.

⁴²⁵ Hierbei muss man auch noch berücksichtigen, dass die niedrigen Natriumwerte verantwortlich sind für die fehlerhaften Analysesummen. Die Zuordnung der analysierten Farbeinlage von Perle 85 zu dieser Glasgruppe erfolgte über einen Abgleich der Grundbestandteile mit den entsprechenden Durchschnittswerten der Glasgruppe 2a schwarz.

⁴²⁶ Henderson 2000, 35.

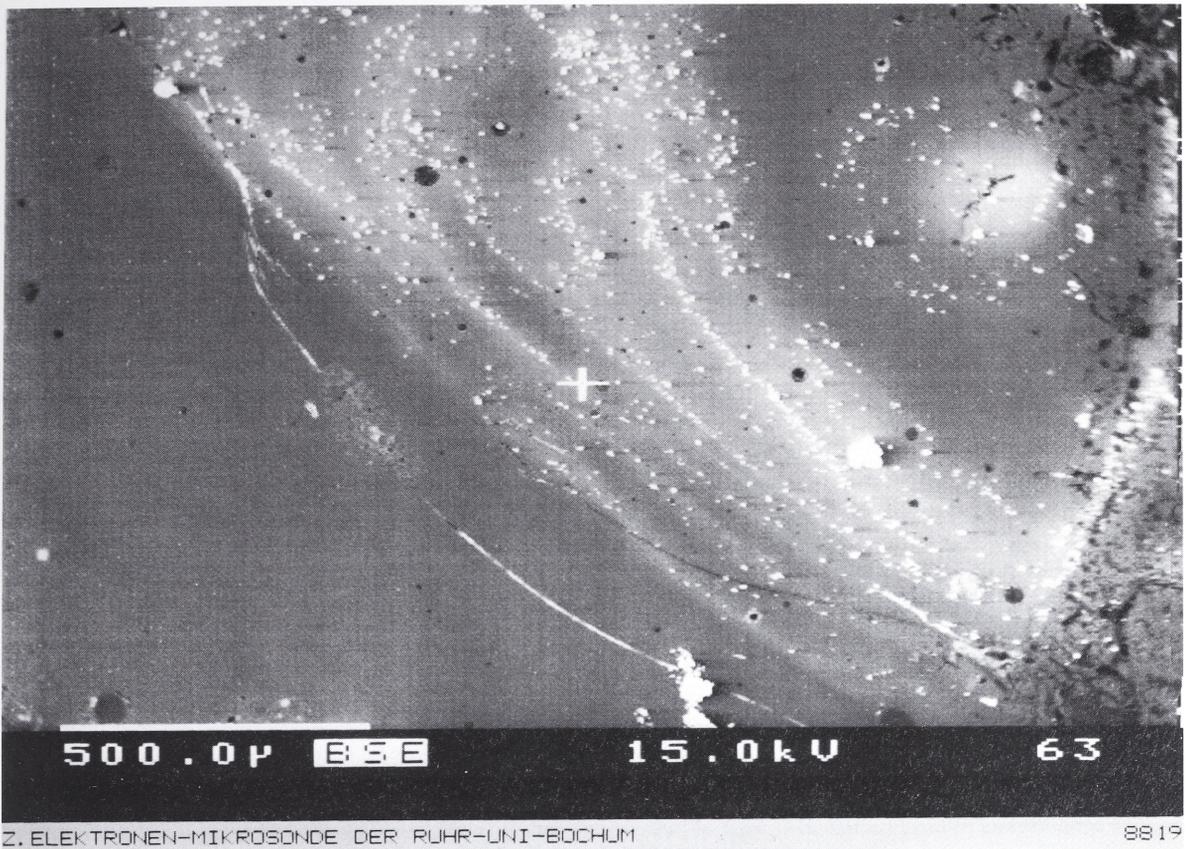


Abb. 9: polierte Fläche Perle 93

Die Analyse des Dekorgrundglases, dargestellt in Diagramm 17, zeigte darüber hinaus neben erhöhten Kupferanteilen einen erstaunlich hohen Wert für Mangan an. Dieser Bestandteil erklärt neben den Antimongehalten zum einen die Durchsichtigkeit des Glases. Allerdings wurde Mangan erst ab dem 2. Jh. v. Chr. anstelle von Antimon regelhaft als entfärbender Zuschlag in der Glasproduktion genutzt⁴²⁷. Darüber hinaus ist der Zuschlag von 1% Mangan oder mehr für die Färbung von purpurfarbigen Gläsern ab der Eisenzeit in Europa nachgewiesen⁴²⁸. Bleiantimonat allein würde eine opaque gelbe Farbe im Glas hervorrufen, erst in Verbindung bzw. Mischung mit den purpurrot färbenden Manganbestandteilen kann der hier angetroffene Orangeton erreicht werden. Hinzu kommen die erhöhten Kupferanteile, die innerhalb einer reduzierten Atmosphäre ebenfalls eine rote Färbung des Glases hervorrufen.

An den opaque schwarzen Gläsern der Gruppe 2b ist einmal an Perle 82 eine opaque gelbe und an Perle 94

eine opaque rote Einlage analysiert worden⁴²⁹. Hinsichtlich der schwarzen Grundgläser lassen sich hier die gleichen Feststellungen treffen, wie bei jenen der Glasgruppe 2a schwarz. Auch hier erscheinen die Gläser an den rezenten Bruchkanten und unter dem Mikroskop translucient olivgrün und auch hier finden sich färbende Eisenbestandteile von 11,42 bis zu 15,68 Gew.%, wie dem Diagramm 16 zu entnehmen ist. Damit liegen die Anteile des farbgebenden Zuschlages im Durchschnitt um 4,23 Gew.% höher, was sich auf das Mischungsverhältnis der Rohstoffe im Grundglas zurückführen lässt⁴³⁰. Denkbar ist auch hier die Verwendung eines eisenreichen dunklen Sandes oder die Zugabe einer metallurgischen Schlacke. Die dichte Färbung des Glases ist auch hier für das opaque Erscheinungsbild verantwortlich.

⁴²⁹ Die rote Einlage ist sehr klein und flach aufgetragen, sie erscheint auf dem Hintergrund des schwarzen Grundglases opaque.

⁴³⁰ Hier sind die wesentlich niedrigeren Magnesium- und Calciumgehalte im Grundglas der Gruppe 2b im Vergleich zur Gruppe 2a schwarz gemeint.

⁴²⁷ Sayre/Smith 1967, 301; Henderson 1985, 284 f.

⁴²⁸ Henderson 1985, 283.

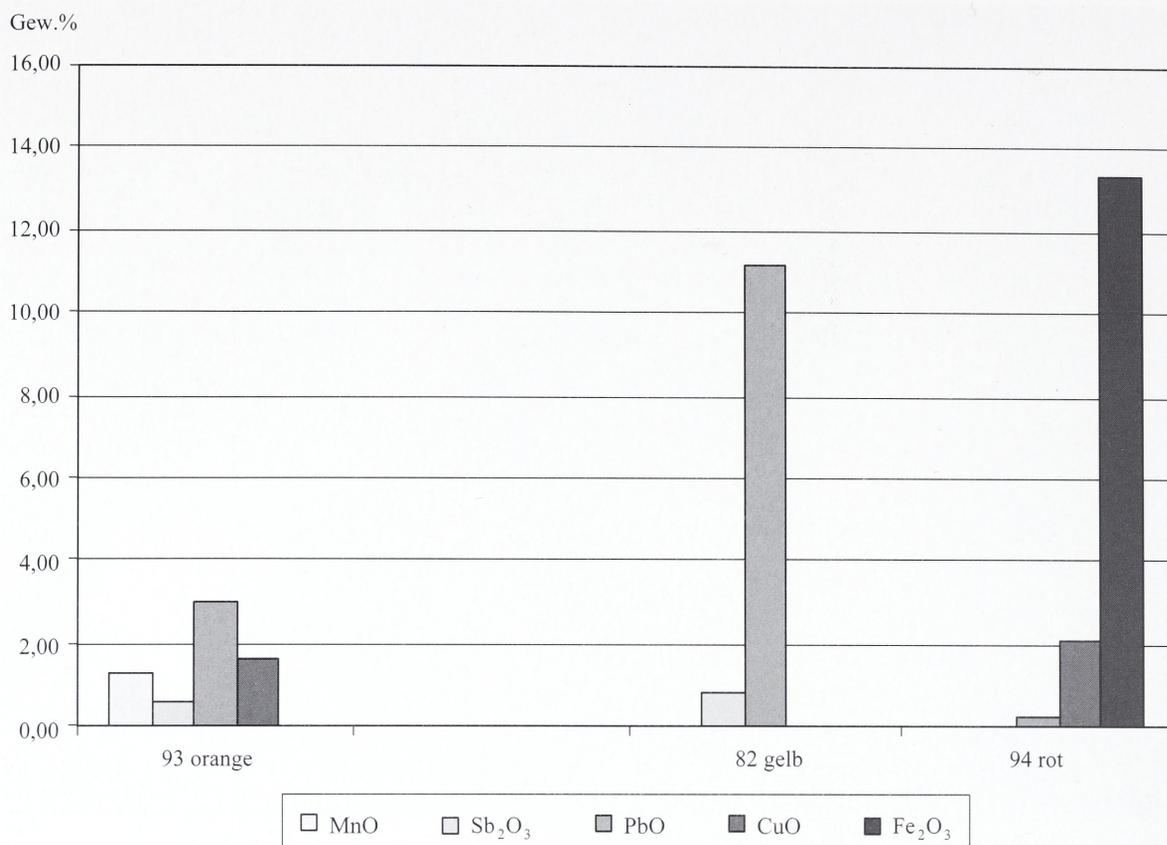


Diagramm 17: Glasgruppe 2a schwarz und 2b färbende Bestandteile der Dekoreinlagen in Gew.%

Die opaque gelbe Farbe der Dekoreinlage an Perle 82 ist durch die Zugabe von Bleiantimonat hervorgerufen worden; das Diagramm 17 stellt deutlich den hohen Anteil von 11,21 Gew.% PbO dar⁴³¹. Die braunrote Färbung der Farbeinlage an Perle 94 ist ausschließlich auf den Kupfergehalt von 2,07 Gew.% zurückzuführen, der in einer reduzierten Atmosphäre diese Rotfärbung hervorgerufen hat⁴³².

Beide Dekorgläser verfügen abgesehen von den färbenden Bestandteilen und einer daraus resultierenden Abnahme der Grundbestandteile über die gleiche chemische Zusammensetzung wie die Grundgläser der Glasgruppe 2b schwarz.

4.5. Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden die einzelnen Schritte der Untersuchung zusammengefasst und im Hinblick auf die eingangs formulierten Problematiken bezüglich Glastechnologie und deren Ursprung, Rohstoffbe-

schaffung und Nutzung lokaler Ressourcen sowie Glasrezeptur und Farbtechnologie ausgewertet. Darüber hinaus sollen die unter typenchronologischen Gesichtspunkten gewonnenen Ergebnisse mit jenen der chemischen Untersuchungen abgeglichen werden. Es ist hier noch einmal zu betonen, welches reichhaltige Spektrum an Glasperlentypen unterschiedlicher Provenienz durch den Allendorfer Hortfund in einem gemeinsamen Kontext zugänglich ist und das somit breit gefächerte Fragestellungen an einem einzigen Fundkomplex bearbeitet und zum Großteil geklärt werden können.

4.5.1. Ergebnisse Glasgruppe 1

Es handelt sich um gemischt-alkalische Gläser, hier als Glasgruppe 1 bezeichnet, die hinsichtlich der Grundbestandteile sehr homogen aus der Analyse hervorgingen. So konnte ein kaliumdominiertes Alkaligemisch mit einem durchschnittlichen Faktor von 0,60 festgestellt werden. Hinsichtlich der niedrigen Chlor- und Phosphatanteile sowie einer negativen Korrelation der zwei Alkalien wurde eine Mixtur aus

⁴³¹ Vgl. dazu die Analysewerte in Anhang II, Analyse 28.

⁴³² Siehe dazu die Werte in Anhang II, Analyse 32.

zwei aufbereiteten Pflanzenaschen eruiert. Eine solche Mischung ist auch für die Funde aus Hessen und Frattesina anzunehmen. Unterstützt wurde diese These an den Allendorfer Stücken durch die durchschnittlich niedrigen Magnesium- und Calciumanteile. Darüber hinaus wurde deutlich, dass lokal verfügbare Pflanzen wie Buche oder Farnkraut und *Salicornia europaea* dem Glashandwerker als Rohstoffe für die Alkalimixtur zur Verfügung standen. Den zweiten Hauptbestandteil lieferte ein sehr reiner Quarzsand, wie er sich z.B. in der heutigen Weserregion findet. Man kann von einem Mischungsverhältnis von 2:1 oder 3:1 ausgehen.

Hinsichtlich der färbenden Bestandteile wurde Kupfer in seiner oxidierten Form ausgemacht, die Klärung der Schmelze erfolgte über die entsprechenden Antimongehalte, die jedoch als Begleitbestandteil des kupferhaltigen Erzes in die Schmelze gelangten. Die dunkelblau gestalteten Gläser sind über die Zugabe von Kupfer in Begleitung von erhöhten Nickel- und Kobaltwerten eingefärbt worden, die direkte Analyse eines Einschlusses ergab den Hinweis auf ein Sulfid wie Sulfospinell. Die opake weißen Einlagen dieser Gläser sind durch erhöhte Calciumgehalte charakterisiert. Die Trübung der Gläser entstand durch nicht aufgeschmolzene Einschlüsse sowie eine Vielzahl von Luftblasen.

Es tritt deutlich eine unabhängige europäische Glasproduktion zu Tage, dieser Sachverhalt ließ sich noch weiter unterstreichen: die Allendorfer Stücke zeigten im Abgleich mit Vergleichsfunden, dass sich die gemischt-alkalischen Gläser insgesamt in einem sehr engen Rahmen bezüglich der Alkalien und der Stabilisatoren bewegen, was auf eine einheitliche Rezeptur dieser Gläser in Europa schließen ließ. Hinsichtlich der Funde aus der schweizer Seerandstation Hauterive-Champréveyres besteht die größte Verwandtschaft mit den Allendorfer Fundstücken. Dieses Glas ist mittlerweile in spätbronzezeitlichen Fundkomplexen in England, Irland, Frankreich, der Schweiz, Deutschland und Italien nachgewiesen. Allerdings liegt erst aus Norditalien der Nachweis einer glasproduzierenden Werkstatt vor: es handelt sich um die Siedlung von Frattesina bei Rovigo in der Poebene. Hierher stammen die ersten Funde, die eine Glasproduktion vor Ort belegen. Schmelzriegel mit anhaftenden Glasresten, Rohglasbarren in Scheibenform und Glasabfälle sowie Analysen dieser Glasreste belegen die Verarbeitung und Herstellung gemischt-alkalischen Glases in dieser Region. Weitere Hinweise zur Glasarbeit stammen ebenfalls aus Norditalien, aus Mariconda di Melara⁴³³.

Obwohl für die Spätbronzezeit bislang nur Frattesina als produzierende Glaswerkstatt in Betracht kommt, muss nicht jedes gemischt-alkalische Glas dorthin stammen. Vielmehr muss von einer wesentlich älteren und weiter verbreiteten Glasproduktion in Europa ausgegangen werden. Die neuesten Analysen an zehn Exemplaren aus der Grotte de Bringairet, bei Armisson, Dept. Aude belegen die Existenz gemischt-alkalischer Gläser in Frankreich ab der Mittelbronzezeit⁴³⁴. Frattesina könnte demnach eher als Endpunkt oder Höhepunkt innerhalb dieser Entwicklung gesehen werden.

Bringt man nun die auf analytischem Wege erzielten Ergebnisse mit jenen der vorangegangenen typenchronologischen zusammen, so entsteht ein sehr klares und schlüssiges Bild: die typischen Vertreter der Urnenfelderkultur wie Pfahlbautönnchen, Pfahlbaunoppenperlen und Ringchenperlen sind aus gemischt-alkalischem Glas hergestellt. Vereinzelte Vergleichsfunde zu den eher unspezifischen Ringchenperlen stammen aus Hessen: zum einen die Ringchenperlen aus Borken-Kleinenglis, zum anderen die fragmentierten Ringperlen aus Lohfelden-Vollmarshausen⁴³⁵. Die größte Anzahl an Vergleichsfunden stammt aus der Schweiz, aus Hauterive-Champréveyres. Auch hier sind die Pfahlbaunoppenperlen und Pfahlbautönnchen auf eine gemischt-alkalische Glasrezeptur zurückzuführen. Es bestätigt sich nun auch an den Allendorfer Exemplaren auf analytischem und typenchronologischem Wege, dass es sich um europäische Glasperlentypen handelt, deren Herstellung auf eine lokale eigenständige Glashandwerkskunst zurückzuführen ist. Dieses Glas hat man sehr wahrscheinlich aus örtlich verfügbaren Rohstoffen hergestellt⁴³⁶.

So begegnet man hier einer unabhängigen, in Europa entstandenen Glashandwerkskunst, die ihre eigenen und ganz speziellen Perlentypen hervorbrachte. Eine Verbreitungskarte der zwei Haupttypen macht deren Ursprung in Europa noch einmal deutlich. Fundzentren liegen im Bereich der Schweiz, Frankreich und Deutschlands. Darüber hinaus finden sich einzelne Fundzentren an der nördlichen Adria und in Norditalien⁴³⁷. So etwas hatte man bislang nur für den Vorderen Orient, Ägypten und das Mediterraneum ange-

⁴³⁴ Ebd.: Ein Faiencefund aus dem Tumulus von Run-ar-Justicou in Frankreich, der wahrscheinlich an den Übergang zur mittleren Bronzezeit datiert wird, scheint ein Bindeglied zwischen Faience und Glasherstellung im Bereich der gemischt-alkalischen Zusammensetzung zu sein.

⁴³⁵ Hartmann u.a. 1997, 548 m. Abb. 4.

⁴³⁶ Dies bestätigen auch die typischen Perlen aus Hauterive-Champréveyres, Henderson 1993, 114.

⁴³⁷ Bellintani u.a. 2001, 64.

⁴³³ Bellintani u.a. 2001, 9 f.

nommen. Das ein Technologietransfer aus diesen Regionen nach Europa stattfand, rückt immer mehr in den Hintergrund, vielmehr ist primär davon auszugehen, dass auch hier aus der Faienceherstellung die Glaskunst hervorging⁴³⁸.

4.5.2. Ergebnisse Glasgruppe 2

Bei dieser Glasgruppe handelt es sich durchweg um Natron-Kalk-Gläser. Die Unterschiede in der Farbgebung, bestätigt durch die chemische Zusammensetzung, erlaubten eine Differenzierung in drei Untergruppen. Allen drei Gruppen ist ein kennzeichnend hoher Natriumanteil von 14,03 bis zu 19,54%* gemeinsam, dieser wird von niedrigen Kaliumwerten zwischen 1,10 und 1,86%* begleitet. Die Perlen der Glasgruppe 2a unterscheiden sich hinsichtlich der Magnesium- und Calciumwerte von denen der Gruppe 2b. Demnach können die Gläser als magnesiumreiche bzw. magnesiumarme Natron-Kalk-Gläser bezeichnet werden.

Die Gläser der Glasgruppe 2a blau sind hinsichtlich der Korrelation der Magnesium- und Calciumgehalte sowie der Werte für Aluminium und Eisen über einen entsprechend angereicherten Sand oder Sandstein im Verbund mit einer entsprechend gehaltarmen Pflanzenasche hergestellt worden. Bislang ging man in der Forschung davon aus, dass die Stabilisatoren primär über die Pflanzenasche eingebracht wurden, dies konnte deutlich widerlegt werden. Dennoch ist das Glas in seiner eigentlichen Grundzusammensetzung ein typischer Vertreter des 2. und 1. Jahrtausends v. Chr., wie es sich im nahen Osten und im Mittelmeerraum findet. Der Vergleich mit bekannten Versuchsschmelzen hinsichtlich der Mischungsverhältnisse der Rohstoffe erbrachte keine Ergebnisse.

Bei diesen Gläsern wurde hinsichtlich der Färbung mit Kupfer in seiner oxidierten Form als Cu^{2+} gearbeitet. Hier finden sich deutlich niedrigere Gehalte im Vergleich zu den gemischt-alkalischen Gläsern gleicher Farbe. Dies ist in der Grundzusammensetzung der Natron-Kalk-Gläser begründet, die nur einen geringeren Anteil an Kupfer zur Farbgebung benötigen. Zweimal werden die Kupfergehalte von leicht erhöhten Kobaltwerten begleitet, diese sind für die intensivere und dunklere Türkisfärbung der Perlen verantwortlich. Es ließen sich keine weiteren Bestandteile ausmachen, die die Form der Kupferzugabe weiter verifizieren könnten.

Bei diesen vier Perlen handelt es sich zum einen um das Fragment einer Melonenperle. Diese bilden nur eine kleine Gruppe innerhalb der urnenfelderzeitlichen Perlen und bleiben bis in die römische Zeit sehr selten. Die wenigen Vergleichsfunde stammen aus den schweizer Seerandstationen, vereinzelt aus Frankreich und Deutschland. Es liegen allerdings keine chemischen Vergleichsdaten dieses Perlentypus vor. Das hier verwendete Glas geht weitgehend auf die bekannte Rezeptur der Natron-Kalk-Gläser zurück, wie sie im Nahen Osten und im Mittelmeerraum angewandt wurde. Hinsichtlich der lückenhaften Forschungslage dieses Perlentypus kann nicht geklärt werden, ob die Perle oder aber nur das Rohglas importiert wurde, letzteres ist wahrscheinlicher. Ähnliches gilt für die verbleibenden drei Perlen, die in ihrer Gestaltung eher unspezifisch sind, einzelne Vergleichsfunde stammen wieder aus den schweizer Seerandstationen.

Die Gläser der Gruppe 2a schwarz sind aufgrund der gemeinsamen Korrelation von Natrium, Magnesium, Calcium und Phosphaten, stellenweise von Kalium- und Chlorwerten begleitet, mit einer magnesiumreichen Pflanzenasche wie *Salicornia herbacea* hergestellt worden. Dies wird auch durch die negative Korrelation der Siliciumwerte zu den übrigen Bestandteilen bestätigt. Es handelt sich hier um das typische Glas des 2. und 1. Jahrtausends v. Chr., wie es sich im nahen Osten und im Mittelmeerraum findet. Die nächsten Vergleichsfunde stammen aus Nordhessen und aus Hauterive-Champréveyles, es handelt sich hier ebenfalls um eine mit einem hohen Zuschlag an Eisen dunkelgrün gefärbte Perle. Der Vergleich mit bekannten Versuchsschmelzen hinsichtlich der Mischungsverhältnisse der Rohstoffe erbrachte keine direkten Übereinstimmungen.

Die Gläser der Gruppe 2b schwarz sind in erster Linie als magnesiumarme Natron-Kalk-Gläser zu bezeichnen, allerdings sprechen die erhöhten Phosphat- und Chlorgehalte, sowie die hohen Kaliumanteile gegen ein mineralisches Alkali und auch hier für die Verwendung einer Pflanzenasche, jedoch ohne die entsprechend hohen Magnesiumgehalte. Ein Abgleich der Grundbestandteile ließ keine Zusammenhänge erkennen. Die erhöhten Kaliumwerte unterscheiden diese Allendorfer Perlen ebenso von zeitgleichen Gläsern aus Hessen und Niedersachsen. Es handelt sich hier nur formal um magnesiumarme Natron-Kalk-Gläser. Das heißt, man kann die Allendorfer Gläser nicht so einfach in den weiteren zeitlichen Kontext dieser Glasgruppe einordnen. Man geht in der Forschung weitgehend davon aus, dass ein Rohstoffwandel von der Pflanzenasche zum mineralischen Alkali auch einen zeitlichen Einschnitt mar-

⁴³⁸ Ebd. 8 f.

kiert; bezüglich Europa geht man von einem Prozess zwischen dem 8. und 7. Jh. v. Chr. aus⁴³⁹.

Alle schwarzen Perlen sind durch einen sehr hohen Zuschlag an Eisen gefärbt worden. Die Werte variieren stark zwischen 4,55 und 13,59 Gew.%. Über die Art des Zuschlages können keine sicheren Aussagen getroffen werden, denkbar ist die Zugabe einer metallurgischen Schlacke oder aber die Verwendung eines stark eisenhaltigen Sandes. Die weißen Farbeinlagen an den schwarzen Perlen entstanden durch die Zugabe von Antimon, das im Glas vorhandene Calcium reagierte und es bildeten sich in Form von Calciumantimonit oder Calciumantimonat feine Kristalle. Die durchscheinend orange Farbeinlage an Perle 93 entstand zum einen durch Bleiantimonat, eine Verbindung die natürlich als Bindheimit vorkommt. Darüber hinaus fanden sich hier hohe Werte für Mangan, diese erklären die Durchsichtigkeit der Farbeinlage und den orangen Ton. Man kennt die Beimischung von Mangan an purpurfarbenen Gläsern der Eisenzeit in Europa. Einmal findet sich eine opake gelbe Dekoration, die durch die Zugabe von Bleiantimonat entstand, eine opake rote Einlage geht auf die Färbung mit Kupfer in reduzierter Atmosphäre zurück.

Unter typenchronologischen Gesichtspunkten ließen sich die schwarzen Perlen kaum präziser einordnen. Es existieren nur wenige Vergleichsfunde, diese sind singulär und weit über Europa verstreut. So stammen einzelne Entsprechungen aus Italien, Griechenland, der Schweiz und Deutschland. Bis auf einen Fund liegen zu den übrigen keine chemischen Analysen vor. Dieser analysierte Vergleichsfund stammt aus Hauterive-Champrevéyres, es handelt sich um eine dunkelgrüne Perle mit ehemals umlaufendem weißen Farbband, die Analyse ergab das typische magnesiumreiche Natron-Kalk-Glas, wie es auch die Gläser der Gruppe 2a schwarz aufweisen. Auch hier wurde durch einen hohen Zuschlag an Eisen gefärbt. In Anbetracht der derzeitigen Forschungslage kann man nur einen Import der Perlen vermuten. Die chemische Zusammensetzung der Gläser verweist auf einen Ursprung im mediterranen Raum oder dem Vorderen Orient, die wenigen Vergleichsfunde lassen jedoch derzeit keinen Ursprungsort dieser Perlentypen erkennen. Vielmehr trifft man im Allendorfer Hortfund die bislang größte Anzahl dieser Perlengattungen an.

Die eingangs festgestellten äußerlichen Qualitätsunterschiede an den blauen und schwarzen Perlen lie-

ßen sich anhand der chemischen Profile nicht bestätigen. Vielmehr verfügen alle drei Glasgruppen über unterschiedliche Qualitäten, die wiederum divergierende Korrosionserscheinungen bedingen.

Fasst man die in diesem Kapitel dargestellten Sachverhalte zusammen, so entsteht folgendes Bild: die typenchronologischen Ergebnisse hinsichtlich des Ursprungs und der Verbreitung der unterschiedlichen Perlentypen ließen sich durch die chemischen Analysen bestätigen. Die typischen Urnenfelderperlen stehen im Kontext einer eigenständigen europäischen Glashandwerkskunst, deren Ursprung ebenfalls in Europa zu finden und mit der Herstellung der Faience zu verknüpfen ist. Damit sind diese Allendorfer Perlen in den immer größer werdenden Fundkontext der gemischt-alkalischen Gläser einzureihen. Einzelne Vergleichsfunde stammen ebenfalls aus Hessen, die größte Anzahl findet sich jedoch in der schweizer Seerandstation Hauterive-Champrevéyres.

Ferner stellte sich heraus, dass ein quantitativ seltener Typus wie die Melonenperle und andere eher unspezifische blaue Perlen aus dem typischen Natron-Kalk-Glas gefertigt wurden, wie man es für die Zeitspanne 1500 bis 800 v. Chr. im Mittelmeerraum und im Vorderen Orient kennt und dass in diesem Zusammenhang zumindest von einem Import des Glases auszugehen ist. Außerdem konnte hier die Frage nach den Rohstoffen weiter verifiziert werden. Hinsichtlich der großen Gruppe der schwarzen Perlen wurden erst durch die Analysen Ergebnisse sichtbar. So traf man hier die magnesiumreiche als auch die magnesiumarme Variante des Natron-Kalk-Glases an. Es ist in der neueren Forschung bekannt, dass die erste Form mit einer Übergangsphase von der zweiten abgelöst wird. Das Zusammentreffen dieser beiden Gläser in einem Hortfund bestätigt diese These.

Hinsichtlich der Datierung der einzelnen Perlen- und Glastypen kann man folgende Aussagen treffen: Die typischen Urnenfelderperlen wie Pfahlbautönnchen und Pfahlbaunoppenperlen setzen bekanntlich vereinzelt in HaA ein, die Masse der Funde stammt allerdings aus HaB-zeitlichen Zusammenhängen. Die so genannten Kreisaugenperlen sind typologisch in Deutschland erst ab der Phase HaC zu fassen, in Italien setzen sie bereits um 900 v. Chr. ein; die Masse der Funde ist jedoch im 8. und 7. Jahrhundert auszumachen.

Die Röhrenperlen besitzen singuläre Vergleichsfunde in Cumae, die dort an die Wende vom 9. zum 8. Jahrhundert datiert werden. Vergleichsfunde zu den Streifen- und Tupfenperlen stammen aus geometrischen Grabfunden, eine weitere Tupfenperle stammt aus Schleswig-Holstein und wird dort in die Periode

⁴³⁹ Henderson 1989, 41 ff. Bezüglich der bronzezeitlichen Fundplätze des Mediterraneums ist die strikte Trennung zwischen diesen zwei Arten von Natron-Kalk-Gläsern ebenfalls nicht mehr so eindeutig. Siehe dazu Henderson 2000, 56 ff m. Abb. 3.28.

III datiert. Die übrigen magnesiumreichen Natron-Kalk-Gläser, hier durch monochrom blaue und einen Großteil der schwarzen Perlen vertreten, lassen sich durch ihr chemisches Profil innerhalb der Zeitspanne 1500 bis 800 v. Chr. einordnen. Die magnesiumarmen Natron-Kalk-Gläser, hier durch drei schwarze Perlen vertreten, lösen diese im Zeitraum von 800 bis 750 v. Chr. ab. Die jüngsten Perlen sind demnach die Kreisaugenperlen und ein Teil der schwarzen Perlen, die über ihr chemisches Profil an das Ende der Urnenfelderzeit und den Übergang zur Hallstattzeit zu setzen sind.