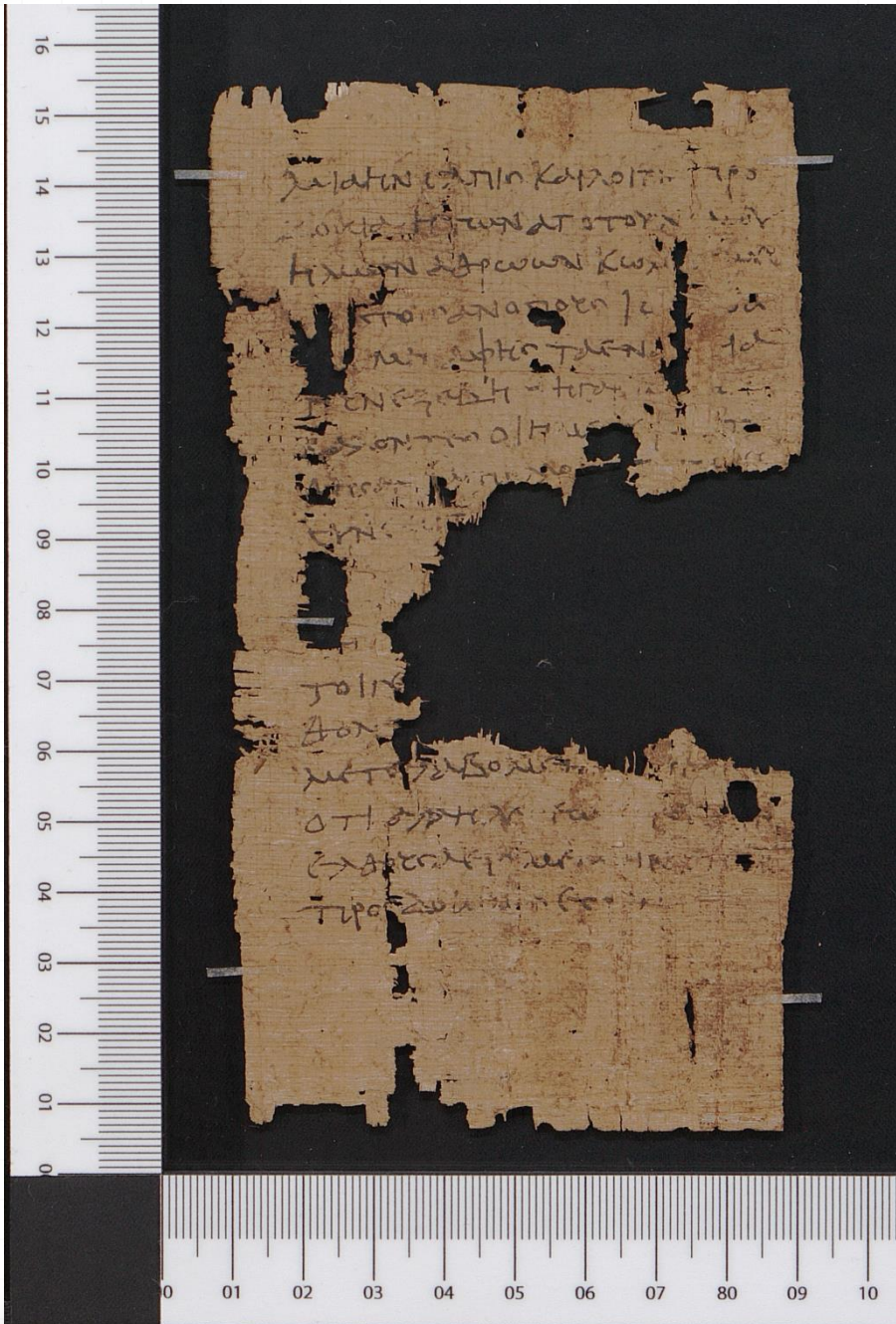


**Aber bitte ohne
Salz!
Die Bremer Papyri
glasklar.**



Bibliothekartag 2018

Staats- und Universitätsbibliothek Bremen, Dr. Maria Hermes-Wladarsch



Papyrus, der älteste Bestand der SuUB
Bremen (hier: P.brem.40)

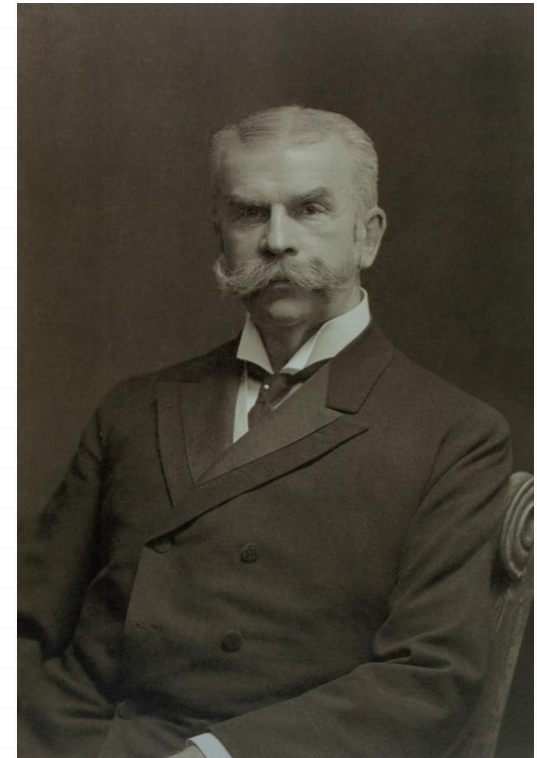
Die Bremer Papyri glasklar

Ziele:

1. Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung der Bremer Papyri
2. Unterbringung der neu verglasten Fragmente in adäquaten Schutzkartonagen
3. Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser;
4. Vermittlung der Projektergebnisse in einer Wanderausstellung.

Ausgangslage und Zielsetzung

Die Bremer Stadtbibliothek um 1900



Hermann Melchers

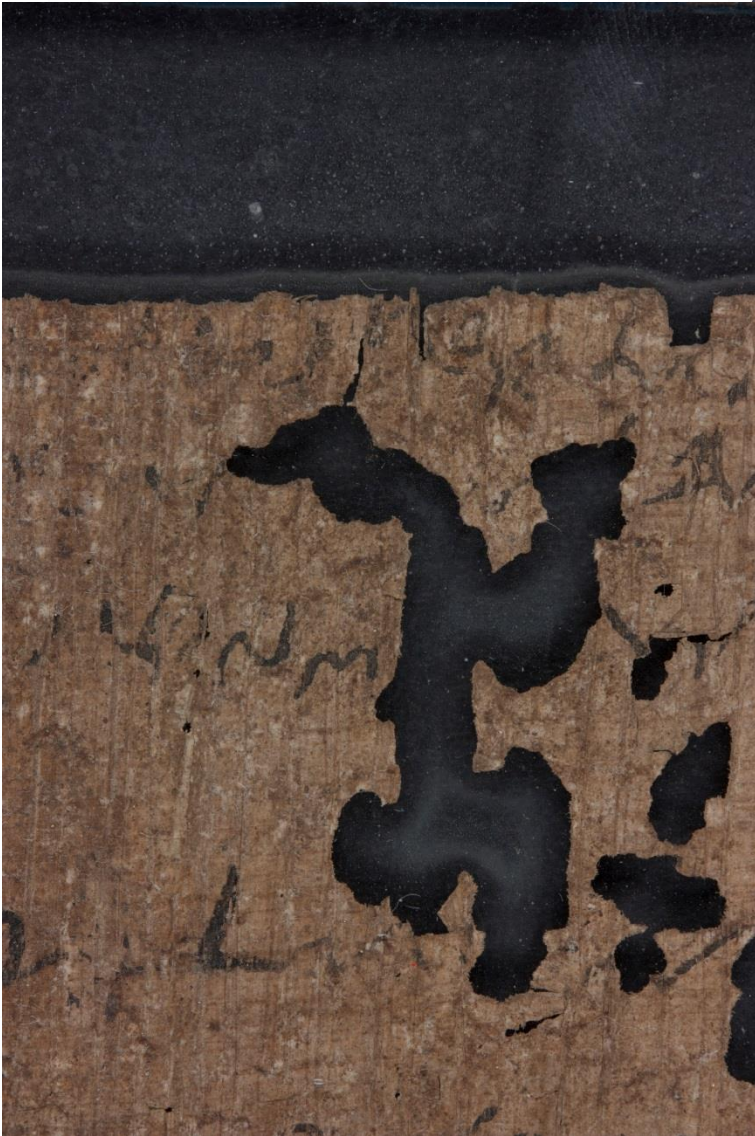
*Hermes-Wladarsch - Die Bremer
Papyri glasklar*

Ausgangslage und Zielsetzung

Gesprungener Glasrahmen vor der
Neuverglasung



Ausgangslage und Zielsetzung



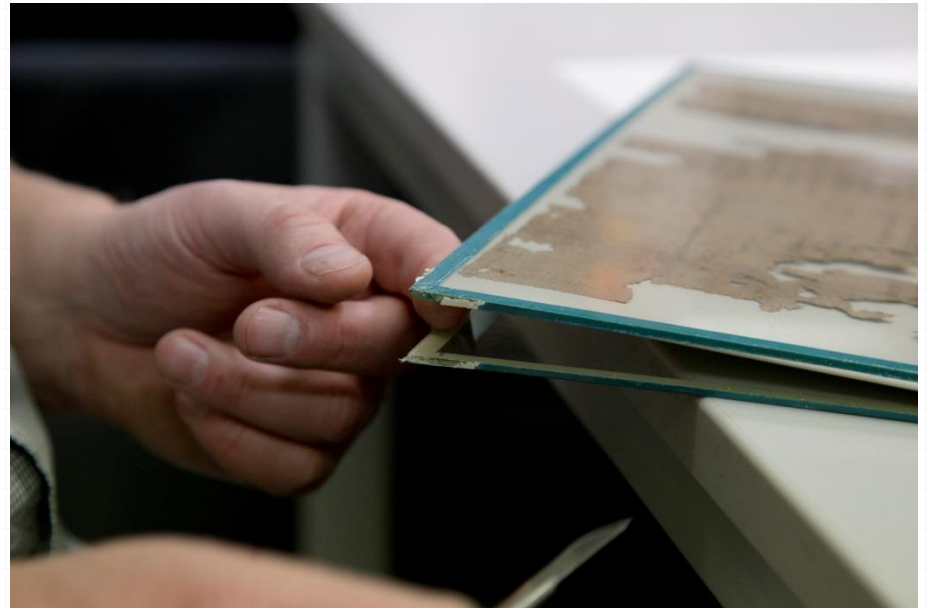
Unerwünschte grau-weiße Ablagerungen auf den Papyrusfragmenten

*Hermes-Wladarsch - Die Bremer Papyri
glasklar*

Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



Öffnen der historischen Verglasungen

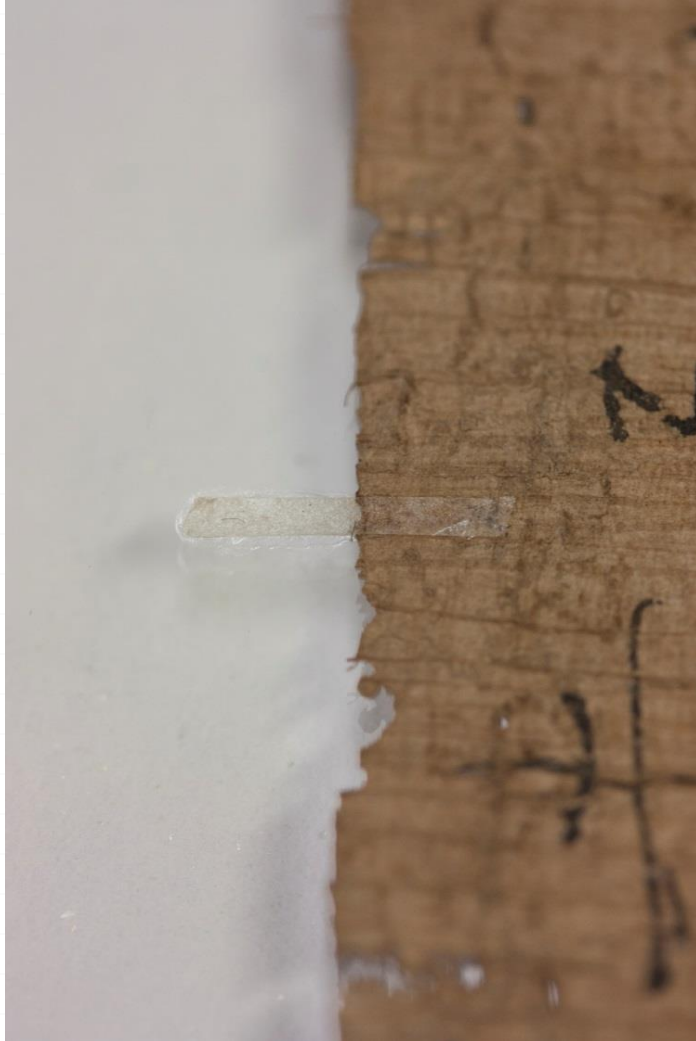


Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



Loslösen der alten Klebepunkte

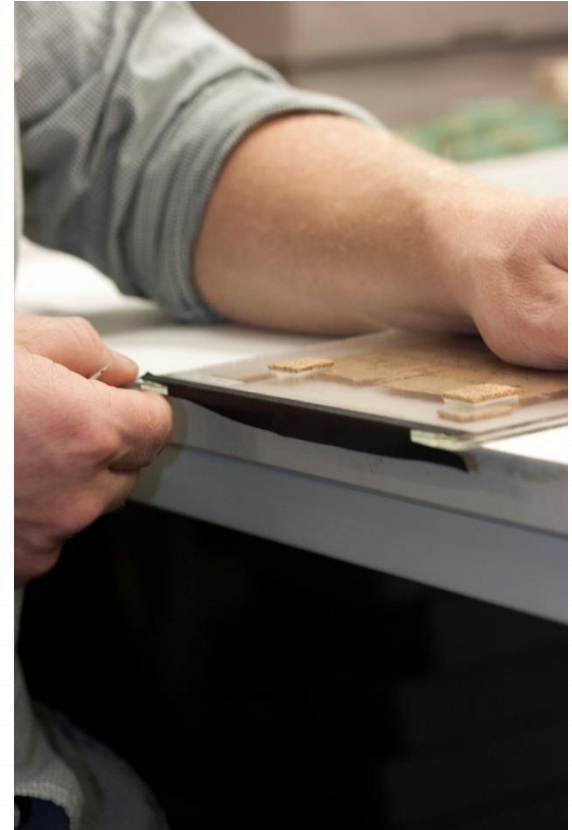
Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



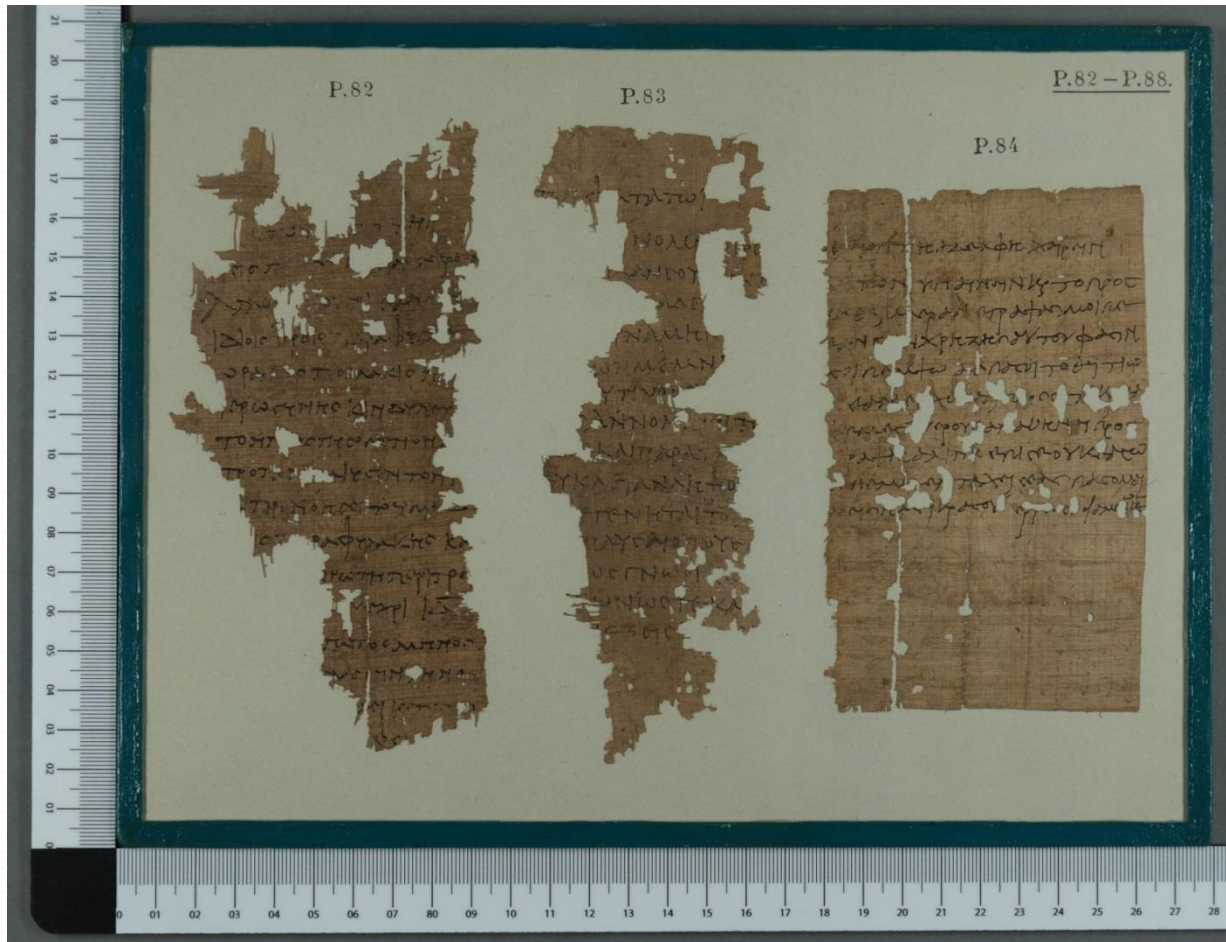
Fixierung der Fragmente mit schmalen Streifen aus Japanpapier

Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung

Anfeuchten des Shirtingbandes für die Rändelung

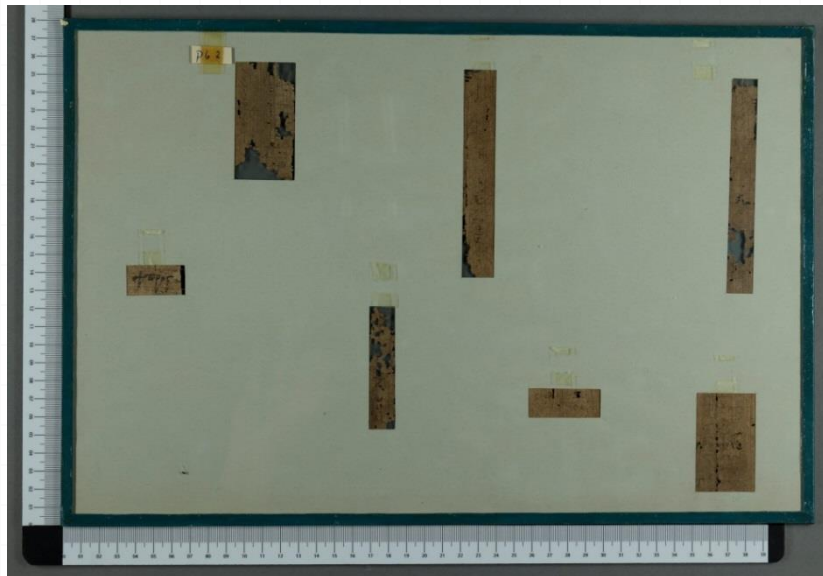
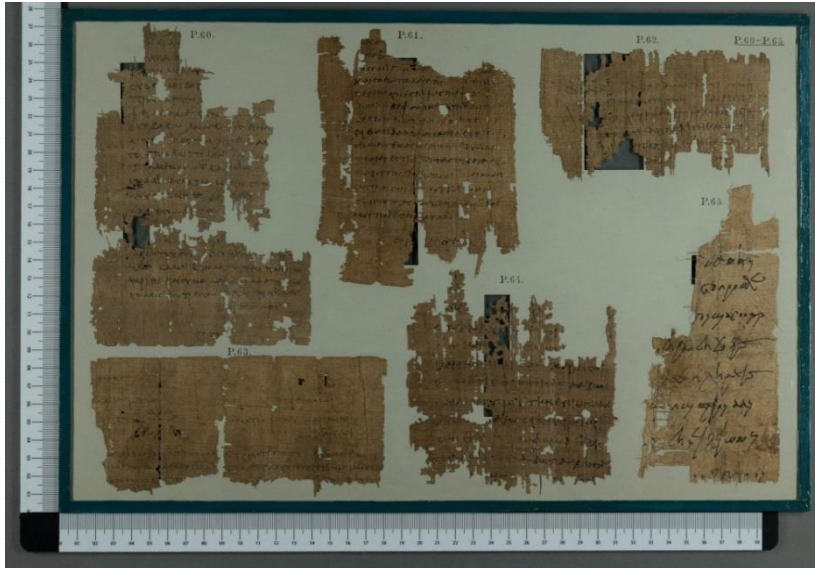


Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



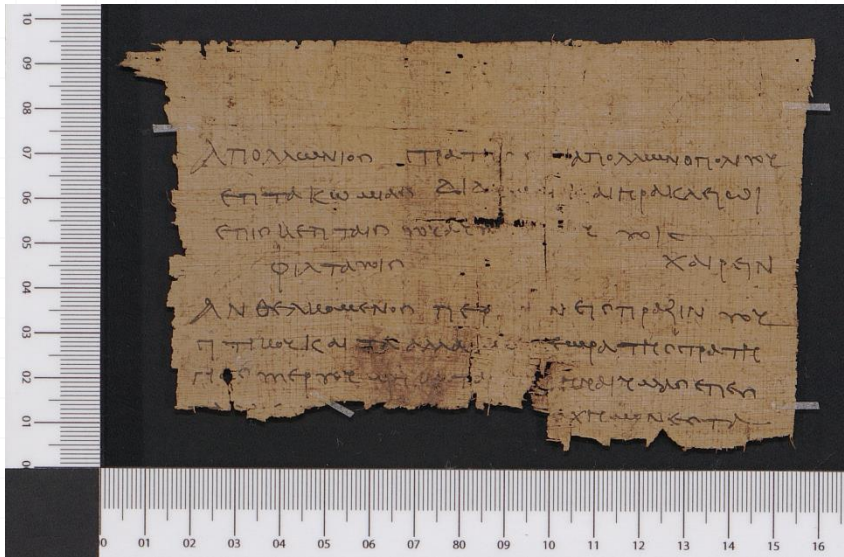
Fixierung mehrerer Fragmente auf säurehaltigem Karton

Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung

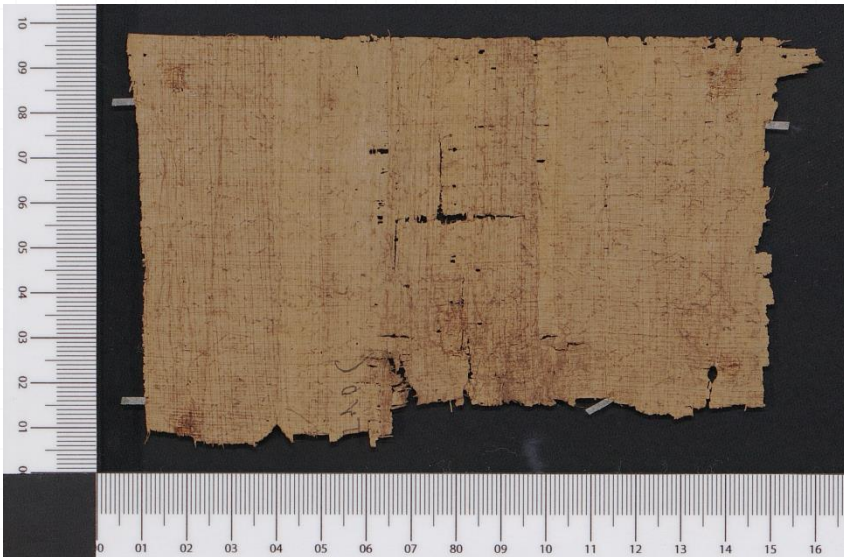


Unterbringung von mehreren Papyri in einem Glasrahmen; Fixierung auf nicht säurefreiem Trägermaterial mit Aussparungen auf der Rückseite

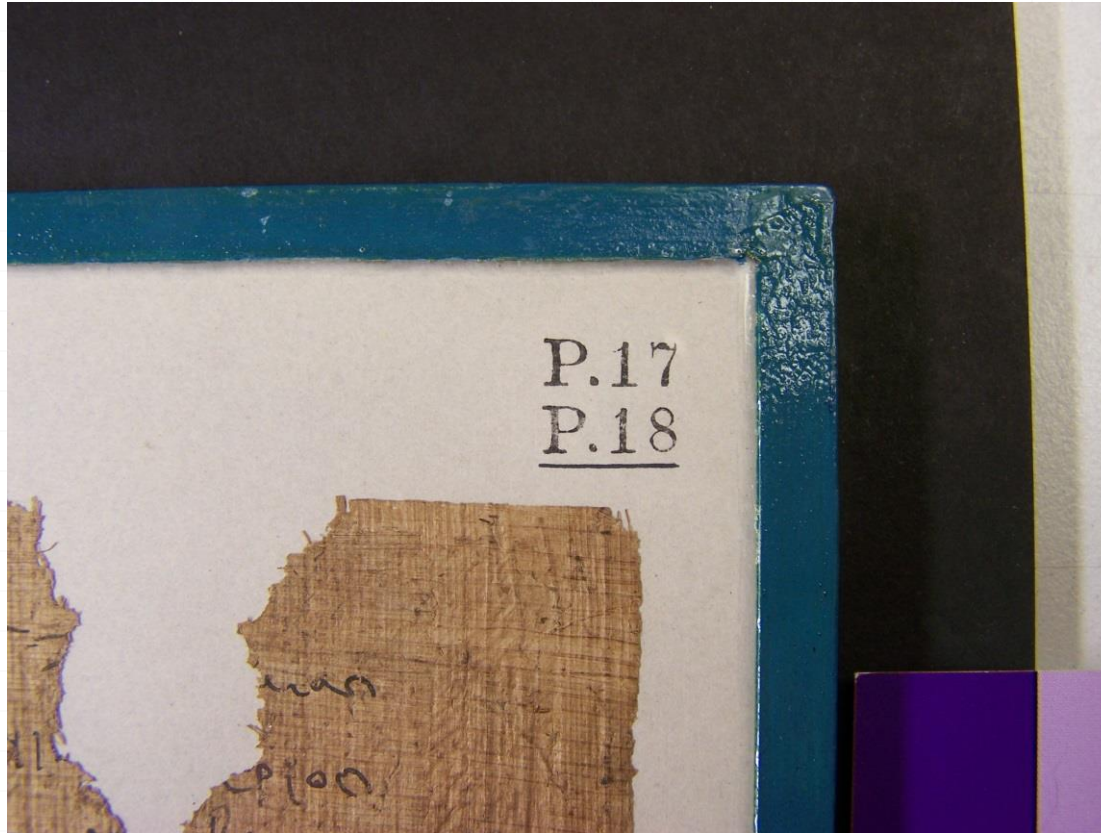
Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



Neu verglaster Papyrus ohne Trägermaterial:
Sichtbar sind recto und verso (hier: P.brem.49)



Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



Historische Rändelung

Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



Neu verglaster Papyrus ohne Trägermaterial: Die Baumwoll-Rändelung wird an den Ecken geöffnet, so wird ein Klimaaustausch ermöglicht.

Ziel 1: Reinigung, Ablösung vom säurehaltigen Karton und Neuverglasung



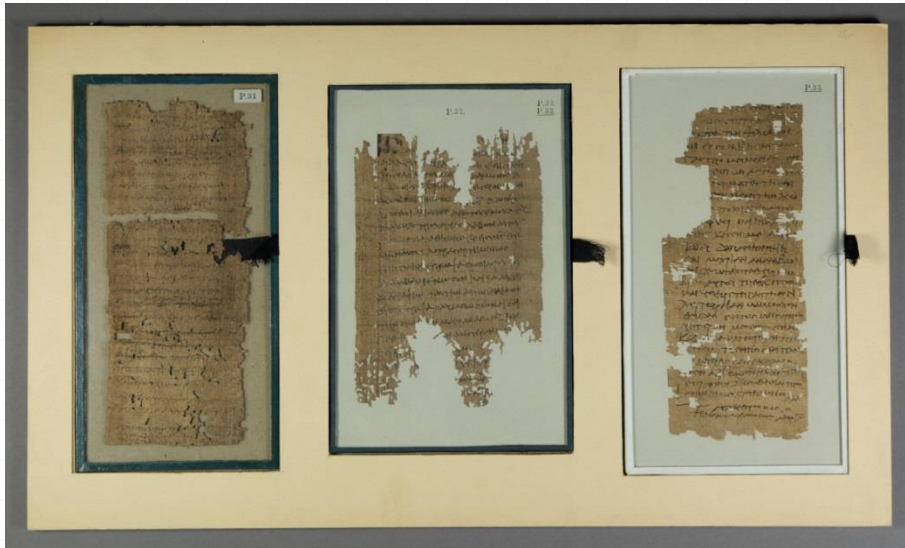
Restaurator Jörg Graf mit neu verglastem Papyrus

Ziel 2: Unterbringung in adäquaten Schutzkartonagen



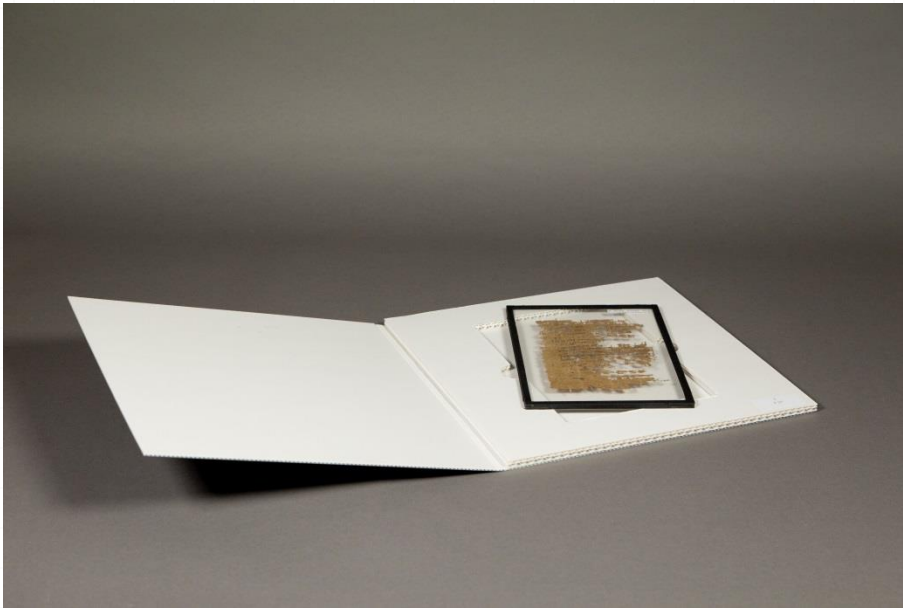
Unterbringung mehrerer Grafikbetten in einer Schutzkartonage

Ziel 2: Unterbringung in adäquaten Schutzkartonagen

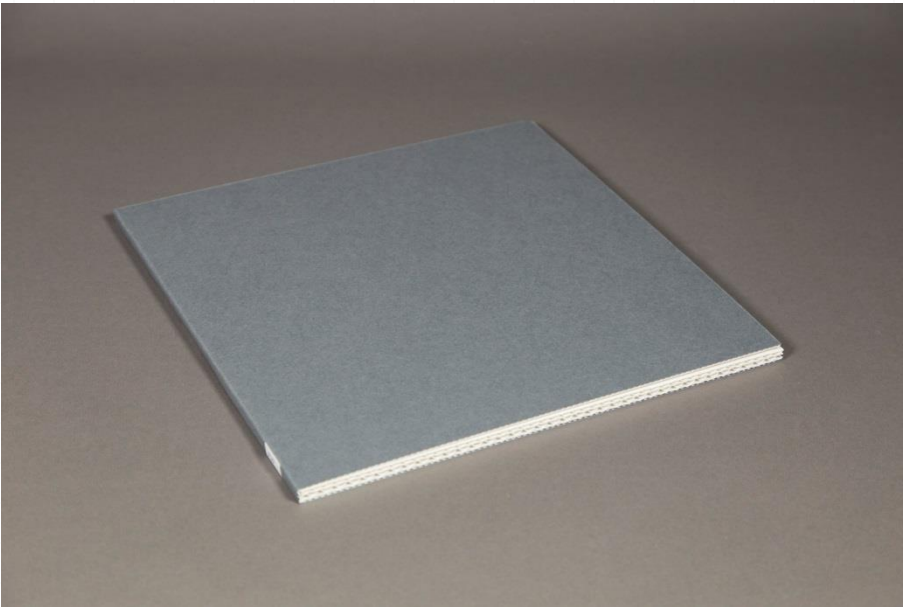


Die Unterbringung von mehreren Glasrahmen in einem Grafikbett erschwerte die Aushebung.

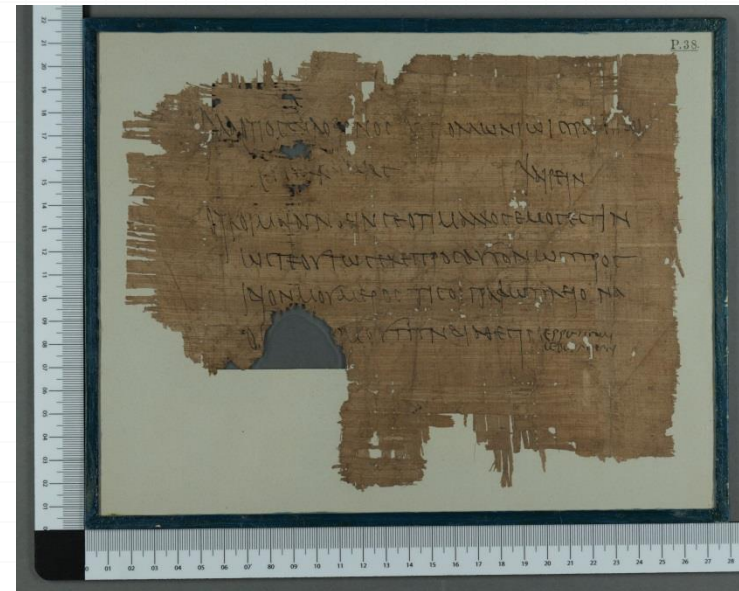
Ziel 2: Unterbringung in adäquaten Schutzkartonagen



Nach der Neuverglasung: Die Unterbringung der Fragmente einzeln in Grafikbetten erleichtert ihre Aushebung für die wissenschaftliche Nutzung.



Ziel 3: Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser



Die Natriumchloridablagerungen waren meist mit dem Umrissen der Papyri konform.

Ziel 3: Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser



Natriumchloridablagerungen auf den Innenseiten der historischen
Glasrahmen, vor einem schwarzen Hintergrund aufgenommen

Ziel 3: Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser

Material	Untersuchungsmethoden	Proben	Ziel der Untersuchungen
Weißer Belag (abgekratzt / abgelöst)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ IR-Spektrometrie ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P9 / P12 / P14 / P36	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Nachweis organischer Moleküle und Nitrat Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Weißer Belag auf Glas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Glas von alten Fragmenten Neues Glas (NG) ²	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ Glasrießverfahren 	P9, P12, P14, P36, NG	Elementzusammensetzung Hydrolytische Klasse
Glas von alten Exponaten	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ICP 	P36 (V / R)	Elementzusammensetzung / Ionenkonzentrationen
Rändelband zur Verklebung der äußeren Ränder	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis ➤ IC 	P9	Ionennachweis Nitrat Ionengehalte quantitativ
Papyrus alt (Teilfragment aus Leipziger Sammlung)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC 	2. Kasten V / H 34 b+c	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ
Papyrus neue Pflanze	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Pappe (mit und ohne Kontakt zu Papyrus)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P14	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Mikrobiologie / DNA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 16S Mikrobiom-Analyse 	Pappe, Papyrus, weißer Belag	Nachweis nitrifizierender Bakterien als Nitratquelle

Material	Untersuchungs- methoden	Proben	Ziel der Untersuchungen
Weißer Belag (abgekratzt / abgelöst)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ IR-Spektrometrie ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P9 / P12 / P14 / P36	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Nachweis organischer Moleküle und Nitrat Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Weißer Belag auf Glas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Glas von alten Fragmenten Neues Glas (NG) ²	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ Glasgießverfahren 	P9, P12, P14, P36, NG	Elementzusammensetzung Hydrolytische Klasse
Glas von alten Exponaten	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ICP 	P36 (V / R)	Elementzusammensetzung / Ionenkonzentrationen
Rändelband zur Verklebung der äußeren Ränder	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis ➤ IC 	P9	Ionennachweis Nitrat Ionengehalte quantitativ
Papyrus alt (Teilfragment aus Leipziger Sammlung)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC 	2. Kasten V / H 34 b+c	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ
Papyrus neue Pflanze	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Pappe (mit und ohne Kontakt zu Papyrus)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P14	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Mikrobiologie / DNA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 16S Mikrobiom-Analyse 	Pappe, Papyrus, weißer Belag	Nachweis nitrifizierender Bakterien als Nitratquelle

Ziel 3: Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser



Makulierte Papyrusfragmente, an denen Analysen durchgeführt wurden.

Material	Untersuchungs- methoden	Proben	Ziel der Untersuchungen
Weißer Belag (abgekratzt / abgelöst)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ IR-Spektrometrie ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P9 / P12 / P14 / P36	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Nachweis organischer Moleküle und Nitrat Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Weißer Belag auf Glas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Glas von alten Fragmenten Neues Glas (NG) ²	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ Glasrißverfahren 	P9, P12, P14, P36, NG	Elementzusammensetzung Hydrolytische Klasse
Glas von alten Exponaten	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ICP 	P36 (V / R)	Elementzusammensetzung / Ionenkonzentrationen
Rändelband zur Verklebung der äußeren Ränder	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis ➤ IC 	P9	Ionennachweis Nitrat Ionengehalte quantitativ
Papyrus alt (Teilfragment aus Leipziger Sammlung)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC 	2. Kasten V / H 34 b+c	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ
Papyrus neue Pflanze	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Pappe (mit und ohne Kontakt zu Papyrus)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P14	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Mikrobiologie / DNA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 16S Mikrobiom-Analyse 	Pappe, Papyrus, weißer Belag	Nachweis nitrifizierender Bakterien als Nitratquelle

Material	Untersuchungsmethoden	Proben	Ziel der Untersuchungen
Weißer Belag (abgekratzt / abgelöst)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ IR-Spektrometrie ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P9 / P12 / P14 / P36	<p>Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Nachweis organischer Moleküle und Nitrat Ionennachweise Chlorid und Nitrat</p> <p>Elementzusammensetzung</p>
Weißer Belag auf Glas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		
Glas von alten Fragmenten Neues Glas (NG) ²	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ Glasgießverfahren 	P9, P12, P14, P36, NG	<p>Elementzusammensetzung Hydrolytische Klasse</p>
Glas von alten Exponaten	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ICP 	P36 (V / R)	Elementzusammensetzung / Ionenkonzentrationen
Rändelband zur Verklebung der äußeren Ränder	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis ➤ IC 	P9	<p>Ionennachweis Nitrat Ionengehalte quantitativ</p>
Papyrus alt (Teilfragment aus Leipziger Sammlung)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC 	2. Kasten V / H 34 b+c	<p>Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ</p>
Papyrus neue Pflanze	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Pappe (mit und ohne Kontakt zu Papyrus)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P14	<p>Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Ionennachweise Chlorid und Nitrat</p>
Mikrobiologie / DNA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 16S Mikrobiom-Analyse 	Pappe, Papyrus, weißer Belag	Nachweis nitrifizierender Bakterien als Nitratquelle

Material	Untersuchungs- methoden	Proben	Ziel der Untersuchungen
Weißer Belag (abgekratzt / abgelöst)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ IR-Spektrometrie ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P9 / P12 / P14 / P36	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Nachweis organischer Moleküle und Nitrat Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Weißer Belag auf Glas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Glas von alten Fragmenten Neues Glas (NG)²	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ Glasgrißverfahren 	P9, P12, P14, P36, NG	Elementzusammensetzung Hydrolytische Klasse
Glas von alten Exponaten	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ICP 	P36 (V / R)	Elementzusammensetzung / Ionenkonzentrationen
Rändelband zur Verklebung der äußeren Ränder	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis ➤ IC 	P9	Ionennachweis Nitrat Ionengehalte quantitativ
Papyrus alt (Teilfragment aus Leipziger Sammlung)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC 	2. Kasten V / H 34 b+c	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ
Papyrus neue Pflanze	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM 		Elementzusammensetzung
Pappe (mit und ohne Kontakt zu Papyrus)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EDX / REM ➤ IC ➤ Nasschemischer Chloridnachweis ➤ Halbquantitativer Nitratnachweis 	P14	Elementzusammensetzung Ionengehalte quantitativ Ionennachweise Chlorid und Nitrat
Mikrobiologie / DNA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 16S Mikrobiom-Analyse 	Pappe, Papyrus, weißer Belag	Nachweis nitrifizierender Bakterien als Nitratquelle

Ziel 3: Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser

	Na (innen) (Wt-%)	Na (außen) (Wt-%)	Δ Na (Wt-%)	hydrolytische Klasse
P 9 Vorderseite	9.30	9.89	0.59	3-4
P 9 Rückseite	9.16	10.14	0.98	3-4
P 14 Vorderseite	9.10	10.23	1.13	4
P 36 Rückseite	9.69	10.23	0.54	Nicht bestimmt
Fach 16_87 Vorderseite	12.91	13.56	0.64	Nicht bestimmt

Tabelle Natriumgehalt bei Glasproben mit weißem Belag

Ziel 3: Erforschung der Materialeigenschaften der Gläser

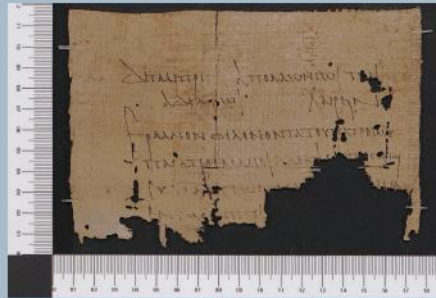
Handlungsempfehlungen aus dem Forschungsprojekt

1. Verwendung von Gläsern mit geringer hydrolytischer Klasse und geringem Natriumgehalt für die Verglasung (z.B. Borosilikatglas)
2. Konsequente Klimatisierung mit mäßigen Temperaturen von annähernd 20°C und relativen Luftfeuchten deutlich unter 70% in den genutzten Ausstellungs- und Lagerräumen

Die Bremer Papyri - Glasklar

Der Bestand

84 Papyri besitzt die Staats- und Universitätsbibliothek Bremen: Die einzigartige Sammlung ist ihr ältester Bestand. Die in griechischer Schrift verfassten Texte auf Papyri entstammen überwiegend dem Umfeld des Verwaltungsbeamten Apollonios. Sie wurden während der späten Regierungsjahre des Traian (98 - 117 n.Chr.) und der ersten seines Nachfolgers Hadrian (117 - 138 n.Chr.) verfasst.



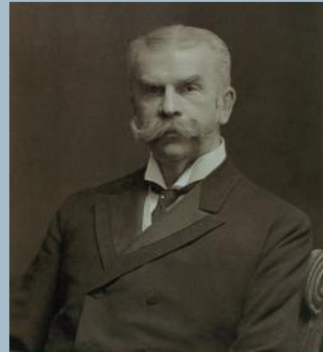
Neu verglaster Papyrus P.brem.46

Apollonios stammte aus einer wohlhabenden lokalen Honoratiorenfamilie der städtischen Oberschicht Hermupolis' in Oberägypten und leitete den Gau Heptakomia. Nach dem Ende seiner Amtszeit nahm er seine Schriftstücke mit in seinen Heimatgau nomós Hermopolites, wo die „Bremer Papyri“ gefunden wurden. Er besaß Landgüter im Gau von Hermupolis sowie im benachbarten Lykopolites, hier lebte seine Familie. Das Besondere an den Bremer Papyri ist, dass die Texte vorzüglich familiäre Angelegenheiten schildern. So ist z.B. eine Nachricht enthalten, die die nahe Geburt eines Kindes von Apollonios ankündigt. Daneben wird über das Eintreiben von Getreidesteuern oder den Bau und die Ausstattung eines Hauses berichtet. Die Bremer Papyri bieten damit ein eindrückliches Bild der Alltagskultur in Oberägypten im 2. nachchristlichen Jahrhundert.



Die wissenschaftliche Bibliothek Bremens um 1900

Dass die Bremer Bibliothek Anfang des 20. Jahrhunderts in den Besitz dieser Papyri gelangte, verdankt sich dem hanseatischen Mäzenatentum. In Bremen ließ sich der Kaufmann Hermann Melchers (1842 - 1918) für die Finanzierung einer Ausgrabung gewinnen. Mit der Durchführung wurde 1902 Ludwig Borchardt (1863 - 1938) beauftragt. Die „Bremer Papyri“ wurden anschließend vom bekannten Konservator der Staatlichen Museen in Berlin, Hugo Ibscher (1874 - 1943), in Glasrahmen eingefasst. 1903 erhielt die Staatsbibliothek Bremen die Papyri-Sammlung als Schenkung. Die Schriftstücke wurden 1936 durch den Papyrologen Ulrich Wilcken transkribiert, bibliographisch beschrieben und in einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlicht.



Die „Bremer Papyri“ gelangten über den Kaufmann und Mäzen Hermann Melchers in die Bremer Bibliothek.

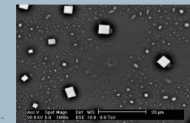
Ziel 4: Vermittlung der Projektergebnisse in einer Wanderausstellung.

Die Plakatausstellung kann von interessierten Institutionen entliehen werden.

Die Ergebnisse:

Die chemische Zusammensetzung des Belags

Bei den Belägen handelt es sich hauptsächlich um auskristallisiertes Natriumchlorid (NaCl) und Natriumnitrat (NaNO₃), dies brachten die chemischen Analysen (EDX, Ionenchromatographie, IR-Spektrometrie) zum Vorschein. Die Form des NaCl (discret auftretende, relativ große Kristalle mit geometrisch exakten Kanten) spricht für ein ungestörtes Auskristallisieren über lange Zeiträume. Mehr als 100 Jahre befanden sich die Bremer Papyri in ihren historischen Verglasungen. Für das Phänomen der häufig vorkommenden „Kristallzwillinge“, bestehend aus jeweils einem Natriumchloridkristall und einem Natriumnitratkristall, gibt es bislang noch keine Erklärung.

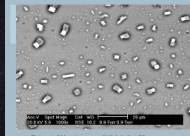


Belag auf Verglasung mit kubisch geformten NaCl-Kristallen (GGKstrukturfaktor)

Die thermisch beschleunigte Herausbildung der Natriumbestandteile erfolgt dabei durch Wasser und ihre Quantifizierung über eine Säure-Base-Titration. Auch wurden an der Innenseite der originalen Verglasungen mit weißem Belag signifikant niedrigere Natriumgehalte festgestellt als auf der Außenseite, was auf eine Auswasung des Glases durch Natriumwanderung hindeutet und die „Glasthese“ stützt.



Natriumnitratablagerungen auf der Verglasung von P.brem.31



Belag auf Verglasung mit Kristallzwillingen (bestehend aus NaCl (discret) und NaNO₃ (discret)) (GGKstrukturfaktor)

Wie entsteht das Salz?

Nach dem Forschungsprojekt sind die Faktoren für die Entstehung unerwünschter Ablagerungen auf den Papyri weitgehend bekannt. Für die Entstehung von Natriumchlorid und Natriumnitrat bedarf es freibeweglicher Natrium-(Na⁺) und Chlorid-(Cl⁻) bzw. Nitrationen (NO₃⁻). Alle drei Ionenarten sind im Papyrus selbst vorhanden. Dabei wäre eine Salzbildung auch ohne ein natriumhaltiges Glas denkbar. Doch stammen die Natriumionen vorwiegend aus dem Glas. Dies konnte durch EDX-Analysen und die Bestimmung der hydrolytischen Klassen der Gläser mittels Glasrießverfahren nachgewiesen werden.

Das verwendete „historische“ Glas weist einen hohen Natriumgehalt auf. Diese Ionen diffundieren aus der Glasmatrix heraus und können dann zur Salzbildung beitragen. Eine ungünstige Klimasituation auf der Innenseite der Verglasung (hohe bzw. schwankende relative Luftfeuchte) ist eine weitere Voraussetzung für das Auskristallisieren der Stoffe. Mit zunehmender Ionenkonzentration steigen die Wahrscheinlichkeit der Bildung des weißen Belags und die Häufigkeit bzw. die Menge der Kristalle auf der Glasoberfläche, auch werden die Zeiträume für die Entstehung dieser Salze kürzer.



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Kontakt: hermes@suub.uni-bremen.de