

Elektrostatische Staubabnahme von historischen Karten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Perthes der Forschungsbibliothek Gotha.

Die Reinigung der Oberflächen von historischen Karten und Dokumenten stellt restauratorisch eine große Herausforderung dar, da bei der Entfernung von unerwünschten Oberflächenverschmutzungen keine Beeinträchtigung des Originals angestrebt wird. Hierfür ist es notwendig geeignete Verfahren zu entwickeln, die auch für die Behandlung von umfangreichen Beständen geeignet sind.

2007 wurde, gefördert durch die DBU, ein Projekt in der Forschungsbibliothek Gotha begonnen, bei dem die Reinigung von 185 000 Karten des historischen Bestandes des Justus Perthes Verlags zur Aufgabe stand. In einer Kooperation zwischen der Forschungsbibliothek Gotha, Professor Banik in Kooperation mit Frau Dipl.-Rest. Reikow-Räuchle und Ernst Becker wurde ein Verfahren entwickelt, das den umfangreichen Kartenbestand mittels einer automatisierten Anlage innerhalb von zwei Jahren sehr schonend reinigen kann. Die Anlage ging im Sommer 2008 in der Forschungsbibliothek in Gotha in Betrieb.

Die historische Sammlung des Verlages Justus Perthes Gotha umfasst neben Büchern und Archivmaterialien eine aus 185 000 Blättern bestehende einzigartige Kartensammlung, die ein seltenes Zusammenhangsmaterial von der Ausrichtung einer Expedition bis zum Kartenbild darstellt.

Die Kartensammlung zeichnet sich vor allem durch zahlreiche handschriftliche Eintragungen aus. Diese zeigen sich als Beschriftungen und Rasterlinien, angelegt mit Bleistiften, verschiedenen Farbstiften, Tinten und Tuschen sowie als Kolorierungen mit Aquarell- und Farbstiften. Vollständig lesbare Prägestempel liefern Hinweise auf den Urheber der Karten. Gut erhaltene Plattenränder sind wichtiges Indiz dafür, dass es sich um Originale handelt (Abb. 1–5).

Ausgangspunkt des Entwicklungsvorhabens bildete der eine Benutzung unmöglich machende Erhaltungszustand der Kartensammlung Perthes.

Aufgrund der beengten Unterbringung und der Nutzung als Arbeitsmaterial für Kartographen sind viele der Karten durch Risse, Fehlstellen, Knicke und Brüche mechanisch zum Teil stark geschädigt.

Zudem sind die Blätter mit einem meist einheitlich grau gefärbten Staub bedeckt, der die Lesbarkeit beeinträchtigt, wie Abb. 5 verdeutlicht.

Eine Untersuchung der aufliegenden Stäube hat ergeben, dass diese silikathaltig und aufgrund ihres hohen Anteils an Partikeln mit einer Größe von überwiegend $\leq 1\mu\text{m}$ alveolengängig und somit als gesundheitsgefährdender Feinstaub einzustufen sind.

Oberste Priorität hatte somit die Reinigung der Karten und das Reduzieren der Feinstaubbelastung auf ein für den Benutzer akzeptables Maß. Aufgrund der vielen handschriftlichen Eintragungen mussten radierende Medien von vorne herein ausgeschlossen werden, um die Einträge nicht zu gefährden. Bürstende oder pinselnde Bewegungen hätten den Feinstaub noch weiter in das Papiervlies eingerieben oder nach oben verwirbelt und damit den Bearbeiter stark belastet. Saugende Methoden hätten für die empfindlichen Stücke eine zu starke mechanische Belastung bedeutet.

Um die Reinigung von 185 000 Karten in einem absehbaren Zeitraum und ohne mechani-

sche Beeinträchtigungen zu bewältigen, wurde ein automatisiertes Verfahren für die rationelle beidseitige Entstaubung von Karten und Papieren entwickelt. Im Vordergrund stand das Abheben der gesundheitsgefährdenden und alveolengängigen Feinstaubpartikel.

Weitere Anforderungen an die Entwicklung waren

- der Nachweis, dass die Feinstaubbelastung auf den maximal zulässigen Wert von $4,0\text{mg}/\text{m}^3$ reduziert wird;
- die Erhaltung der Lesbarkeit der Karten;
- die damit verbundene Erhaltung der Farb- und Schriftaufträge;
- die Vermeidung mechanischer Beschädigungen.



Abb. 1: Typisches Beispiel aus dem Bestand.

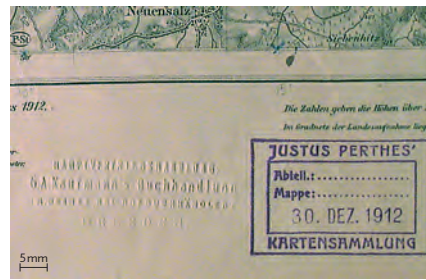


Abb. 2: Gut erhaltener Prägestempel

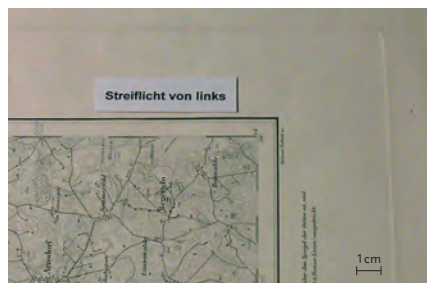


Abb. 3: Sichtbarer Plattenrand



Abb. 4: Risse und Fehlstellen an der Karte DR.72, Bestand Justus Perthes Gotha

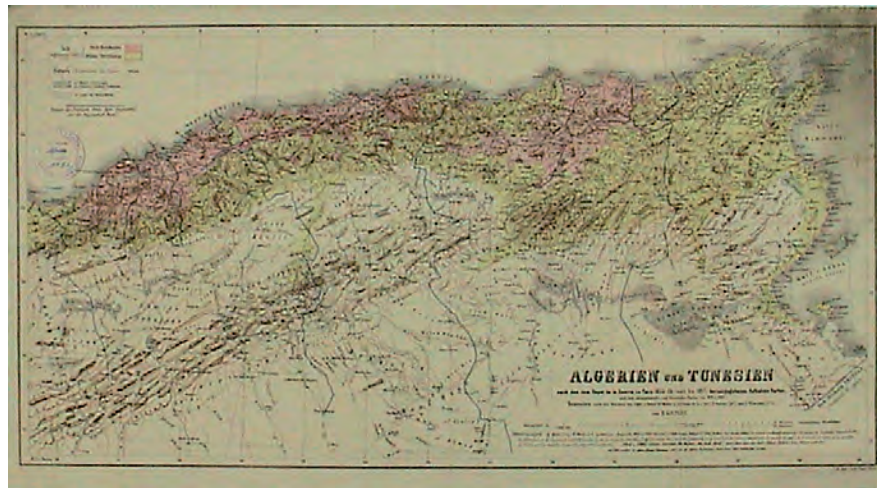


Abb. 5: Karte „Algerien und Tunesien“, Bestand Justus Perthes Gotha, mit sichtbarem Schmutzrand am rechten oberen Rand und Schmutzschleier über der gesamten Karte.

In Voruntersuchungen wurde der Bestand entsprechend der Empfindlichkeiten von Material und Beschreibstoffen in fünf Schadensgruppen eingeteilt:

- **Gruppe 1:** keine oder geringe mechanische Schäden, keine Plattenränder oder Prägungen, keine handschriftlichen Eintragungen;
- **Gruppe 2:** Karten mit Plattenrändern und Prägungen, keine oder geringe mechanische Schäden, keine handschriftlichen Eintragungen;
- **Gruppe 3:** Karten mit handschriftlichen Eintragungen, keine oder geringe mechanische Schäden;
- **Gruppe 4:** geknickte und gefaltete Karten;
- **Gruppe 5:** Karten mit mittleren bis starken mechanischen Schäden, handschriftlichen Eintragungen, Plattenrändern und Prägungen, Knicken und Falten.

Eine Testreihe ermöglichte es, den später geplanten mechanischen Reinigungsdurchlauf händisch an Dubletten aus dem Bestand zu erproben. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden die restauratorischen Anforderungen an die Reinigung der Karten und die Parameter für die Maschinenkonstruktion festgelegt:

- Die Reinigung muss ohne radierende Medien und trocken erfolgen.
- Ein maschineller Durchlauf der Karten muss ohne aufwändige Vorbereitung möglich sein. Sicherungs- oder Festigungsmaßnahmen bei Rissen, Fehlstellen, hochstehenden Papierteilen und brüchigen Papieren können im Vorfeld nicht durchgeführt werden.
- Weder Materialverlust noch weitere Schäden oder Materialbruch dürfen eintreten.
- Der Farbtrieb an Eintragungen und Kolorierungen muss so gering wie möglich gehalten werden.
- Prägestempel und Plattenränder dürfen in ihrer eindeutigen Erkennbarkeit nicht beeinträchtigt werden.
- Für jede Schadensgruppe müssen vor der Reinigung eindeutige Maschinenparameter festgelegt sein.

Arbeitsweise der Reinigungsanlage

Die entwickelte Reinigungsanlage realisiert die beidseitige Reinigung der Karten durch zwei analog aufgebaute und arbeitende Baueinheiten, die hintereinandergeschaltet sind. Das Reinigungsprinzip beruht auf der reibungsfreien Abnahme der Partikel mittels einer elektrostatisch aufgeladenen Folie, die schlupffrei auf das Original aufgebracht wird und scharfkantig wieder vom Original abgehoben wird. Dadurch findet durch eine Ladungstrennung eine Anhaftung

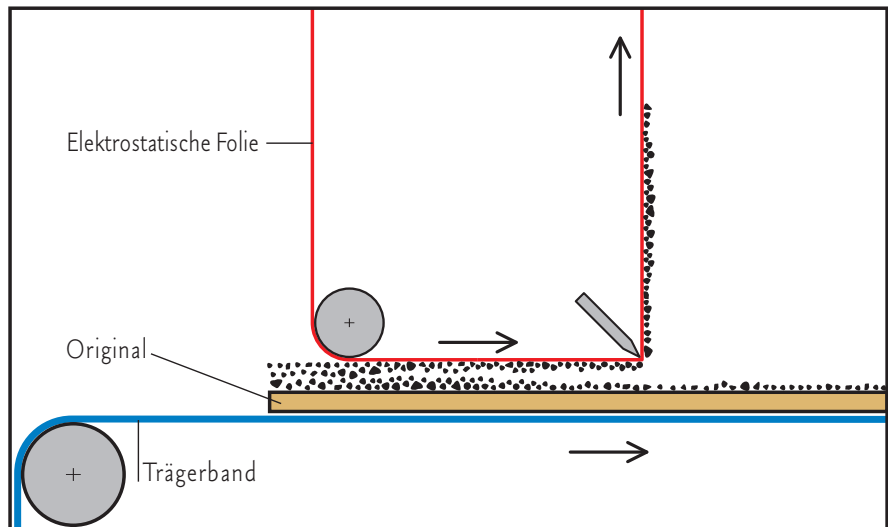


Abb. 6: Prinzip der Staubabnahme



Abb. 7a: Kartenreinigungsanlage Gothana



Abb. 7b: Staubabnahmeeinrichtung

Elektrostatische Staubabnahme von historischen Karten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Perthes der Forschungsbibliothek Gotha.

der Schmutzpartikel an der Folie statt, die die Schmutzpartikel schichtweise abhebt (Abb. 6). Bei starken Verschmutzen (mehrlagige Staubablagerungen) müssen die Originale mehrmals hintereinander gereinigt werden. Die Anlagenkomponenten sind im Wesentlichen:

- Laufbänder für den Transport der Karten,
- eine Sogeinheit zum Fixieren der Karten auf dem Laufband,
- Antriebseinheiten mit aufeinander abgestimmten und synchron laufenden Transportwalzen und Folienvorschubeinheiten,
- Reinigungseinheiten, in denen mit einer entsprechend ausgerüsteten Folie aufliegende Staubpartikel und auch Verschmutzungen im Papier ohne mechanische Belastung der Objekte von den Oberflächen abgenommen werden können,
- Absauganlagen.



Abb. 7c: Kartenreinigungsanlage Gothana

Für das risikolose Auflegen der Objekte und deren Abnahme ist die Anlage mit einer Vor- und Nachlaufstrecke von je 2 m ausgestattet.

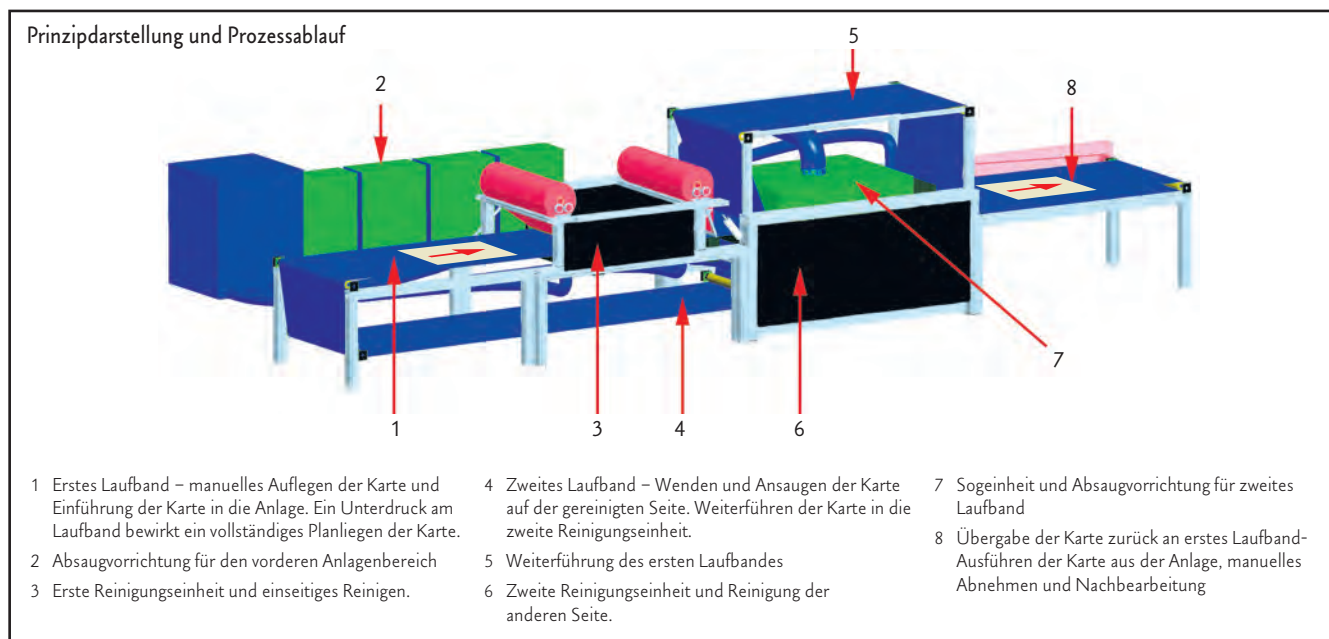


Abb. 8: Schema der Kartenreinigungsanlage

Technische Daten

- Nutzbare Bandbreite: 1000 mm
- Bahngeschwindigkeit: 0,2 bis 4 m/min.
(entspricht Reinigungskapazität von 12 bis 240 Karten/Stunde bei einem maximalen Format von 1000 × 1500 mm)
- Arbeitshöhe: 900 mm
- Vor- und Nachlaufstrecke: je 2 m
- Länge der Gesamtanlage: 8 m
- Breite der Gesamtanlage: 1,5 m (ohne Gebläse)
- Höhe der Gesamtanlage: 1,75 m

Weitere Maschinenparameter

- Gleiche Geschwindigkeit aller Laufbänder, um ein Verrutschen der Karten zu vermeiden.
- Wegschwenkbare Reinigungseinheiten, um bei Störungen Karten weitestgehend risikolos entnehmen zu können.
- Sicheres Fixieren der Karten durch Sogeinheiten, bis sie gefahrlos aus der Anlage abgehoben werden können.
- Drei Not-Aus-Schalter, die in Havariefällen den Stillstand der Laufbänder bewirken.
- Sicheres Bedienen durch mechanisch arbeitende Konstruktionselemente und Baugruppen, die einer Blockade ausweichen oder nachgeben.

Um die Reinigungsleistung bezüglich der Abnahme der Feinstäube während des gesamten Projektes in regelmäßigen Abständen zu testen und die Qualität nachzuweisen, wird jede 200ste Karte auf Restbelastung gemessen. Dies erfolgt in einer geschlossenen Kammer, in der die Bewegung der Karte bei normaler Benutzung simuliert wird. Die Abluft aus der Kammer wird mit einem geeigneten Messgerät gemessen und die Reststaubbelastung aufgezeichnet.

Für die ersten Durchläufe und die Grundeinstellung der Anlage wurde entschieden, vor Nutzung des Originalbestands Testblätter zu verwenden. Diese wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Stabilo International GmbH/Heroldsberg entwickelt. Durch die Wahl der Beschreibstoffe und der Art des Auftrages können sie dem originalen Kartenbestand so ähnlich wie möglich hergestellt werden und geben aufgrund ihrer Empfindlichkeit eindeutige Aussagen zum Farbabrieb (Abb. 9 und 10).

Aufgrund der schichtweisen sanften Abnahme der Partikel (Abb. 6) ist nur von einer geringförmigen Veränderung an farbigen Schichten auf Originalen auszugehen. Im laufenden Betrieb der Anlage werden die Testblätter für den dauernden Funktionstest, zur Überprüfung der Reinigungsparameter sowie zur Qualitätssicherung und Unterstützung der kontinuierlichen Qualitätsprüfung eingesetzt.

Erzielte Ergebnisse:

Zahlreiche Durchläufe mit Testblättern und Originalen haben gezeigt, dass alle an die Entwicklung der Kartenreinigungsanlage gestellten restauratorischen und technischen Anforderungen in vollem Umfang erfüllt sind.

Die Leistung der Reinigungseinheiten reicht aus, um ein Abtragen von Feinstaubpartikeln $< 10 \mu\text{m}$ von der Oberfläche von Papieren in dem geforderten Maße zu ermöglichen. Abb. 13 zeigt, wie ein Schmutzrand auf einer Karte sichtbar abgetragen wird und wie die Schmutzpartikel dabei zusammen mit der Folie vom Original wegtransportiert werden.

Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen (Abb. 11) nach der Reinigung verdeutlichen nochmals, dass ein erheblicher Teil an Partikeln abgehoben werden konnte. Diese liegen im Bereich von einem Mikrometer und kleiner. Die Aufnahmen zeigen, dass die Methode in der Lage ist, verschieden große Partikel abzutragen. Die Zusammensetzung des Staubs, abzulesen im Diagramm (Abb. 12) entspricht den bereits vorliegenden Untersuchungen der Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena. Die Zusammensetzung des Staubkorns (als Kreis markiert, SO37) lässt auf ein Aluminiumsilikat schließen. Der Titanpeak kommt dadurch zustande, dass das Folienmaterial Titandioxyd enthält, damit es weiß und opak ist.

Nach der Reinigung belegen Messungen, dass die gesamtzulässige Feinstaubbelastung (MAK) von $4,0 \text{mg}/\text{m}^3$ mit Ergebnissen von $0,07 - 0,09 \text{mg}/\text{m}^3$ weit unterschritten wird.

Über den Anforderungskatalog hinaus ist das System zudem geeignet, eine Oberflächenreinigung empfindlicher Objekte durchzuführen, wobei diese weder mechanisch belastet werden, noch mit wischenden oder radierenden Medien in Berührung kommen. Die elektrostatische Reinigung bewirkt dabei, dass Schmutzränder sichtbar reduziert werden, wodurch sich die Lesbarkeit von Motivteilen erhöht (Abb. 13 und 14).

Bei Bedarf kann die Reinigung eines Blattes wiederholt werden.

Weder Plattenränder noch Prägungen oder Farbaufträge werden durch einen zweiten Reinigungsdurchlauf optisch erkennbar beeinträchtigt (Abb. 15). Dies mit der Einschränkung, dass in diesem Fall keine puderigen Farbaufträge vorhanden sein dürfen.

Weder die Lesbarkeit einzelner Linien noch die Erkennbarkeit von Farbönen werden optisch bei einem Reinigungsdurchlauf beeinträchtigt. Auch sehr zarte und dicht nebeneinander liegende Bleistiftlinien bleiben ohne Veränderung erhalten.

Die sehr abriebempfindliche und kreideartig auf der Oberfläche liegende Pastellfarbe Carbothello der Marke Stabilo International auf den Testblättern zeigt kein Verschmieren oder Abschwächen der Farbtintensität (Abb. 9 und 10).

Die Lesbarkeit von Eintragungen bleibt somit bei einem Reinigungsdurchlauf wie gefordert gewahrt.



Abb. 9: Testblatt, entwickelt mit der Firma Stabilo International, Heroldsberg.
Farbaufträge von links nach rechts:
Bleistifte der Stärken H, HB und B der Marke Stabilo,
Pastellstift Carbothello rot der Marke Stabilo,
Farbstifte FA5 blau, grün, rot, gelb und schwarz der Marke Stabilo

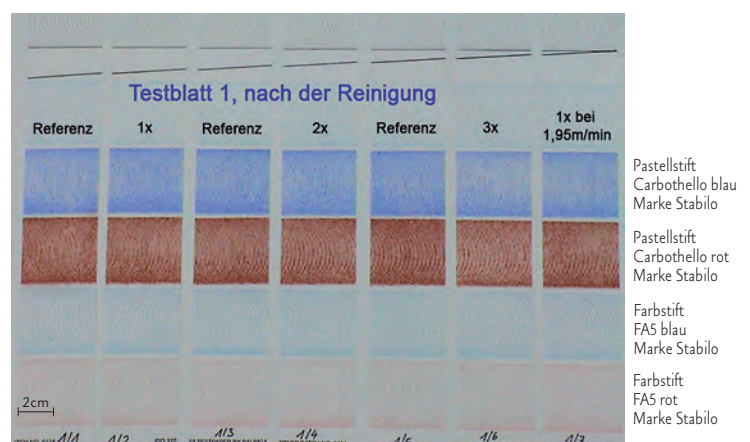


Abb. 10: Testblatt 1 mit den Farbaufträgen Carbothello Pastellstift rot und blau. Das Blatt wurde in Streifen zerschnitten. Es erfolgten drei Reinigungsdurchläufe. Zwischen den Streifen 1/2 (1 Durchlauf), 1/4 (2 Durchläufe) und 1/6 (3 Durchläufe) liegt zum Vergleich jeweils eine Referenz. Die Teststreifen zeigen deutlich, dass selbst nach dem zweiten Durchlauf keine sichtbare Veränderung bei den Farbaufträgen zu sehen ist. Erst der dritte Durchlauf verschlechtert die Lesbarkeit des Auftrags.

Elektrostatische Staubabnahme von historischen Karten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Perthes der Forschungsbibliothek Gotha.

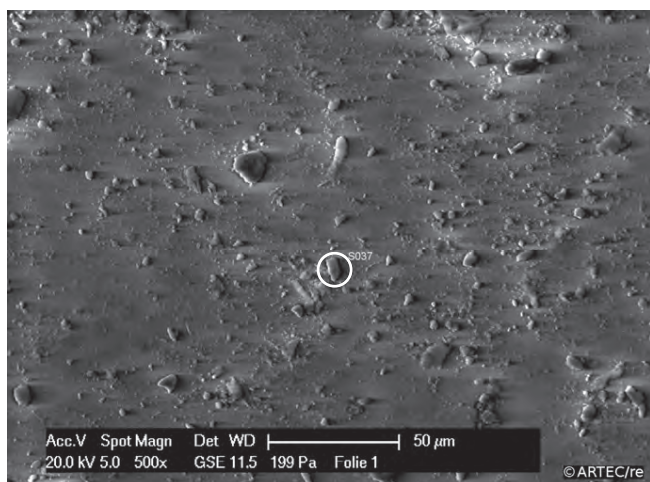


Abb. 11: Partikelgrößenverteilung auf der Reinigungsfolie

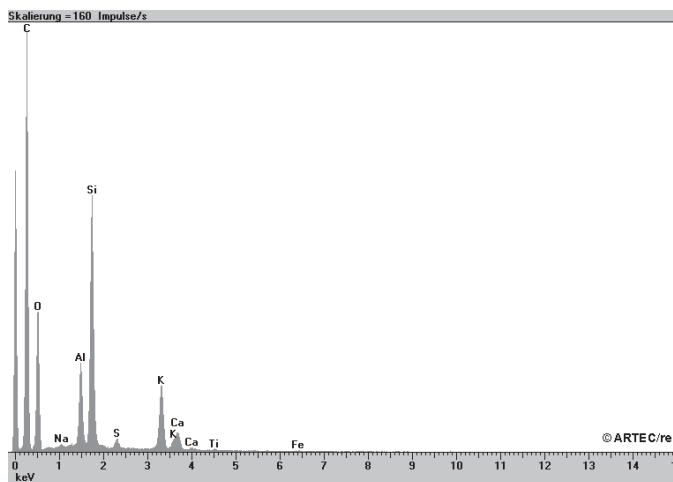


Abb. 12: Staubzusammensetzung

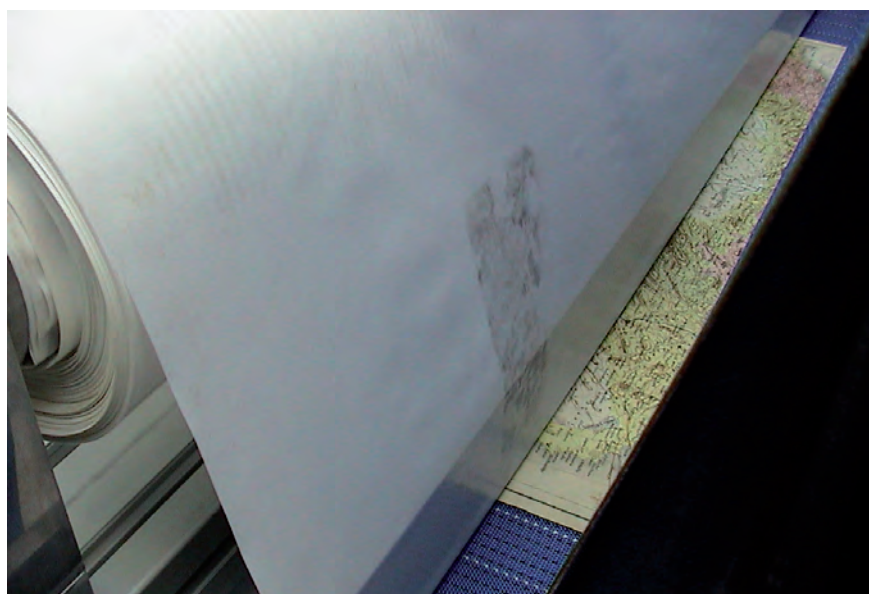


Abb. 13: Abtragen eines Schmutzrandes

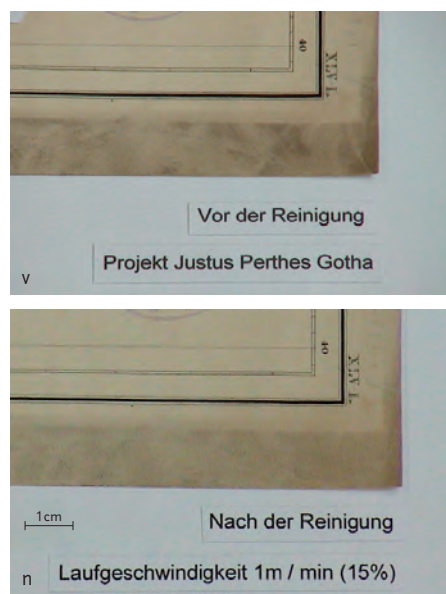


Abb. 14/v und 14/n zeigen den Schmutzrand von Karte Nr. 547\$111339782 im Detail jeweils vor (v) und nach (n) der Reinigung (1 Durchlauf bei 1m/min).

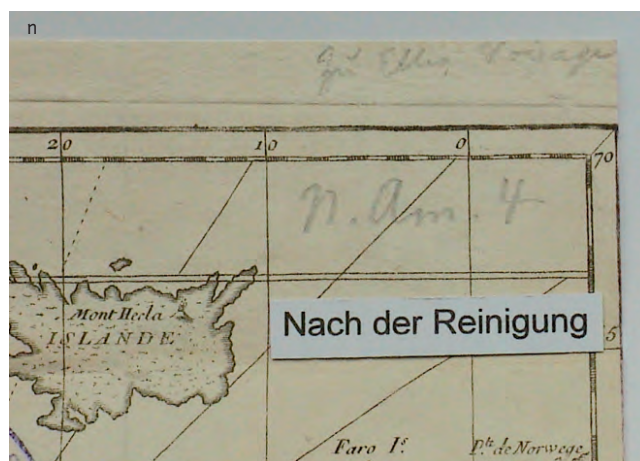


Abb. 15/v und 15/n zeigen den Plattenrand von Karte Nr. 547\$111339596 vor (v) sowie nach der Reinigung (n). Der Plattenrand bleibt deutlich als Originalrand erhalten. Die Eintragungen mit Bleistift sind in keiner Weise optisch verändert

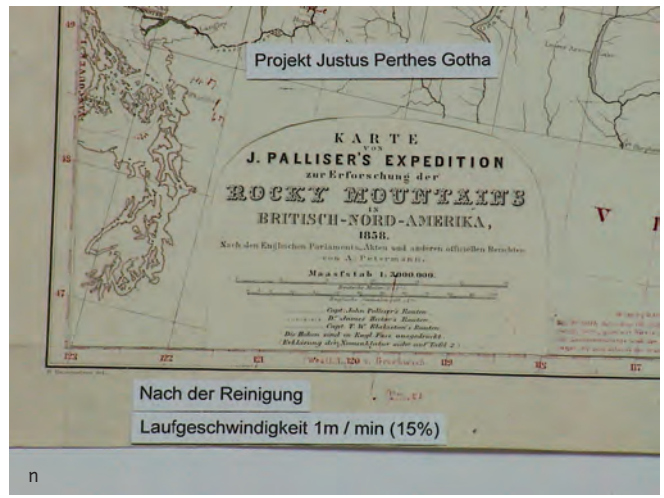
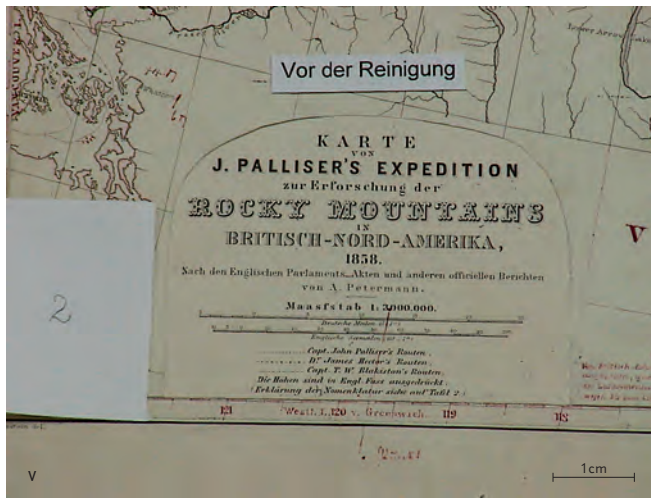


Abb. 16v und 16n zeigen Karte 2) Nr. 547\$111339863.

Im Detail sind die Aussparung der Legende eines aufkaschierten Motivblattes vor (v) und nach (n) der Reinigung bei 1m/min (1x Durchlauf) zu sehen

Papiere mit Rissen, Knicken und Fehlstellen werden ohne mechanische Beeinträchtigung durch beide Reinigungseinheiten geführt.

Klebebänder werden nicht in das Papiervlies hineingedrückt oder abgerissen.

Es kann keine optisch erkennbare Glättung an Papieren festgestellt werden.

Faltungen an Papieren, die noch genügend Stabilität aufweisen, um sich niederlegen zu las-

sen, werden nicht beeinträchtigt oder geglättet und sind auch nach dem Durchlauf noch deutlich erkennbar.

Prinzipiell muss abgewogen werden, ob ein brüchiges Blatt mit Faltungen durch die Anlage geführt wird, da in solchen Fällen immer die Gefahr besteht, dass das Material beim Niederlegen bricht.

Angesetzte Kartenteile, Ergänzungen oder aufkaschierte Teile (wie ein Motivblatt) werden in keiner Weise optisch verändert (Abb. 16).

Geprägte Papiere und Plattenränder zeigen nach der Reinigung keine sichtbaren Veränderungen. Ein originaler Prägestempel wäre noch deutlich lesbar und ein Plattenrand noch deutlich als solcher erkennbar (Abb. 17).

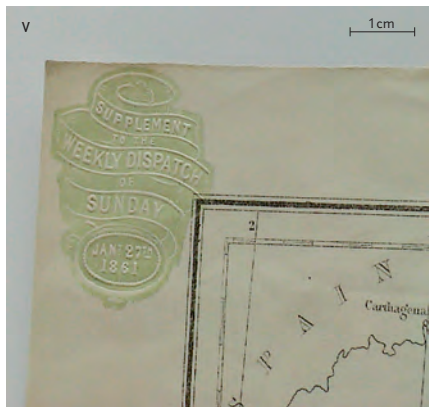


Abb. 17v und 17n zeigen den Prägestempel von Karte Nr. 547\$11133960X vor (17/v) und nach (17/n) dem Durchlauf durch die Reinigungsanlage. Der Stempel ist auch nach der Reinigung noch deutlich als Prägung erkennbar und lesbar.

Nachweis der Erhaltung der Eintragungen:

Schriftzüge sowie Kolorierungen konnten mikroskopisch kontrolliert und dokumentiert werden (Abb. 18).

Die Dokumentation erfolgte mit einer Mikroskopkamera bei jeweils 20-facher Vergrößerung vor der Reinigung sowie nach einmaligem Durchlauf durch die Reinigungsanlage.

Nachweis der Reinigungsleistung

Der Nachweis der Reinigungsleistung der Anlage und der Reduzierung der Feinstäube auf ein akzeptables Maß, den Anforderungen der gesetzlichen Bestimmungen entsprechend, erfolgt in einer eigens dafür entwickelten und konstruierten Messkammer (Abb. 19) durch ein spezielles Feinstaubmessgerät (Abb. 20). Die Messung erfolgt dadurch, dass die Karte in eine Schiene sicher eingespannt (Abb. 21) und in eine benutzungsähnliche Bewegung versetzt wird. Dadurch fallen die Partikel von der Oberfläche des Originals mechanisch ab und befinden sich im Luftraum um das Original und fallen entsprechend der Schwerkraft nach unten. Das Messgerät befindet sich am Ende eines, mit einem Gitter abgedeckten, Trichters am Boden der Messkammer (Abb. 19). Die Raumluft der Messkammer wird mittels Unterdruck durch einen Ventilator von oben nach unten durch die

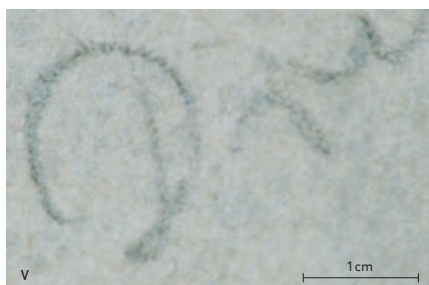


Abb. 18/v zeigt eine dünne Bleistiftschrift auf Karte Code-Nr. 547\$111339561 vor der Reinigung (20-fache Vergrößerung).

Abb. 18/n zeigt dieselbe Bleistiftspur nach der Reinigung. Der Schriftauftrag ist unverändert.

Messkammer gesaugt, wobei die angesaugte Luft mit einem Feinstfilter gereinigt wird. Im Austrittsluftstrom wird die mit Partikeln beladene Luft durch das Partikelmessgerät gesaugt und dabei die Anzahl und die Größe der Partikel kontinuierlich gemessen. Während der Bewegung der Karte wird die Messung für eine Minute durchgeführt, wobei in dieser Zeit ein mehrfacher Luftwechsel in der Messkammer stattfindet, der gewährleistet, dass alle Partikel erfasst werden. Erfasst wurden Partikel im Bereich von $0,1$ bis $100\mu\text{m}$. Die Auflösung der Messbereiche beträgt $>0,3$ und $<10\mu\text{m}$. Ein typisches Messergebnis für die Partikelkonzentration in der Raumluft einer gereinigten Karte war beispielsweise $0,08\text{ mg/m}^3$. Die Messungen der Feinstäube auf den Karten lieferten durchgehend Werte, die deutlich unterhalb der MAK-Grenze von 4 mg/m^3 liegen. Damit können die Karten nach der Reinigung für eine weitere Benutzung freigegeben werden.

Resümee:

Die Betriebserfahrungen, die seit 2008 mit der Kartenreinigungsanlage vorliegen, sind sehr gut. Behandelt wurden bisher mehr als 50 000 Originalkarten, die dadurch der Benutzung wieder zur Verfügung stehen. Die Anlage hat bei typischem 1-Schicht-Betrieb eine Netto-Leistung von ca. 1 000 Karten/Tag. Für die Anlagentechnik gibt es vielseitige Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Oberflächenreinigung von Papier, aber auch stofflichen Geweben oder ähnlichen Materialien. Entscheidend ist die sanfte elektrostatische Abnahme der Partikel, ohne dass dabei die Oberfläche wie bei abrasiven oder feuchten Methoden verändert und inhomogen wird. Denkbar wäre auch die Weiterentwicklung der Methoden zu einem halbautomatischen Prozess, der für kleinere Bestände geeignet ist.



Abb. 19: Messeinheit gesamt



Abb. 20: Messgerät

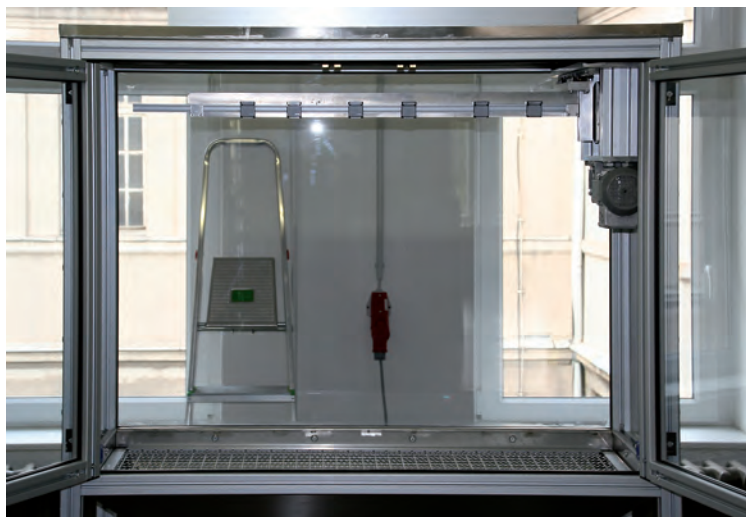


Abb. 21:
Messkammer

Literatur

Cowan, J., Guild, S.: *Dry methods for surface cleaning*, Paper Technical Bulletin 11, Canadian Conservation Institute, Ottawa 2001.

Dirt and Pictures Separated. United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works – Conference jointly UKIC and Tate Gallery, London 1990.

Phenix, A., Burnstock, A.: *The deposition of dirt: A review of the literature, with scanning electron microscope studies of dirt on selected paintings* In: *Dirt and Pictures Separated*, S. Hackney, J. Townsend, N. Eastlaugh, eds., UKIC, London (1990): 11–18.a

Demhardt, I.J.: *Der Erde ein Gesicht geben. Petermanns Geographische Mitteilungen und die Anfänge der modernen Geographie in Deutschland*. Gotha 2006.

Die Welt im Griff. In: *Bibliothek der Leidenschaften. Die historischen Sammlungen der Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha*. Gotha 2003, S. 51–56.

Dieses Projekt wird gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Projekt Nr. 23000-45.

