

# **Überblick und Erläuterungen zur geplanten Aufnahme von metallischem Blei in die Liste der zulassungspflichtigen Stoffe durch die ECHA und den Auswirkungen auf die Erhaltung des kulturellen Erbes in der EU**

Version 6. Februar 2023

Dr. Ivo Rauch, Fachreferent ECHA / Blei des International Scientific Committee for the Conservation of Stained Glass (ISCCSG; CVMA/ICOMOS). Kontakt: i.rauch@buerorauch.de

in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe ECHA / Blei des Parlamentskreis Automobiles Kulturgut im Deutschen Bundestag  
Vorsitzender der Arbeitsgruppe: Fritz Cirener, Kontakt: f.cirener@vogtmann.one

Betroffener Stoff: Blei (Pb)

EC Number: 231-100-4

CAS Number: 7439-92-1

Anwendung: als metallisch reiner Stoff und als Legierungen mit variierenden Anteilen anderen Metallen wie Zinn und/oder Antimon im Bereich der Kunst- und Kulturgüter

## **1. Die betroffenen Bereiche**

Die handwerkliche, kunsthandwerkliche, künstlerische und restaurierende Arbeit an und mit Kulturgütern beinhaltet keine industriellen Anwendungen.

Von einem Verbot wären insbesondere folgende Bereiche betroffen:

**1.1. Der traditionelle Bau von Pfeifenorgeln sowie die Erhaltung und Restaurierung von historischen Orgeln und Musikautomaten.** Orgelpfeifen aller Art und Größe sind das Herzstück von komplexen Musikinstrumenten, die nur dann ihre volle Bedeutung und ihre Aussage bewahren, wenn sie in Funktion erhalten und gespielt werden können. Dies ist gleichzeitig Grundlage dafür, dass die Kenntnisse rund um ihren Betrieb und die Interpretation von musikalischen Orgelwerken gepflegt und weitergegeben werden können.

Die tradierten Fachkenntnisse der Orgelbauer sowie die zugehörigen handwerklichen Techniken wurden 2017 von der UNESCO als immaterielles Kulturerbe der Menschheit anerkannt.

Orgeln als teilweise Jahrhunderte alte, lebendige Kulturgüter sind bis heute Teil der Kirchenliturgie und der aktiven Musikrezeption. Aus dieser wichtigen Funktion heraus ist es nicht nur wichtig, historische Exemplare zu erhalten, sondern es sollte auch möglich bleiben, dass weiterhin neue Instrumente beauftragt und gebaut werden können.

Die meisten historischen und die in jüngerer Zeit neu geschaffenen Orgeln sind heute zwar mit elektrischen Winderzeugern ausgestattet worden, dies bedeutet jedoch nicht, dass sie mit „Elektrogeräten“ aus industrieller Produktion gleichgesetzt werden dürfen.

Ihre traditionelle Herstellung und Erhaltung (wie auch die Weitergabe der dazu notwendigen Kenntnisse und Techniken) erfordern eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien. Bleihaltige Werkstoffe werden in diesen Instrumenten zur Herstellung von diversen Zinn-Blei-Legierungen für Metallpfeifen, Zungennüsse und Bleikondukten für die Windführung benötigt.

Nur diese Vielzahl an verschiedenen Zinn-Blei-Legierungen, die mit bleihaltigen Lötmaterialien zusammengefügt werden, haben die notwendige Formbarkeit und erzeugen im Instrument den typischen, durch kein anderes Material zu erreichenden Klang. Das Material Blei ist also auch Grundvoraussetzung für eine authentische musikalische Wiedergabe historischer und zeitgenössischer Orgelwerke und die Kenntnisse zu den Spieltechniken für diese hochkomplexen Instrumente. Bei entsprechenden Aufführungen haben weder Musiker noch Publikum direkten Kontakt mit dem Material.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

Orgeln und ihre Pfeifen zeichnen sich durch eine außergewöhnlich lange Lebens- und Funktionsdauer aus (meist weit über 100 Jahre).

**1.2. Die traditionelle Herstellung, Reparatur und Restaurierung von Blechblasinstrumenten.** Das Fügen von Metallkomponenten mit bleihaltigen Lotmaterialien spielt, ähnlich wie im Orgelbau, auch bei der handwerklichen Herstellung von Blechblasinstrumenten sowie deren Reparatur und Restaurierung eine entscheidende Rolle. Lotmaterialien aus bleihaltigen Legierungen sind hier aufgrund ihrer spezifischen technischen und klanglichen Eigenschaften ebenfalls unersetzlich.



Abb. 5



Abb. 6

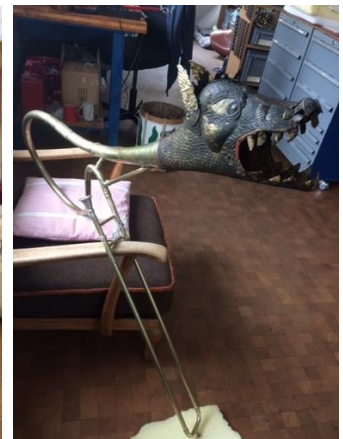


Abb. 7

### 1.3. Die traditionelle Herstellung, Reparatur und Restaurierung von verschiedenen anderen Musikinstrumenten

Metallisches Blei und bleihaltige Legierungen findet sich auch in anderen historischen Musikinstrumenten. Dabei handelt es sich beispielsweise um Querflöten und andere Blasinstrumente des 19. Jahrhunderts, in Hammerklavieren oder der Mechanik von Glasharmonikas. Entsprechende Blasinstrumente werden heute museal präsentiert wo die Besucher keinen direkten Kontakt dazu haben. Die mit den Ausstellungen betrauten Fachleute sind geschult im Umgang mit bleihaltigen Exponaten und halten alle vorgeschriebenen Sicherheitsmaßnahmen ein. Hammerklaviere werden jedoch noch regelmäßig im Rahmen der historisch informierten Musikaufführung gespielt, wobei hier weder Musiker noch Publikum direkten Kontakt mit dem Material haben.

Metallisches Blei und bleihaltige Legierungen findet sich auch in anderen historischen Musikinstrumenten. Dies umfasst beispielsweise die Klappenpolster von Querflöten des 19. Jahrhunderts, Bleigewichte in Balginstrumenten oder die Schwungräder von Glasharmonikas, Blasinstrumente aus Blei bzw. Bleilegierungen oder verschiedene Bauteile in besaiteten Tasteninstrumenten.



Abb. 8



Abb. 9

### 1.4. Die künstlerische, kunsthandwerkliche und handwerkliche Gestaltung von Skulpturen und Elementen aus Naturstein sowie Erhaltung und Restaurierung von historischen Steinmetzarbeiten, Gebäuden und Bauwerken aus Naturstein.

Metallisches Blei ist seit dem Mittelalter ein wichtiges Hilfsmittel bei der künstlerischen und handwerklichen Arbeit an Objekten aus Naturstein. Das Verstemmen von Fugen mit Bleiwolle dient dabei traditionell dem elastischen, UV-, Wasser- und Frostbeständigen Fugenverschluss. Flüssiges Blei wird außerdem zum Einsetzen und Vergießen von Metallelementen wie beispielsweise Stahllanker oder Schmuckteile in Natursteinbauteilen benötigt. Das wetterfeste Blei gewährleistet dabei sicheren Halt und gleichzeitig wirkt es bei Temperaturschwankungen als nachgiebige „Ausgleichsschicht“ zwischen Stein und Metallelementen, die jeweils eine stark unterschiedliche thermische Ausdehnung haben. Diese historischen Techniken ergeben stabile, wartungsfreie und besonders langlebige Verbindungen, die bis heute mit keinem anderen Material erreicht werden können.



Abb. 10



Abb. 11

Darüber hinaus werden Bleiplättchen als Unterlage für den Niveaueausgleich verwendet, etwa beim Aufstellen von Skulpturen. Sie sind im Außenbereich deutlich länger haltbar als Kunststoffunterlagen oder andere Ersatzmaterialien. Dies spielt gerade in schwer zugänglichen Bereichen wie beispielsweise Kirchenfassaden eine wichtige Rolle.

**1.5. Die handwerkliche Erhaltung, Reparatur und Restaurierung von historischen Dacheindeckungen mit Walzblei.** Platten aus gewalztem Blei, beziehungsweise mit Blei überzogene Eisenbleche, wurden seit dem Mittelalter zum Eindecken von Dächern verwendet. Prominente Beispiele sind etwa die Kathedrale von Saint Denis bei Paris, der Kölner Dom oder der Dogenpalast in Venedig. Aufgrund der besonderen Flexibilität des Werkstoffs wurden damit auch sehr komplexe ornamentale Bauteile und Formen erzeugt, die sich mit anderen Materialien so nicht erreichen lassen.

Die originalgetreue Erhaltung von entsprechenden historischen Dächern sowie ein Erhalt der dazu notwendigen Kenntnisse und Handwerkstechniken ist ohne eine Verfügbarkeit entsprechender Werkstoffe nicht möglich.



Abb. 12



Abb. 13

**1.6. Die Gestaltung, Erhaltung und Restaurierung von Kunstwerken und kunsthandwerklichen Objekten aus Bleilegierungen.** Seit der römischen Antike wurde metallisches Blei und Bleilegierungen auch zur Herstellung von kunsthandwerklichen Objekten, Schmuckteilen, Pilgerabzeichen oder Figuren verwendet. Solche Objekte sind heute wichtige Bestandteile von Museen und Sammlungen, sie sind jedoch auch Teil von historischen Gebäuden und Monumenten oder sie werden auf andere Weise im öffentlichen Raum ausgestellt.



Abb. 14



Abb. 15



Abb. 16

Wegen seiner Korrosionsbeständigkeit und leichten Formbarkeit, aber auch aufgrund seiner grundsätzlichen Materialaussage wurde Blei immer wieder von Künstlern für ihre Arbeit eingesetzt. So wurden besonders im 18. Jahrhundert, aber auch noch bis in die heutige Zeit große, aus Blei gegossene oder getriebene Figurengruppen und andere künstlerische Ensembles geschaffen.



Abb. 17



Abb. 18



Abb. 19



Abb. 20

Auch heute noch regen die Materialeigenschaften von Blei die Kreativität von Künstlern wie Anselm Kiefer, Antony Gormley oder Inge Andler-Laurenz zu einzigartigen Werken an.

Aus Blei-Zinn-Legierungen gegossene Medaillen, Ornamente und kunstvoll bemalte Kleinfiguren (z. B. Zinnsoldaten) waren besonders zwischen dem 18. und dem Anfang des 20. Jahrhunderts weit verbreitet. Diese wurden zeitgenössisch teilweise zu eindrucksvollen Dioramen arrangiert, die heute oft im Besitz von Museen sind. In allen Epochen wurden außerdem kunstvolle Sarkophage aus Blei-Zinn-Legierungen hergestellt.



Abb. 21



Abb. 22

**1.7. Die Gestaltung, Erhaltung und Restaurierung von Bleiverglasungen.** Bei dieser seit dem Mittelalter verwendeten Technik werden flache Glasstücke mit Hilfe von U- und H-förmigen Bleiruten eingefasst und anschließend miteinander verlötet. Buntfarbige Bleiverglasungen sind seit dem Mittelalter ein beeindruckendes Gestaltungsmittel für sakrale, aber auch profane Innenräume. Besonders in Kirchengebäuden dienen sie nicht nur dem Schmuck oder zur Darstellung von Glaubensinhalten, das einfallende farbige Licht ist hier integraler Bestandteil des von den Erbauern angestrebten Raumeindrucks.



Abb. 23



Abb. 24



Abb. 26

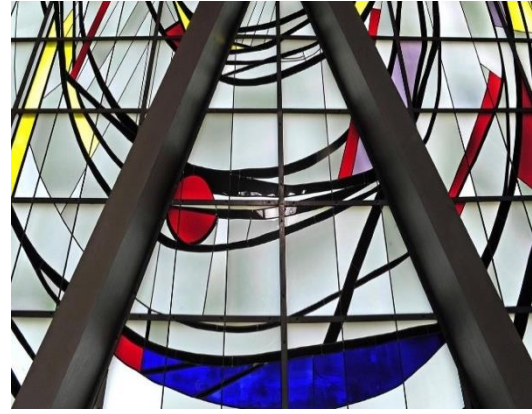


Abb. 27

Heute wird diese Technik überwiegend für die Restaurierung von historischen Bleiglasfenstern, aber auch bei der künstlerischen und kunsthandwerklichen Gestaltung von neuen Verglasungen angewendet. So haben beispielsweise wichtige zeitgenössische Künstler wie Neo Rauch, Thomas Kuzio oder Markus Lüpertz in den letzten Jahren Bleiglasfenster entworfen, die mit Hilfe der historischen Technik umgesetzt worden sind.

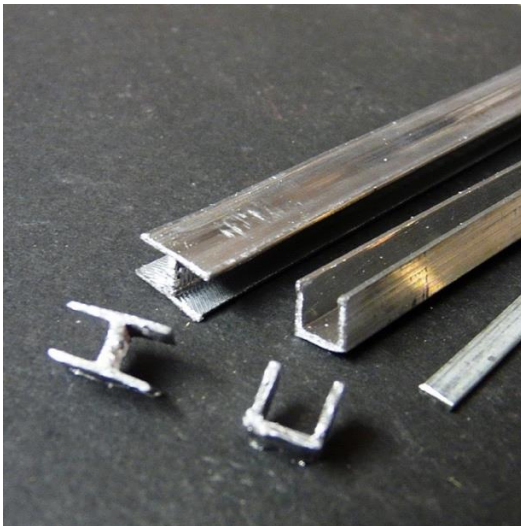


Abb. 27



Abb. 28

**1.8. Die Erhaltung und Restaurierung von technischen Kulturgütern.** Technische Kulturgüter sind materielle Zeugnisse der Technik- und Kulturgeschichte. Dieser Bereich umfasst, um nur einige Beispiele zu nennen:

- historische Industrieanlagen, Maschinen und Werkzeuge (z. B. Wasser- und Elektrizitätswerke, Produktionsstätten sowie die zugehörigen Ausrüstungen etc.)
- historisches Bahnmateriale (z. B. Lokomotiven, Bahnwagen, aber auch Anlagen und Ausrüstung rund um den Schienenverkehr, etc.)
- historische Landfahrzeuge aller Art (z. B. Nutzfahrzeuge, Personenwagen, Wettbewerbsfahrzeuge, Motorräder, landwirtschaftliche Fahrzeuge, aber auch Ausrüstung und Anlagen rund um den Landverkehr, etc.)
- historische Wasserfahrzeuge (z. B. Personenschiffe, Lastschiffe, Wasserfahrzeuge des Militärs, aber auch Anlagen und Ausrüstung rund um den Luftverkehr, etc.)
- historische Luftfahrzeuge (z. B. Flugzeuge, Zeppeline, aber auch Anlagen und Ausrüstung rund um den Wasserverkehr, etc.)
- andere Objekte wie beispielsweise römische Wasserleitungen oder historische Geräte und Anlagen aus Medizin, Forschung, Lehre.



Abb. 29



Abb. 30



Abb. 31



Abb. 32

Bleihaltige Lötmaterialien, Schwemzzinn, verbleite Bleche oder andere mit metallischem Blei hergestellte Komponenten sind häufig originaler Bestandteil von zentralen Bauteilen solcher Objekte.

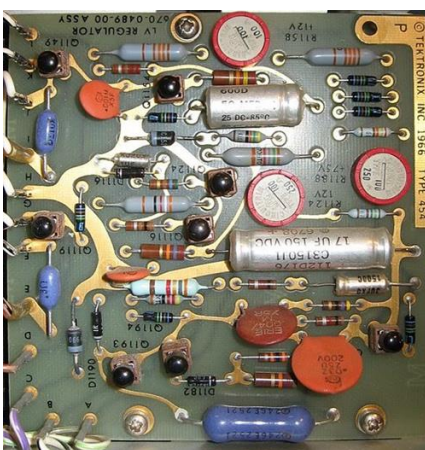


Abb. 33



Abb. 34

Da die Funktionsfähigkeit bei technischen Kulturgütern normalerweise wichtiger Teil der originalen historischen Aussage ist, werden diese häufig in betriebsfähigem Zustand gehalten sowie in Funktion präsentiert. Auf diese Weise bleibt der historische Kontext sichtbar und es können auch die teilweise komplexen historischen Kenntnisse rund um ihre Instandhaltung und ihren Betrieb für die Nachwelt bewahrt werden.





Abb. 35



Abb. 36

Zur originalgetreuen Instandhaltung, Reparatur und Restaurierung von technischen Kulturgütern werden unterschiedlich zusammengesetzte bleihaltige Lötmaterialien (z. B. Elektro-Lote, Lote für Kühler, sog. Schwemzinn zur Restaurierung von Karosserien) sowie verbleite Bleche und Legierungen für Guss- und Walzblei benötigt. Im Bereich von historischen Schienen- und Landfahrzeugen ist metallisches Blei außerdem Bestandteil von Gleitlagern und anderen Bauteilen.

**1.9 Traditionelle Druckverfahren im Bleisatz.** Dabei handelt es sich um historische Hochdruckverfahren mit aus Blei-Zinn-Antimon-Legierungen (sog. „Letternmetall“) gegossenen Typen.



Abb. 37



Abb. 38

Beim sogenannten „Handsatz“ oder mit Hilfe von Setzmaschinen werden die einzelnen Typen zur vollständigen Form einer Seite zusammengesetzt. Nach dem Abdruck kann die Druckform wieder in ihre Einzelteile zerlegt („abgelegt“) werden. Beim Maschinensatz mit gegossenen Zeilen, wie ihn Linotype- oder Ludlow-Gießmaschinen liefern, werden diese nach der Nutzung wieder eingeschmolzen und neu gegossen.

Entsprechende Methode zur Vervielfältigung von Schriftstücken revolutionierten die Reproduktion und Verbreitung von Wissen in einem zuvor nie gekannten Ausmaß. Die Techniken des Drucks im Bleisatz sind, zusammen mit anderen Drucktechniken, seit 2018 in Deutschland als immaterielles Kulturerbe anerkannt und geschützt. Entsprechende Methoden werden heute vor allem noch für besonders hochwertige sowie ästhetisch und künstlerisch anspruchsvolle Druckwerke eingesetzt.

## **2. Traditionelle Arbeitstechniken, aktuelle Erhaltungskonzepte für Kulturgüter und mögliche Ersatzmaterialien**

Bei den in diesem Bereich arbeitenden Spezialisten handelt es sich zumeist um Soloselbständige oder kleine Betriebe. Sie wären durch ihre begrenzten personellen Kapazitäten und finanziellen Ausstattungen nicht in der Lage, langwierige und teure Zertifizierungsverfahren zu absolvieren, um Einzelausnahmen für die Anwendung von Bleiwerkstoffen zu erreichen. Ohne Zugang zu diesen Materialien wären sie jedoch nicht mehr in der Lage, die Erhaltung der betroffenen Kulturgüter in der EU sicherzustellen. Dies betrifft auch die Möglichkeiten, die dafür benötigten Materialien herzustellen, zu lagern und in Verkehr zu bringen sowie entsprechende Blei-haltige Objekte aufzubewahren und öffentlich auszustellen.

EU-weit werden beispielsweise im Orgelbau jährlich etwa 50 Tonnen bleihaltiger Materialien benötigt<sup>1</sup> und allein bei den Restaurierungsarbeiten an der Fassade des Magdeburger Domes wurden zwischen 2010 und 2012 etwa 5 Tonnen Bleiwolle verarbeitet<sup>2</sup>. Trotzdem handelt es sich bei den für Kulturgüter eingesetzten Mengen nur um einen Promille-Anteil des gesamten jährlich in der EU verwendeten Bleis.

Die besonderen Eigenschaften von Blei (Formbarkeit, Klangeigenschaften, Verarbeitungsparameter) machen dieses Material für zahlreiche Kulturgüter unverzichtbar. Tests die vom International Scientific Committee for the Conservation of Stained Glass (ISCCSG) des ICOMOS und CVMA durchgeführt worden sind haben gezeigt, dass es aber zum Beispiel nicht möglich ist, innerhalb von historischen, mit bleihaltigen Legierungen gefügten Bauteilen Reparaturen mit bleifreien Ersatzmaterialien durchzuführen. In einem solchen Fall könnte zwischen den unterschiedlichen Materialien keine tragfähige Anhaftung erzielt werden<sup>3</sup> (s. Details unten).

Soweit praktisch möglich, werden bei der Erhaltung von Kulturgütern sowie im Kunsthandwerk und im Bereich der Bildenden Kunst heute bereits bleifreie Austauschstoffe verwendet. So hätte es auch gar keinen Sinn zu versuchen, moderne, bereits mit bleifreien Lötmaterialien hergestellte Komponenten mit bleihaltigem Lot zu restaurieren. Eine sichere und haltbare Anhaftung zwischen den verschiedenen Legierungen könnte auch in diesem (umgekehrten) Fall nicht gewährleistet werden.

Bleifreie Ersatzmaterialien sind in verschiedenen Bereichen nicht verwendbar, so zum Beispiel

**2.1. bei der Herstellung und Restaurierung von Orgelpfeifen bzw. Orgeln** (s. Abschnitt 1.1.). Gegossenes Pfeifenmetall aus Legierungen mit unterschiedlich hohen Anteilen von Blei und Zinn sowie die historisch verwendeten bleihaltigen Lötmaterialien mit niedrigem Schmelzpunkt sind maßgeblich für den typischen Klang der Instrumente und so letztendlich auch für eine unverfälschte musikalische Interpretation von Orgelmusik aller Epochen. Gleichzeitig kann bei Restaurierungen eine sichere und haltbare Anhaftung von bleifreien Reparaturmaterialien an vorhandenen bleihaltigen Lötstellen nicht gewährleistet werden. Die für den Orgelbau tradierten Kenntnisse und Arbeitstechniken, die seit 2017 von der UNESCO als immaterielles Kulturerbe der Menschheit anerkannt sind, können insgesamt nur zusammen mit den traditionellen Arbeitsmaterialien bewahrt werden.

Metallisches Blei ist auch entscheidend für die Funktion von so genannten „Regalen“. In der Mechanik dieser tragbaren Kleinorgeln werden in den Blasebälgen Bleistücke als Gegengewichte verwendet. Das besonders kleine Format dieser Instrumente und der sehr begrenzte Raum im Inneren erlaubt es nicht, andere (leichtere) Materialien dafür einzusetzen.

**2.2. bei der traditionellen Herstellung und Restaurierung von Blechblas-Instrumenten** (s. Abschnitt 1.2.). Bleifreie Ersatzmaterialien für Lötverbindungen sind hier aus technischer und klanglicher Sicht nur in seltenen Fällen verwendbar. Gleichzeitig kann bei Restaurierungen eine sichere und haltbare Anhaftung von bleifreien Reparaturmaterialien an vorhandenen bleihaltigen Lötstellen nicht gewährleistet werden. Die entsprechenden Materialien sind also unersetzlich für den Erhalt der handwerklichen Fertigung und Restaurierung von Blechblasinstrumenten in der EU sowie der dazu erforderlichen traditionellen Kenntnisse.

---

<sup>1</sup> Angaben des Bund Deutscher Orgelbaumeister e. V. vom April 2022.

<sup>2</sup>[https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw\\_Fugenverschluss\\_mit\\_Blei\\_Magdeburger\\_Dom\\_Sandstein\\_Restaurierung\\_Spaetgotik\\_195934\\_5.html](https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Fugenverschluss_mit_Blei_Magdeburger_Dom_Sandstein_Restaurierung_Spaetgotik_195934_5.html).

<sup>3</sup> Ergebnisse einer Testreihe mit bleifreien Lötmaterialien, berichtet von Dr. Ivo Rauch, Fachreferent ECHA/Blei des International Scientific Committee for the Conservation of Stained Glass (ISCCSG) im April 2022.

### **2.3. bei der traditionellen Herstellung, Reparatur und Restaurierung von verschiedenen anderen Musikinstrumenten**

Historische Blasinstrumente aus bleihaltigen Legierungen oder mit bleihaltigen Klappen werden heute nur noch museal präsentiert und konserviert. Dabei steht immer den Erhalt der historischen Substanz im Mittelpunkt, so dass ein Austausch originaler Komponenten aus Blei gegen andere Materialien eine Beschädigung der Originalität des Objektes bedeuten würde.

Historische Tasteninstrumente und ihre heute gebauten Kopien sind jedoch ein wichtiges Element im Rahmen der Erforschung und historisch informierten Aufführung von Musikwerken. Sie müssen deshalb entsprechend der originalen Konstruktionsweise und teilweise auch unter Verwendung von bleihaltigen Materialien bewahrt werden, um ihren typischen Klang und ihre authentische Funktionsweise zu erhalten.

### **2.4. bei der originalgetreuen Erhaltung und Restaurierung von historischen Dachbedeckungen mit Bleiplatten (s. Abschnitt 1.3.).** Sowohl die historische Anmutung als auch die originalgetreue Ergänzung und Restaurierung entsprechender Dächer erfordern auch heute noch Bleiplatten, Rollenblei, Bleiwolle und Bleibarren/Gussblei zum Abdichten von Fugen und Ansätzen. Nur damit lassen sich auch mehrfach eng gebogene, komplexe historische Formen authentisch nachbilden und der originalgetreue Gesamteindruck des Gebäudes bleibt erhalten.

### **2.5. für die Erhaltung, Reparatur und Restaurierung von historischen Bauwerken, Gebäuden und anderen Objekten aus Naturstein (s. Abschnitt 1.4.).** Die besondere Elastizität und die thermischen Eigenschaften des Materials machen Bleiwolle, Rollenblei und Bleibarren/Gussblei hier unverzichtbar. Nur auf diese traditionelle Weise lassen sich spezielle Fugenverschluss- und Verbindungstechniken in Natursteingefügen ausführen, die auch über sehr lange Zeit der Witterung, UV-Strahlung und starken Temperaturschwankungen widerstehen.

### **2.6. für die Gestaltung und Restaurierung von Kunstwerken bzw. kunsthandwerklichen Objekten aus Blei und Bleilegierungen (s. Abschnitt 1.5.).** Die besonderen Eigenschaften des Werkstoffes Blei ermöglichen Künstlern aller Epochen besondere Materialaussagen und Gestaltungsmöglichkeiten. Gleichzeitig sind entsprechende Materialien zur originalgetreuen und haltbaren Ergänzung bzw. Restaurierung solcher Kulturgüter unverzichtbar.

### **2.7. im Bereich von Bleiverglasungen** aller Epochen (s. Abschnitt 1.6.). Die Verwendung von Bleiruten und bleihaltigen Lötmaterialien mit niedrigem Schmelzpunkt bleibt hier essenziell, denn nur die traditionellen Materialien haben die notwendige Formbarkeit, Elastizität und die benötigten thermischen Eigenschaften (→ Wärme/Kälteeinwirkungen auf großflächige Verglasungen) für diese seit Jahrhunderten überlieferte Kulturtechnik. Dies gilt besonders für die Erhaltung von historischen Fenstern im Außenbereich, denn eine sichere und dauerhafte Anhaftung von bleifreien Reparaturmaterialien an historischen bleihaltigen Werkstoffen/Lötstellen kann nicht gewährleistet werden. Hier würde das partielle Einbringen moderner Austauschstoffe außerdem zu deutlichen Spannungen zwischen den unterschiedlichen Materialien und weitergehenden Schäden im historischen Gefüge führen. Auch diese jahrhundertealten Arbeitstechniken können nur bewahrt werden, wenn die notwendigen Materialien weiterhin verfügbar bleiben.

### **2.8. bei der Erhaltung von technischen Kulturgütern und Objekten des industriellen Erbes (s. Abschnitt 1.7.).** Da die Funktionsfähigkeit bei solchen Objekten wichtiger Teil der historischen Aussage ist, werden sie häufig in betriebsfähigem Zustand gehalten und in Funktion präsentiert. Unterschiedliche bleihaltigen Lötmaterialien mit niedrigem Schmelzpunkt werden für die Restaurierung von Kühlern, elektrischen Komponenten und Karosserieteilen benötigt, da eine sichere und haltbare Anhaftung von bleifreien Reparaturmaterialien an historischen bleihaltigen Werkstoffen (historische Lötstellen, verbleite Bleche, Komponenten aus Bleilegierungen) nicht erreicht werden kann. Gleichzeitig spielen besondere Anforderungen an die Elastizität und Belastbarkeit von Verbindungen bei Kühlern und anderen Komponenten eine entscheidende Rolle. Diese werden von Austauschmaterialien nicht erfüllt. Besonders beim Aufbringen von Schwemzmenn (einer traditionelle Arbeits- und Reparaturtechnik im historischen Karosseriebau) ist zu beachten, dass bleifreie Austauschstoffe nur in einem sehr viel höheren und deutlich enger begrenzten Temperaturbereich formbar sind als die traditionell verwendeten bleihaltigen Legierungen. Die damit erreichbaren Oberflächen sind ausserdem deutlich

härter, was die historisch üblichen Nachbearbeitungsverfahren („schlichten“ mit dem Karosseriehebel) ausschließt. Darum sind moderne Ersatzmaterialien für diese originalgetreue Restaurierungstechnik nicht verwendbar<sup>4</sup>.

Bleihaltige Werkstoffe werden außerdem für den Ersatz von Gleitlagern (Achsen, Kurbelwellen etc.) benötigt, ohne die die Funktionsfähigkeit nicht bewahrt werden kann.

Ein weiterer wichtiger Bereich ist der Ersatz sowie die Reparatur und Restaurierung von historischen Blei-Säure-Starterbatterien, die für den Betrieb von zahlreichen technischen Kulturgütern benötigt werden. Ihre bezüglich Nennspannung, Nennkapazität sowie inneren und äußeren Abmessungen oft sehr speziellen Auslegungen sind häufig nicht mit heutigen Starterbatterien kompatibel. Das führt dazu, dass solche Akkumulatoren teilweise nicht durch moderne Komponenten ersetzbar sind. Sie müsse stattdessen ebenfalls restauriert bzw. repariert werden, um die Funktionsfähigkeit und Authentizität von technischen Kulturgütern zu bewahren.

Die überlieferten Handwerkstechniken und Verfahren, die zur Erhaltung solcher Kulturgüter notwendig sind, genauso wie die Kenntnisse rund um ihre historische Funktion und ihren Betrieb können nur bewahrt werden, wenn auch die dafür notwendigen Materialien weiterhin verfügbar bleiben.

### **2.9. für traditionelle Hochdrucktechniken (s. Abschnitt 1.9.).**

Die historisch verwendeten Legierungen sind für das Drucken im Bleisatz nicht ersetzbar. Nur die überlieferten bleihaltigen Materialien sind fest genug, um der Abnutzung im Druckprozess gut zu widerstehen und gleichzeitig ausreichend nachgiebig, um das Papier nicht zu verletzen.

Die für entsprechende Hochdruckverfahren überlieferten Arbeitstechniken, genauso wie die Kenntnisse rund um die Anwendung dieses immateriellen Kulturerbes können nur bewahrt werden, wenn auch die für Lettern und Klischees notwendigen Materialien weiterhin verfügbar bleiben.

Dänemark hat bereits im Jahr 2000 weitreichende Reglementierungen für die Verwendung von metallischem Blei eingeführt. Darin sind praxisnahe Ausnahmen für die Reparatur von bereits existierenden Objekten und die Restaurierung vorgesehen<sup>5</sup>. Diese umfassen so zwar die Erhaltung und Restaurierung von historischen Kulturgütern, aktuelle künstlerische und kunsthandwerkliche Neuschöpfungen oder der Neubau von Musikinstrumenten (s. Abschnitte 1.1., 1.2., 1.3., 1.6. 1.7. und 1.9.) werden aber leider nicht berücksichtigt.

### **3. Umwelt- und Gesundheitsschutz, Recycling**

Es besteht kein Zweifel daran, dass metallisches Blei toxisch ist, nerven- und fruchtschädigend auf Organismen wirkt und sich im Körper und der Umwelt anreichern kann.

Den Arbeitsschutz sowie die gesundheitlichen Überwachungsmaßnahmen für den Umgang mit bleihaltigen Werkstoffen regeln bereits bestehende und von der europäischen Kommission als risiko-beherrschend anerkannte Rechtsvorschriften.

So werden beispielsweise in Deutschland alle Fachleute, die an und mit historischen Bleiverglasungen arbeiten, regelmäßig ärztlich auf mögliche Belastungen mit Blei untersucht. Recherchen bei den zuständigen Medizinern, Berufsgenossenschaften und Berufsverbänden in Deutschland haben ergeben, dass dort aus den letzten 20 Jahren lediglich eine berufsbedingte Bleivergiftung bekannt ist<sup>6</sup>. Die von den Berufsgenossenschaften ebenso routinemäßig angeordneten Blutuntersuchungen für die im Orgelbau tätigen Handwerker ergaben bis heute keine Hinweise auf Belastungen oberhalb der gültigen Grenzwerte<sup>7</sup>. Die im Bereich der Bleiverglasungen und beim Orgelbau verwendeten Verfahren (z. B. Transportieren, Lagern, Handhaben, Trennen, Formen, Fügen, Schmelzen, Löten) sind vergleichbar mit den Arbeitstechniken, die von fachkundigen Anwendern mit entsprechenden Materialien an anderen Kunst- und Kulturgütern angewandt werden. Auch dort wird beispielsweise beim Löten und Gießen von

---

<sup>4</sup> Ergebnisse von Versuchen mit bleifreien Ersatzmaterialien, zusammengefasst im Januar 2023 vom Referatsleiter Technik des Zentralverbandes Karosserie- und Fahrzeugtechnik (ZKF).

<sup>5</sup> s. z. B. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2006/87-7052-314-2/pdf/87-7052-315-0.pdf>, session vom 11. 9. 2022, S. 20, Abschnitt 16.

<sup>6</sup> Angaben von Dr. Ivo Rauch, Präsident des International Scientific Committee for the Conservation of Stained Glass von ICOMOS/CVMA. Dieser eine Fall lässt sich klar auf ein damals noch nicht bekanntes Zusammenspiel von baulichen Gegebenheiten (Anschlussfugen eines Glasfensters zum Mauerwerk) zurückführen. Die damals gewonnenen Erkenntnisse sind heute in neue Arbeitsschutzbestimmungen überführt worden.

<sup>7</sup> Angaben des Bundes Deutscher Orgelbaumeister e. V. vom April 2022.

Bleilegierungen mit Schmelztemperaturen von 300 bis 350 Grad Celsius gearbeitet, die noch weit unterhalb der kritischen Schwelle für die Freisetzung von Bleidämpfen (bei ca. 480°C) liegen. Die mit solchen Tätigkeiten betrauten Spezialisten werden außerdem bereits in ihrer Ausbildung intensiv zu den notwendigen Umweltschutz- und Sicherheitsauflagen geschult (Verhinderung des Eintrags in die Umwelt, Vermeidung von Stäuben beim Trennen und Formen, Schmelztemperaturen unterhalb der Verdampfung, persönliche Schutzausrüstung etc.) und wenden diese in ihrer Arbeit an.

In den Objekten und nach Restaurierungsmaßnahmen bleiben die verwendeten Bleimaterialien zumeist für sehr lange Zeit unverändert an Ort und Stelle und werden nicht in die Umwelt abgegeben (z. B. im Orgelbau, bei Bleiverglasungen oder im Fall von Natursteinfassaden meist deutlich mehr als hundert Jahre). Die entsprechenden Objekte sind normalerweise auch keiner Abnutzung unterworfen, durch die das Material freigesetzt würde.

Restmaterialien und nicht mehr verwendbare bleihaltige Komponenten werden seit Jahrzehnten in eingespielten, sicheren Recyclingkreisläufen übergeben und dienen der Herstellung von neuen Werkstoffen.

Für Endverbraucher (z. B. Musiker, Zuhörer, Nutzer von Räumlichkeiten mit Bleiverglasungen oder Natursteinfassaden, Museumsbesucher, Gäste und Betreiber von Museumsbahnen uvm.) geht von dem metallischen und in Legierungen gebundenen Blei im Bereich der Kulturgüter keine Gefahr aus, da sie keinen direkten Kontakt damit haben.

#### **4. Die Anwender und Hersteller der betroffenen Blei-haltigen Materialien**

Verglichen mit industriellen Verfahren und Anwendungen, auf die sich die Regelungen von REACH üblicherweise beziehen, geht es bei der handwerklichen, kunsthandwerklichen, künstlerischen und restaurierenden Arbeit an und mit Kulturgütern wirtschaftlich betrachtet nur um sehr begrenzte Nischenanwendungen. Diese sind jedoch aus gesellschaftlicher und historischer Sicht von großer Bedeutung.

Die mit und an Kulturgütern beschäftigten Fachleute arbeiten zumeist als Soloselbständige oder in Kleinbetrieben<sup>8</sup> und bei den entsprechenden Anwendungen handelt es sich nicht um industrielle Prozesse.

Die Fachbetriebe und Spezialisten wären durch ihre begrenzten personellen Kapazitäten und finanziellen Ausstattungen nicht in der Lage, langwierige und teure Zertifizierungsverfahren zu absolvieren, um Einzelausnahmen für die Anwendung von Bleiwerkstoffen zu erreichen. Dies würde zwangsläufig dazu führen, dass sie ihren Beruf nur noch eingeschränkt oder überhaupt nicht mehr ausüben könnten. Ein Verbot hätte für die Betroffenen also weitreichende sozioökonomische Folgen und gleichzeitig könnte auch die Erhaltung der betroffenen Kulturgüter in der EU nicht mehr sichergestellt werden.

Auch bei den Produzenten von bleihaltigen Spezialprodukten wie etwa den Bleiruten für Verglasungen handelt es sich traditionell um kleine Betriebe mit selten mehr als 10 Angestellten. Diese wären von ihrer Struktur und finanziellen Ausstattung nicht in der Lage, langwierige und teure Zertifizierungsverfahren zu absolvieren, um Einzelausnahmen von einem Verbot zu erreichen. Dies würde zwangsläufig dazu führen, dass diese Spezialunternehmen schließen müssten und die entsprechenden Produkte für Künstler und die Erhaltung historischer Objekte nicht mehr erhältlich wären.

Bei den wenigen größeren Herstellern, die aktuell immer noch bleihaltige Lötmaterialien, Blei in Rollen- oder Blechform, Bleiwolle, Bleibarren, bleihaltige Schwemzmzinn-Stangen oder ähnliche Produkte für die beschriebenen Arbeitstechniken erzeugen, führen kostspielige Zertifizierungsverfahren erfahrungsgemäß dazu, dass die damit unrentablen Materialien nicht mehr angeboten werden und ihre Produktion eingestellt wird. Damit wären diese zur Erhaltung von Kulturgütern nicht mehr verfügbar.

---

<sup>8</sup> Nach Schätzungen geht es beispielsweise im gesamteuropäischen Orgelbau um ca. 400 Mio. Euro Jahresumsatz und ca. 11.000 Beschäftigte inkl. der Zulieferbetriebe (Angaben des Bundes Deutscher Orgelbaumeister e. V. vom April 2022).

## 5. Ausblick

Wir möchten die ECHA aus gegebenem Anlass darum bitten, bei möglichen zukünftigen Regelungen die Arbeit für, an und mit Kulturgütern nicht außer Acht zu lassen. Bei den hier betroffenen Prozessen handelt es sich grundsätzlich nicht um die heute üblichen industriellen Verfahren, für die REACH eigentlich konzipiert worden ist. Es sollte also unbedingt beachtet werden, dass gerade in der Erhaltung und Restaurierung von Kulturgütern immer wieder historisch verwendete Materialien und Stoffe eine wichtige Rolle spielen, die heute in Herstellungs- und Reparaturprozessen ersetzbar sind oder dort schon lange nicht mehr angewandt werden.

Ein Beispiel dafür sind bleihaltige Spezialpigmente wie basisches Bleiweiß, Blei-Zinngelb, Bleimennige, aber auch andere Schwermetallverbindungen wie cadmium- oder chromhaltige Pigmente. Auch diese Materialien werden an Kulturgütern nur in sehr geringem Umfang eingesetzt und lediglich dann, wenn Austauschstoffe keine praktikable Alternative darstellen. Es ist darum wichtig, dass sie für professionelle Verwender verfügbar bleiben.

Aus diesem Grund möchten wir anregen, bei möglichen weiteren Reglementierungen im Rahmen von REACH den Bereich der Kunst- und Kulturgüter und die daraus möglicherweise resultierenden Auswirkungen auf die Gesellschaft und den Erhalt ihres Erbes von Anfang an mitzubetrachten. Dafür ist es wichtig, die mit diesen Themen speziell befassten internationalen Fachgremien (z. B. die European Confederation of Conservator-Restorers' Organisation (ECCO), das International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM), The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage (TICCIH) und das International Council of Museums (ICOM) and the International Council of Monuments and Sites (ICOMOS),) von Beginn an in die Konsultationen mit einzubeziehen. Wird durch eine geplante Reglementierung im Rahmen von REACH eine Bedrohung für das Kulturerbe und damit ein Schaden für das gesellschaftliche Gedächtnis erkennbar sollte es möglich sein, den Bereich der handwerklichen, kunsthandwerklichen, künstlerischen und restaurierenden Arbeit an und mit Kulturgütern im Rahmen zukünftiger Reglementierungen zu schonen.

## 6. Zusammenfassung

Die verantwortungsvolle Anwendung von Materialien aus und mit metallischem Blei ist unverzichtbar für die Gestaltung, Erhaltung und Restaurierung von Kulturgütern. Es handelt sich dabei nicht um industrielle Anwendungen, sondern um handwerkliche, kunsthandwerkliche, künstlerische und restaurierende Verfahren, die heute nur noch als hochspezialisierte Nischenanwendungen vorkommen.

Ein Verbot des Stoffes Blei und daraus folgend aufwendige Einzelgenehmigungsverfahren für den historisch und gesellschaftlich relevanten Bereich der Kulturgüter wäre eine essenzielle Bedrohung für deren Fortbestand. Gleichzeitig würden wichtige überlieferte Kulturtechniken unwiederbringlich verloren gehen. Dies gilt ebenfalls für Herstellung der dafür benötigten Materialien, die Möglichkeit diese zu lagern und in Verkehr zu bringen, sowie bleihaltige Objekte aufzubewahren und öffentlich auszustellen. Der aus einem Verbot entstehende Schaden für die Allgemeinheit, das kulturelle Erbe der Gesellschaft und das kollektive Gedächtnis wäre immens.

Wir möchten die ECHA deshalb dringend darum bitten, die Arbeit an und mit Kulturgütern und historischen Objekten von einer möglichen Verbotsregelung auszunehmen.

## 7. Anhang: Bildnachweise und Erläuterungen

- Abb. 1 Kirchenorgel von Berendt Hus (gebaut 1659), in der Marienkirche Mariendrebber (<https://www.welt.de/wissenschaft/article148870948/Bleifrass-beschaedigt-barocke-Orgeln.html>, session vom 11. 9. 2022)
- Abb. 2 Ansicht des Schwellwerks einer Orgel (<https://de.wikipedia.org/wiki/Orgelpfeife>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 3 Verlöten einer Orgelpfeife (<http://www.schantzorgan.com/pipemaking.html>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 4 Regal, 1. Hälfte 17. Jahrhundert, mit Balggewichten in Form von zwei massiven Bleiklötzen (Germanisches Nationalmuseum Nürnberg).
- Abb. 5 handwerkliche Herstellung einer Posaune mit Bleilöt (<https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/bremer-erfolgsgeschichten/meisterliches-blech>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 6 historisches Blechblasinstrument, restauriert mit Bleilöt (<https://www.etsy.com/de/listing/1000117407/rare-vintage-trompete-vega-fred-berman>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 7 historische Drachenkopf-Posaune, um 1830, restauriert mit bleihaltigem Lotmaterial (<http://www.muerner-restaurierungen.ch/de/index.php>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 8 Hammerklavier von 1828, mit ausgebleiten Tastaturgewichten (Germanisches Nationalmuseum).
- Abb. 9 historische Glasharmonika mit Schwungrad aus Blei (<https://ahojausprag.wordpress.com/category/musik/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 10 Verstemmen von Fugen mit Bleiwolle in einer Kirchenfassade (<https://www.bauh Handwerk.de/artikel/bhw-Fugenverschluss-mit-Blei-Magdeburger-Dom-Sandstein-Restaurierung-Spaetgotik-195934-5.html>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 11 Vergießen eines Metallelementes in Naturstein mit flüssigem Blei (<http://www.bildhauerei-schmidt.de/steinmetzarbeiten.htm>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 12 Dacheindeckung des Doms zu Köln mit Bleiplatten (<https://www.traumwanderungen.de/der-stein-vom-koelner-dom/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 13 komplexes barockes Dachornament, restauriert mit Walzblei in traditioneller Technik (<https://www.roehr-stolberg.de/dach-fassade/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 14 römische Venus-Statuette aus dem 2. oder 3. Jh. v. Chr, gegossen aus Blei (<https://www.catawiki.com/de/l/23026069-romisches-reich-blei-figur-der-venera-venus-6-7-cm>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 15 mittelalterliches Pilgerabzeichen des 15. Jh. aus Bleiguss (<https://www.catawiki.com/de/l/27701487-mittelalterlich-zinn-blei-legierung-pilgerabzeichen-von-maria-und-kind-drei-weisen-0x6x6-cm>, session vom 11. 9. 2022) aus dem Jahr 1990 (<https://www.slam.org/collection/objects/16397/> session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 16 Medaille aus bronziertem Blei mit dem Portrait von Andreas Imhoff (Germanisches Nationalmuseum Nürnberg)
- Abb. 17 Mariensäule von Wolfgang und Johann Baptist Hagenauer von 1771 vor dem Dom zu den Hl. Rupert und Vergil in Salzburg, mit einer Figurengruppe und Zierteilen aus Blei ([https://www.sn.at/wiki/Mariens%C3%A4ule\\_auf\\_dem\\_Domplatz](https://www.sn.at/wiki/Mariens%C3%A4ule_auf_dem_Domplatz), session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 18 Installation „Schewirat-ha-kelim“ („Der Bruch der Gefäße“) von Anselm Kiefer, 1990 – 2020, aus Bleiblechen, Glas und andere Materialien (<https://kultur-online.net/inhalt/%C3%BCdische-geschichte-und-gegenwart-deutschland>, session vom 10. 10. 2020).
- Abb. 19 Statuette „Mother and Child“ aus Bleiguss, gestaltet um 1939 von Henry Moore (<https://news.artnet.com/market/henry-moore-lead-sculpture-mantelpiece-2061326>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 20 Installation „Three Bodies“ mit drei Bleiplastiken von Antony Gormley, 1981 (<https://www.antonygormley.com/works/sculpture/series/three-part-object-works/three-bodies>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 21 bemalte historische „Zinnsoldaten“ um 1870 aus Blei-Zinn-Legierung (<https://www.stadtmuseum.de/objekte-und-geschichten/seltene-zinnsoldaten>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 22 aufwendig geschmückter Sarkophag für Prinzessin Hedwig Eleonor von Sachsen-Merseburg aus dem Dom zu Magdeburg, gefertigt 1693 aus einer Blei-Zinnlegierung (<https://www.kunst-denkmal-metall.de/2010/03/merseburg-dom-furstengruft-restaurierung-der-sarkophage/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 23 Mittelalterliches Fenster aus bemalten Glasflächen (in Bleiruten gefasst) aus dem 13. Jh., Saint Chapelle Paris, (<https://de.wikipedia.org/wiki/Sainte-Chapelle>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 24 Kirchenfenster gestaltet von Marc Chagall für die Kathedrale von Metz (<https://www.saarbruecker-zeitung.de/saarland/blickzumnachbarn/frankreich/centre-pompidou-in-metz-fuehrt-virtuell-durch-neue-ausstellung-chagall-ueberbringer-des-lichts-aid-54737203>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 25 Jugendstilfenster (in Blei gefasst) aus Belgien, um 1900, (<https://www.pinterest.co.kr/pin/294422894384670276/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 26 modernes abstraktes Kirchenfenster mit Bleifassungen von 1957, gestaltet von Georg Meistermann für die Heilig Kreuz Kirche Bottrop (<https://www.deutschlandfunk.de/kuenstler-gestalten-kirchenfenster-verwandelt-licht-100.html>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 27 Diverse Bleiruten für die Herstellung und Restaurierung von Bleiverglasungen (<https://de.wikipedia.org/wiki/Bleiglasfenster>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 28 Restaurierung eines Bleiglasfensters, verlöten der Bleiruten (<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Soldering.JPG>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 29 historische Taucherausrüstung von 1912 im Deutschen Museum München (<https://www.deutsches-museum.de/museum/sammlung/highlights/tauchgeraet>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 30 historisches Bahn-Stellwerk von 1911 in Lindau (<https://www.lindau.de/so-ein-schrankenposten-ist-eine-einsame-sache/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 31 Generator des historischen Wasserkraftwerkes Friedrichsseggen in Lahnstein, die Anlage von 1910 ist heute noch im aktiven Betrieb ([https://www.daslahntal.de/info/infosystem/Historisches-Wasserkraftwerk-Friedrichsseggen\\_Lah/poi.html](https://www.daslahntal.de/info/infosystem/Historisches-Wasserkraftwerk-Friedrichsseggen_Lah/poi.html), session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 32 historisches Dampfschiff „Stettin“, ein Eisbrecher aus dem Jahr 1933, der in Hamburg als Museumsschiff aktiv genutzt wird (<http://www.dampf-eisbrecher-stettin.de>, session vom 16. 12. 2022) (<https://www.fotocommunity.de/photo/historisches-wasserwerk-augsburg-ii-joachim-we/34822628>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 33 Platine eines Tektronix 454 Oszilloskops von 1966 (<https://www.radiomuseum.org/r/>, session vom 11. 9. 2022)
- Abb. 34 Schwemmzinn-Auftrag in der traditionellen handwerklichen Karosserierestaurierung (<https://www.hwk-reutlingen.de/ausbildung/ueberbetriebliche-ausbildung-ueba/inhalt-auszubildende/ueba-lehrgaenge/karosserie-und-fahrzeugbaumechanikerin.html>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 35 historischer Fahrzeugkühler in zerlegtem Zustand (<https://classic-portal.com/autokuehler-mayr/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 36 Verlöten eines historischen Kühlers bei der Restaurierung (<https://www.aks-dommermuth.de/de/portfolio-item/kuehlerbauundreparatur/>, session vom 11. 9. 2022).
- Abb. 37 Setzkasten mit beweglichen Lettern aus Blei-Antimon Legierung und Winkelhaken ([https://de.wikipedia.org/wiki/Setzkasten#/media/Datei:Metal\\_movable\\_type.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Setzkasten#/media/Datei:Metal_movable_type.jpg), session vom 17. 1. 2023)
- Abb. 38 Arbeit mit einer historischen Druckerpresse (<http://www.kentuckymonthly.com/culture/arts-entertainment/2020-writer-s-hall-of-fame-gray-zeit/>, session vom 17. 1. 2023)