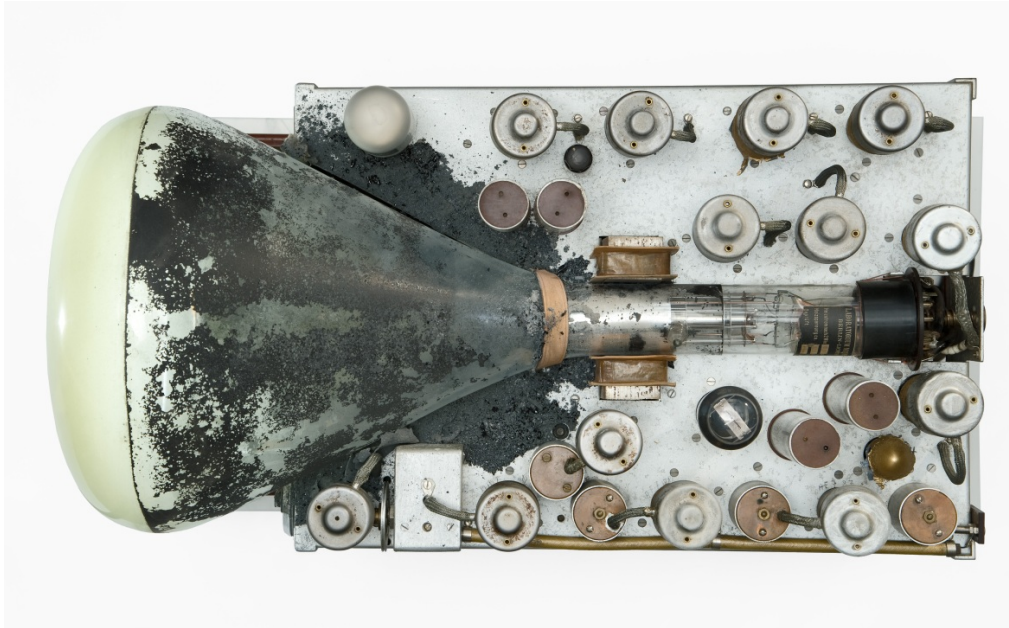


Die Röhren eines Fernsehempfängers der Lorenz A.G. von 1936
im Deutschen Museum, München



LEHRSTUHL FÜR RESTAURIERUNG, KUNSTTECHNOLOGIE UND KONSERVIERUNGSWISSENSCHAFT

Erster Prüfer: Professor Erwin Emmerling, TU München

Zweiter Prüfer und Betreuer: Dr. Oskar Blumtritt, Deutsches Museum

Zusammenfassung

Der Fernsehempfänger Modell 36 mit außenbeschichteter Bildröhre der Lorenz A.G. befindet sich seit 1937 am Deutschen Museum in München. Nur wenige dieser Modelle sind erhalten. Davon weist Keines eine Außenbeschichtung der Bildröhre auf. Seit Jahrzehnten zerfallen die Beschichtungen der Bild- und Elektronenröhren, so dass zu Beginn dieser Arbeit die Bildröhrenbeschichtung fast vollständig verloren war. Neben der Geschichte des Fernsehempfängers stehen in dieser Arbeit die Analyse der Beschichtungen sowie deren Konservierungsmöglichkeiten im Vordergrund.

Abstract

The television receiver Modell 36 of the Lorenz A.G. is part of the collection of the Deutsches Museum since 1937. Only a few of this kind have been preserved; so far no other model with an outside-coating of the cathode ray tube is known. In the last decades the coatings of the cathode ray tube and electron tubes started to decay. At the beginning of this work, almost the entire coating of the cathode ray tube is lost. Besides clearing the historical background the main topic of this paper is analyzing the materials used for the coatings and creating a concept of conserving them.

1 Identifikation	5
2 Geschichte	7
Braunsche Röhre	7
Elektronenröhre	8
C. Lorenz A.G. / Telefunken	9
3 Modelle der Lorenz AG: Geschichte und Vergleich	11
4 Der Fernsehempfänger Modell 36	17
5 Bildröhre	19
6 Elektronenröhre	25
7 Beschichtungen	35
Bildröhre	37
Elektronenröhren	39
Analyse der Beschichtungen	41
8 Schäden	49
Bildröhre	49
Elektronenröhren	50
Metallkappen auf den Elektronenröhren	52
Kabelisolierungen	52
Klima- und Schadstoffmessung	53
9 Gründe für die Alterung und Schäden	55
Materialien / Materialkombinationen	55
Beschleunigte Alterung durch äußere Bedingungen	61
10 Konservierung	63
Konzept	63
Aktive Konservierung	63
Präventive Maßnahmen	71
Durchgeführte Maßnahmen	73
11 Ausblick	75
12 Schlusswort	79

13 Literaturverzeichnis

83

Anhang

Anlagen

1 Identifikation

Bezeichnung:	Schwarz-Weiß Fernsehempfänger ohne Gehäuse
Inventar-Nr.:	37/70011
Hersteller:	C. Lorenz A.-G.
Herstellungsort:	Berlin-Tempelhof
Baujahr:	1936
Nummer:	63
Zugang:	05.05.1937
Zugangswert:	1500 RM
Maße:	Chassis 660x350x520 mm Braunsche Röhre: Durchmesser 270 mm

Bildröhre	Laboratorium Manfred von Ardenne
Aufkleber	Berlin Heizstrom nach 2 min: 0,58 Ampere Heizspannung ca. 3,30 Volt Geprüft: <i>Unterschrift (v. Ardenne)</i> Type Aa230 Nummer 34?

2 Geschichte

Die Entdeckung des fotoelektrischen Effekts bei Selen (1873) ermöglichte erstmals die Übertragung bewegter Bilder. Bis dahin gab es nur elektromechanische und -chemische Versuche zur Übermittlung von statischen Bildern, etwa den von ALEXANDER BAINS 1843 patentierten copying telegraph.

Der fotoelektrische Effekt bedeutet, dass einige Substanzen – u. a. Selen – ihren Widerstand entsprechend dem Lichteinfall verändern, optische Signale so in elektrische umwandeln können. Das Übertragen von Bildern, bewegt oder nicht, beruht auf dem Abtasten von Originalen beim Sender und einem synchronen Bildaufbau beim Empfänger, doch muss das Scannen bei bewegten Bildern viel schneller von statten gehen.

1884 meldete PAUL NIPKOW ein Patent auf ein Fernsehverfahren an, bei dem das Abtasten und der Aufbau der Bilder elektromechanisch erfolgen. Das Licht ging dabei durch sich drehende Scheiben, in denen sich spiralförmig angeordnete Löcher befanden. Das Nipkowsche Verfahren etablierte sich bis Mitte der 1930er Jahre als zuverlässiges Fernsehsystem, hatte aber auch Nachteile. Deshalb gab es zu Anfang des 20. Jahrhunderts Versuche, die trägheitsbehafteten elektromechanischen Verfahren durch das fast trägheitslose elektronische zu ersetzen. Auf der Empfängerseite gelang dies zuerst, wobei die so genannte Braunsche Röhre als Bildwiedergaberöhre verwendet wurde. 1931 stellte MANFRED VON ARDENNE ein vollelektronisches Fernsehsystem mit Braunscher Röhre beim Empfänger und Sender vor. Mit Hilfe seines „flying-spot-scanners“, einem Leuchtfleckabtaster, gelang ihm die erste elektronische Fernsehübertragung.

Die Bildabtast- bzw. Bildaufnahmeröhren unterlagen fortan einer speziellen Entwicklung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Braunsche Röhre

Der Physiker FERDINAND BRAUN konstruierte 1897 eine Röhre, um „*durch einen aufgeblendeten Kathodenstrahl die Kurvenform von Wechselströmen auf einen innerhalb der Röhre angebrachten Fluoreszenzschirm*“

aufzuzeichnen.¹ Da noch nicht bekannt war, dass die von der Kathode ausgehende Strahlung aus Elektronen besteht, wurde sie „Kathodenstrahlung“ genannt.

Verbessert wurde die Braunsche Röhre 1903 durch die von W. WEHNELT konstruierte Glühkathode zur Helligkeitssteuerung. MAX DIECKMANN schlug 1906 die Verwendung der Röhren für das Fernsehen vor und versuchte mittels einer Nipkow-Scheibe mechanisch Metallvorlagen abzutasten und als Schattenbilder auf einer Bildröhre darzustellen.

KENJIO TAKAYANAGI und BORIS ROSIG bauten in den 1920er Jahren, unabhängig voneinander, die ersten Schwarz-Weiß-Fernsehempfänger mit Bildröhre. TAKAYANAGI gelang es japanische Schriftzeichen zu übertragen, ebenso ein menschliches Gesicht.

Nach 1932 wurden Fernsehempfänger mit mechanischer Zusammensetzung der Bildpunkte durch solche mit Kathodenstrahlröhre verdrängt.

Elektronenröhre

Die Entdeckung von THOMAS ALVA EDISON, dass in der evakuierten Glühlampe ein Elektronenfluss zwischen den Enden eines Glühfadens stattfindet, bildet die Grundlage der Elektronenröhren. Dieses Phänomen wurde Edison-Richardson-Effekt genannt.

JOHN AMBROSE FLEMING, der 1904 die Vakuum-Diode patentieren ließ, erkannte, dass der Edison-Richardson-Effekt zur Gleichrichtung und damit Detektion von Radiowellen anzuwenden ist.

1906 meldete ROBERT VON LIEBEN seine quecksilberdampfgefüllte Verstärkerröhre mit zwei Elektroden und Streugitter zum Patent an. LEE DE FOREST erhielt in den USA fast zeitgleich für eine evakuierte Röhre ähnlichen Aufbaus ein Patent. Beide Röhren konnten nach einiger Entwicklungszeit elektrische Signale verstärken. Seit dem Ersten Weltkrieg setzten sich die Vakuumröhren auf dem Markt gegen gasgefüllte Röhren durch.

In der Folge gab es eine Vielfalt neu entwickelter Röhrentypen, etwa die Mischröhre (Doppelgitterröhre) für die Frequenzumsetzung von

¹ FUCHS 1937, S. 25.

Radiofrequenz auf Zwischenfrequenz im Superhet² der französischen Firma Métal (1924), oder die 1926 von PHILIPS entwickelte NF-Endpentode, die zum Standard-Verstärkerelement der Röhren-Ära wurde.

MANFRED VON ARDENNE entwickelte 1925/26 gemeinsam mit SIEGMUND LOEWE eine Mehrsystemröhre, in der drei Triodensysteme, vier Widerstände und zwei Kondensatoren untergebracht waren.

Ab den 1950er Jahren wurden die Röhren in Rundfunkempfängern, Verstärkern und Fernsehempfängern zunehmend durch Transistoren ersetzt.

C. Lorenz A.G. / Telefunken

Die Carl Lorenz AG geht auf die von CARL LORENZ 1880 gegründete Telegrafien-Bauanstalt in Berlin zurück. 1890 wird die Firma von ROBERT HELD übernommen und 1906 in C. Lorenz A.G. umbenannt. Elf Jahre später zieht die Firma nach Berlin Tempelhof. Ab den 1920er Jahren liegt ein Schwerpunkt der Firma in der Funktechnik. Erste Fernsehgeräte werden in den 1930er Jahren gebaut. Als ROBERT HELD 1930 stirbt, wird die Aktienmehrheit der C. Lorenz A.G. an die Standard Elektrizität-Gesellschaft (SEG) verkauft. Die Lorenz A.G. schließt mit VON ARDENNE einen Vertrag ab, nachdem dieser kurz zuvor die Zusammenarbeit mit LOEWE gekündigt hatte.



Abb. 1: Fertigung in der Lorenz A.G.
[Lorenz-Berichte 1937, S. 116].



Abb. 2: Werbung Modell 36 während der 13. Funkausstellung 1936 [<http://www.drm-berlin.de/themen-1-k-1936114.html>].

² Ein Superhet ist ein Überlagerungsempfänger, also eine elektrische Schaltung zum Empfang von hochfrequenten elektromagnetischen Signalen bei der das Antennensignal mit einer Zwischenfrequenz überlagert wird.

Die C. Lorenz A.G. ist in den kommenden Jahren auf der Großen Deutschen Funkausstellung und weiteren Ausstellungen mit ihren Geräten, auch den Fernsehempfängern, vertreten. Den Fernsehempfänger Modell 35 stellte die C. Lorenz A.G. auf der 12. Großen Deutschen Funkausstellung 1935 in Berlin vor. Modell 36 wird ein Jahr später auf der Funkausstellung beworben. Im Folgejahr steht das dem Modell 36 ähnliche Modell 37 im Mittelpunkt des Fernsehstandes auf der Funkausstellung. 1939 folgt auf der Funkausstellung die Präsentation des Einheits-Fernsehempfängers E1³ am Stand der C. Lorenz A.G. Dort wurde außerdem eine historische Übersicht der von Lorenz entwickelten Fernsehempfänger gezeigt, darunter auch das Modell 36.



Abb. 3: Stand der Lorenz A.G. 1939 [Lorenz-Berichte 1939, S.114].

Marktführer und nahezu Monopolist bei Lizenzen für Elektronenröhren und ein großer Konkurrent der C. Lorenz A.G. in der Funk- und Fernsehtechnik war Telefunken. Telefunken entstand 1903 aus Siemens & Halske und der AEG zu gleichen Teilen als Gemeinschaftsunternehmen und erhielt den Namen GESELLSCHAFT FÜR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE M.B.H., SYSTEM „TELEFUNKEN“. Bis zur Wirtschaftskrise 1929 machte Telefunken ihren Hauptumsatz mit Funkempfängern und -sendern.

Den ersten Fernsehempfänger stellte die Firma bei der 5. Großen Deutschen Funkausstellung in Berlin 1928 aus. Telefunken trieb die Produktion an Bild- und Elektronenröhren voran und entwickelte beispielsweise die Rechteck-Bildröhre des E1.

³ Bei der Entwicklung des E1 waren, neben der Lorenz A.G. die Fernseh A.G., Radio A.G. D.S. Loewe, TeKaDe und die Telefunken GmbH beteiligt.

3 Modelle der Lorenz AG: Geschichte und Vergleich

Der Fernsehempfänger Modell 36 kam anlässlich einer Sonderschau 1937 in das Deutsche Museum. FRANZ FUCHS, für die Schau zuständig, schreibt: „*Den inneren Aufbau eines Fernsehempfängers, der grundsätzlich stets für Bild- und Tonempfang eingerichtet ist, veranschaulichen zwei mit Glaswänden versehene Empfänger von C. Lorenz A.-G. aus den Jahren 1935 und 1936. Durch Konstruktionsverbesserungen wurde in einem Jahre eine erhebliche Verkleinerung des Gerätes bei gleicher Leistung erzielt. Die mit einer etwa 2 m langen Antenne versehenen Geräte werden durchwegs an 220 oder 110 V Wechselstrom angeschlossen. Abstimmung, Bildschärfe, Bildkontrast, Lautstärke und Klangfarbe werden meist durch 5 Knöpfe eingestellt.*“⁴



Abb. 4: Ausstellungsraum der Sonderschau 1937 [FUCHS 1937, S. 25].

Ebenfalls in der Ausstellung soll sich laut ARDENNE eine seiner Bildröhren mit Außenbeschichtung befunden haben.

⁴ FUCHS 1937, S. 36, 37.

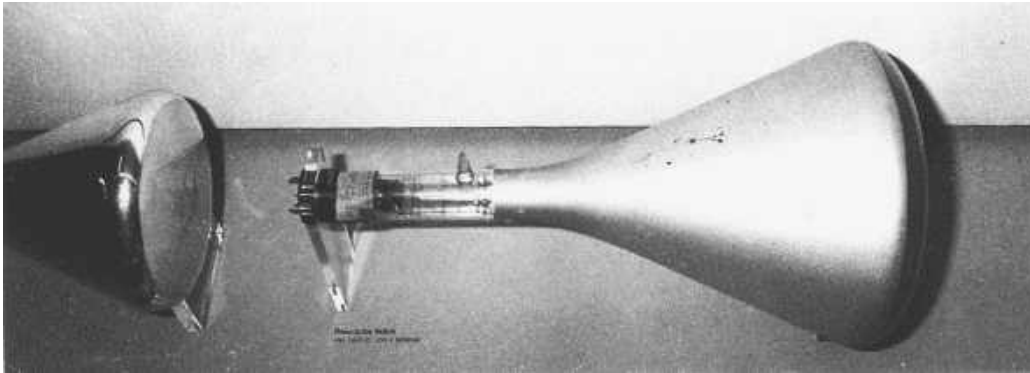


Abb. 5: Eine Ardennesche Bildröhre im Deutschen Museum [ARDENNE VON 1996, S. 41].



Abb. 6: Vergleich Modell 35 und Modell 36 [GÜNTHER 1937, Bd. 2].



Abb. 7: Modell 35 [Lorenz-Berichte 1935, S. 12].

Im Vergleich zum Vorgängermodell Modell 35 fällt auf, dass der Fernsehempfänger Modell 36 deutlich kleiner ist, trotz gleicher Bildgröße. Das bisher aus zwei Teilen bestehende Metallchassis des M 35 wird zu einem beim Modell 36. GÜNTHER schreibt: „*Sämtliche Teile, also der eigentliche Empfänger, das Ablenkgerät, der Tonempfänger und das Netzteil, ja sogar der Lautsprecher, sind in einem gemeinsamen Metallchassis untergebracht.*“⁵

Die Bedienung findet vorrangig mit nur zwei⁶, anstatt vier Knöpfen statt. Ton und Bild werden beim Modell 36 mit nur einem Knopf abgestimmt, da ein Superhet mit gemeinsamem Oszillator und gemeinsamer Mischröhre benutzt

⁵ GÜNTHER 1937, Bd. 2.

⁶ Mit dem rechten Knopf ist die Grundhelligkeit regelbar, der linke Knopf dient zur Abstimmung der Bildscharfe. Da es sich um so genannte Doppelgriffe handelt, kann man mit denselben Knöpfen außerdem die Gesamtverstärkung und den Ton regeln [GÜNTHER 1937, Bd. 2].

werden. Die Bildröhre des Modell 35 scheint aber wie die des Nachfolgemodells außen hell beschichtet zu sein. Es könnte sich um eine Bildröhre des gleichen Typs handeln.

„Elektrisch ist bemerkenswert, daß Ton und Bild mit einem einzigen Knopf abgestimmt werden können. Die Firma benützt einen Superhet mit gemeinsamem Oszillator und gemeinsamer Mischröhre. Da der Unterschied zwischen Ton- und Bildwelle stets gleich bleibt, läßt sich das Verfahren der gemeinsamen Abstimmung ohne Schwierigkeit durchführen.“⁷

Die Fernsehröhre von Modell 36 hatte VON ARDENNE entwickelt und hergestellt. Wahrscheinlich hat ARDENNE auch das Kippgerät mitentwickelt. Beim Modell 36 befinden sich sämtliche Teile auf einem Metallchassis. Es besitzt 15 Röhren für den Empfang sowie vier Gleichrichterröhren.

Das Modell 36 wurde zuerst mit Bildröhren hergestellt, die außen (hell) beschichtet waren. Im späteren Produktionsprozess wurden weiter Ardenne-Röhren verwendet, jedoch innen dunkel beschichtet. Charakteristisch für die Röhren aus der Ardenneschen Fabrikation sind der Pumpstutzen am Hals sowie der Sockel, über den alle Spannungen zugeführt wurden. Die Bildröhren weisen außerdem ein Klebeschild am Röhrenhals auf, welches technische Informationen, Typenbezeichnung, Prüfer und Nummer der Röhre nennt.

Das Folgemodell 37 ist annähernd baugleich und kaum vom Vorgängermodell zu unterscheiden. So bewirbt die Lorenz AG selbst das Modell 37 in den Lorenz-Berichten 9/1937 mit den Aufnahmen des Vorgängermodells.

Die innen dunkel beschichtete Bildröhre des Modell 37 stammt nicht mehr von ARDENNE, sondern von der C. LORENZ AG. Die Lorenz-Röhre hat nicht, wie die Ardenne-Röhre, einen Quetschfuß⁸ im Inneren, sondern eine Ringeinschmelzung.

⁷ GÜNTHER 1937, Bd. 2.

⁸ Ein Quetschfuß ist flach zusammengepresstes Glas, durch den die Anschlussdrähte der Elektroden, vom Sockel kommend, ins Innere der Röhre geführt sind.

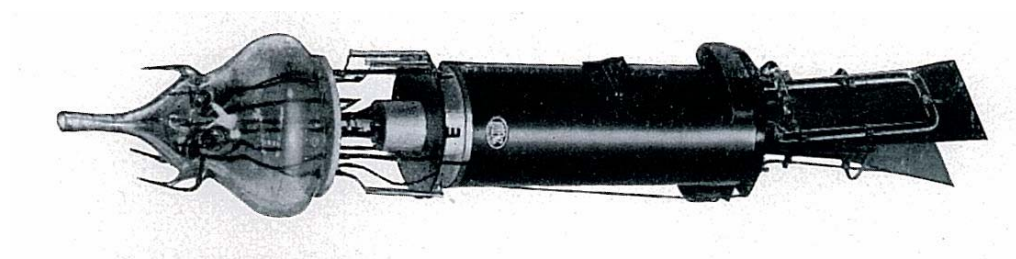


Abb. 8: Ringeinschmelzung [Lorenz-Berichte 1937, S. 121].

Während das Modell 36 180 Zeilen ohne Zeilensprungverfahren schrieb,
schrieb das M 37 441 Zeilen mit Zeilensprungverfahren.

Vergleichsmodelle

Deutsches Museum München:

Inv.-Nr.: 70193, Modell 36, Nr. 705

Inv.-Nr.: 70194, Modell 36, Nr. 707

Beide im Depot. Die Ardenneschen Röhren sind innen dunkel beschichtet. Die Kondensatoren der Firma Jaroslaw, Berlin sind ebenfalls leicht verändert in ihrer Kapazität.

Ein weiteres Modell 36, Inv.-Nr.: 70195 ist im Depot nicht aufzufinden.

Technikmuseum Berlin:

Modell 36, Nr. 725

Im Depot, ebenfalls mit innen dunkel beschichteter Bildröhre von ARDENNE.

Wie viele Fernsehempfänger vom Modell 36 hergestellt wurden ist nicht bekannt. Das Modell im DM (Inv.-Nr.: 70011) ist mit Nummer 63 bezeichnet. Die beiden ebenfalls im DM vorhandenen Modelle 36 mit innenbeschichteter Bildröhre, wie auch das M36 im Technikmuseum Berlin haben 700er Nummern. Dies könnte bedeuten, dass über 700 Stück von Modell 36 gefertigt wurden. Möglicherweise wurde aber auch bei der Produktion des Modell 36 mit innenbeschichteter Bildröhre die Nummerierung neu begonnen.

Unbekannt ist, wann und warum VON ARDENNE die Art der Beschichtung der Bildröhre veränderte.

Später wurden Bildröhren fast ausschließlich innen beschichtet. Es gibt nur wenige Beispiele für außen beschichtete Bildröhren, wie die Valvo-Bildröhre MW 31-16, die in einem Fernsehempfänger der Deutschen Werke Kiel⁹ (um 1950) verbaut wurde.

⁹ Typ 550 W; ein Modell dieser Art ist im Zentraldepot des Kommunikationsmuseum Frankfurt am Main erhalten. Die dunkle Außenbeschichtung ist in gutem Zustand.

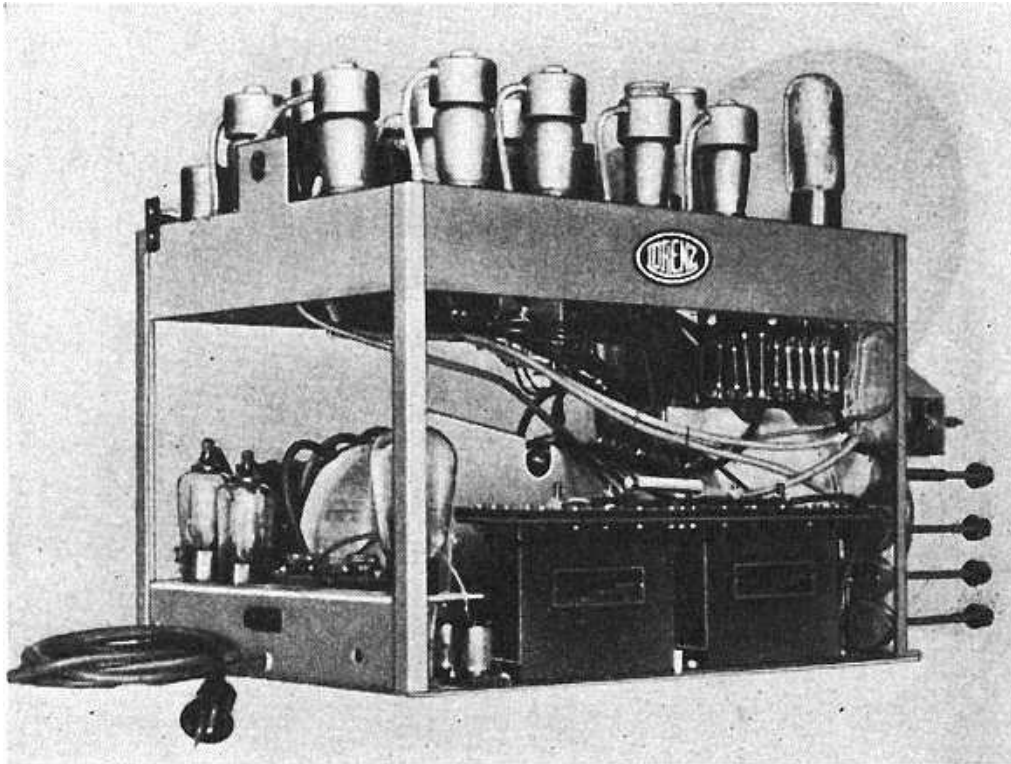


Abb. 9: Modell 36 Rückansicht [GÜNTHER 1937, Bd. 2].

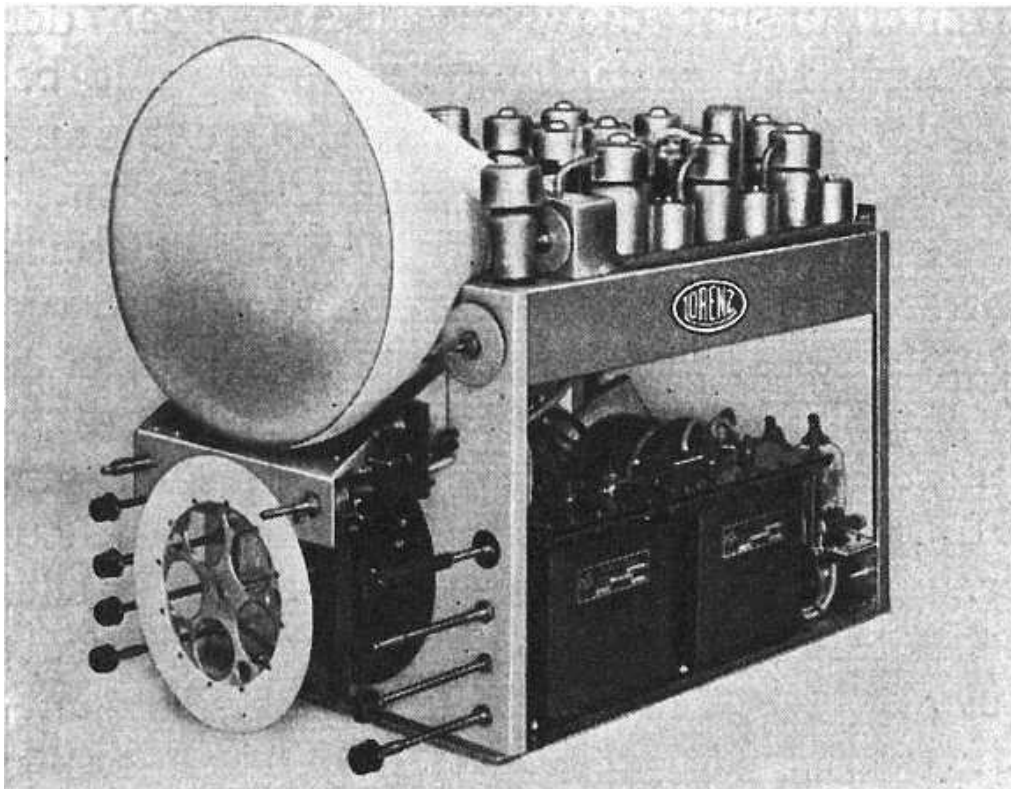


Abb. 10: Modell 36 Vorderansicht [GÜNTHER 1937, Bd. 2].

4 Der Fernsehempfänger Modell 36

Der Fernsehempfänger Modell 36 der C. Lorenz A.G. besteht aus einem Metallchassis mit zwei Ebenen, auf denen die einzelnen Elemente verbaut sind. Das Logo der C. Lorenz A.G. ist mittig an der Metallverstrebung der oberen Ebene angebracht.

Die Front dominiert der Bildschirm der Bildröhre. Unter diesem befinden sich zwei Knöpfe, mit denen die Bedienung hauptsächlich stattfand. Darunter ist ein helles Kunststoffrad mit einer Skala angebracht, das zum Einstellen der Sender dient. Von diesem läuft ein feiner Metalldraht über drei Metallräder zu dem am rechten oberen Rand angebrachten Antennenschwingkreis. Rechts und links unterhalb befinden sich je vier weitere Drehknöpfe für die Feinabstimmung. Ferner gibt es zwei Knöpfe rechts neben dem Bildschirm, die dem Benutzer nicht zugänglich waren und wohl werksintern zur Einstellung der Bildröhrenhochspannung dienten. Hinter dem Kunststoffrad befindet sich der mit Stoff bespannte Lautsprecher.

Auf der oberen Ebene des Metallchassis liegt mittig der zum Hals zulaufende Konus der Bildröhre, der am hinteren Ende in einem Anschlusssockel endet. Zwei Ablenkspulen sind etwa in der Mitte am Röhrenhals angebracht. In unterschiedlicher Anordnung befinden sich rechts und links davon je acht Elektronenröhren. Diese sind über Sockel und Metallkappen, von denen Kabel abgehen, angeschlossen. Zudem befinden sich auf jeder Seite zwei Elektrolytkondensatoren.¹⁰

Die untere Ebene wird durch insgesamt vier Kondensatoren der Firma Jaroslaw, Berlin - zwei am rechten, zwei am linken Rand - dominiert. Diese stabilisieren die Spannungsversorgung. Rückseitig sind auf einem Metallvorsprung drei weitere Elektronenröhren zu sehen die als Gleichrichter dienen und die den durch das Netzkabel kommenden Wechsel- in Gleichstrom umwandeln. Mittig sieht man die beiden radförmigen Spulen zur Spannungstransformation. Weitere kleinere Spulen sind an verschiedenen Stellen des Chassis untergebracht. Umgeben sind diese von einer Vielzahl an

¹⁰ Ein Elektrolytkondensator besteht aus einer Anode aus Metall, sowie dem Elektrolyt als Kathode. Auf der Anode entsteht durch Elektrolyse eine nichtleitende Isolierschicht als Dielektrikum.

Kabeln, kleinen Kondensatoren und Widerständen. Gemeinsam mit den Röhren dienen sie dazu, Schwingkreise für die unterschiedlichen Funktionen im Fernsehempfänger - Verstärkung, Generierung von Zwischen- frequenzen, -aufzubauen und zu optimieren. Mangels eines Schaltplans kann der Schaltungsaufbau nicht nachvollzogen werden.

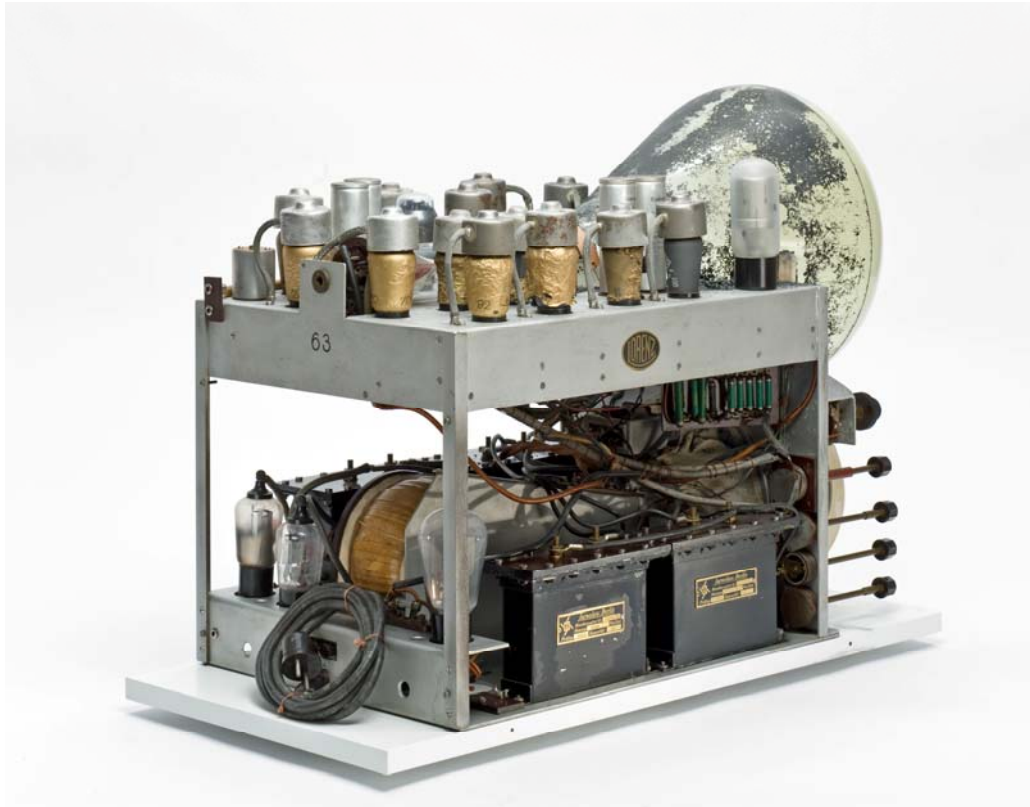


Abb. 11: Fernsehempfänger Modell 36 [Foto: H. CZECH, DM].

5 Bildröhre

Die Bildröhre, auch Braunsche Röhre genannt, ist eine Kathodenstrahlröhre, die einen gebündelten Elektronenstrahl erzeugt. Um das Bild auf dem Leuchtschirm zu generieren, wird der Elektronenstrahl zeilenweise über den Schirm geführt.

Aufbau und Funktion

Eine Kathodenstrahlröhre besteht aus einem geschlossenen, evakuierten Glaskolben, der unter einem Druck von ca. 1 bar steht. Sie enthält eine Glühkathode, einen Wehneltzylinder, der vor der Kathode sitzt und vorrangig der Helligkeitssteuerung dient (aber auch dafür sorgt, dass der Elektronenstrahl nach seiner Erzeugung nicht divergiert) sowie mehrere Fokussierungselektroden und eine Anode, die aus einer Vorbeschleunigungselektrode in Form eines Zylinders besteht, dessen parallele Ebenen in der Strahlenbahn liegen. Der Kolben mündet im Bildschirm. Dieser Schirm ist mit einem Leuchtstoff beschichtet, der bei Elektronenaufprall ab einer gewissen Intensität sichtbares Licht aussendet.

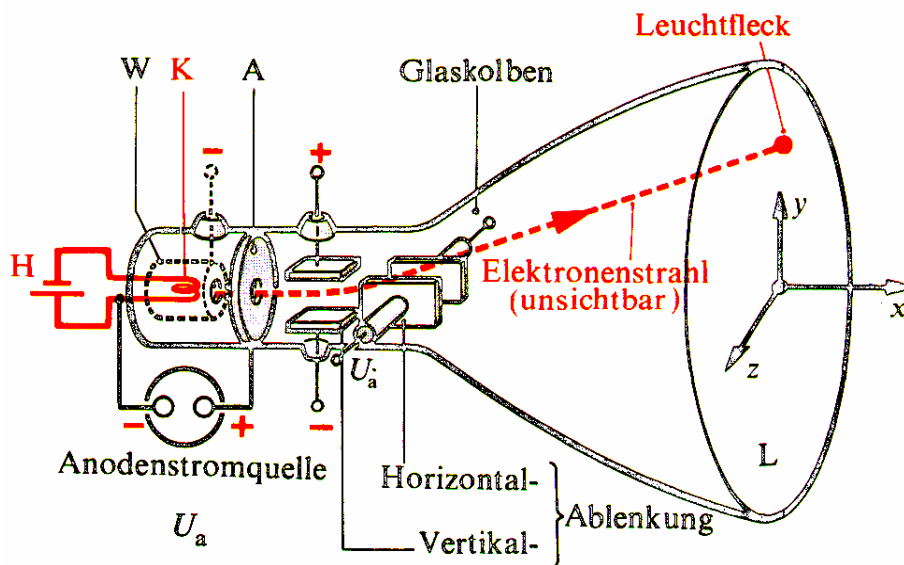


Abb. 12: Schematischer Aufbau einer Bildröhre [<http://www.physikmathe.de/BRAUN-RELAIS/BraunscheRoehre2.gif>].

A= Anode, K= Kathode, W= Wehneltzylinder, L= Bildschirm mit Leuchtstoff

Strahlerzeugung

Legt man zwischen Kathode und Anode eine hohe elektrische Spannung an, werden die aus der Kathode kommenden Elektronen beschleunigt. Treffen sie auf den Bildschirm, erzeugen sie Licht durch Fluoreszenz. Schwarz-Weiß-Fernsehbildschirme benötigen heute zwischen 14.000 und 18.000 Volt Anodenspannung, um den Leuchtstoff ausreichend anzuregen. Der Elektronenstrahl muss so fokussiert werden, dass auf dem Leuchtschirm ein scharf begrenzter Fleck entsteht. Die Strahlablenkung bei Bildröhren kann elektrostatisch oder -magnetisch erfolgen.

Herstellung

Die Bildröhren werden meist in mehreren Arbeitsgängen gefertigt. Hals, Konus und Bildschirm werden häufig getrennt hergestellt und dann mit einander verschmolzen. Oft werden unterschiedliche Glassorten verwendet.

Das Glas sollte eine hohe optische Qualität haben, außerdem möglichst Röntgenstrahlen abschirmen sowie mechanisch fest und spannungsfrei sein. Insbesondere ist auf eine gleichmäßige Stärke sowie auf Schlieren- und Verdickungsfreiheit bei der als Leuchtschirm dienenden Glasfläche zu achten. Die Leuchtstoffe werden in einer chemisch neutralen Flüssigkeit suspensiert., so wird der Auftrag gleichmäßig. Die Leuchtstoffpartikel setzen sich auf der Bildschirminnenseite ab. Nach dem Abgießen der Trägerflüssigkeit wird die Schicht getrocknet oder durch Brennen fixiert.¹¹

Über die Zusammensetzung schreibt WEINERTH: *„Der Leuchtschirm einer Kathodenstrahlröhre setzt sich aus verschiedenen Phosphoren zusammen, die bei Anregung durch Elektronenstrahlen jeweils Licht in charakteristischen Farben (Wellenlängen) emittieren.*

Durch geeignete Auswahl und Mischung können nahezu alle [...] Farben erzeugt werden [...] einschließlich der ‚unbunten‘ Farben weiß und grau. Schwarz wird eigentlich nicht erzeugt, sondern entsteht durch die Nichtanregung der entsprechenden Leuchtschirmpartien im Kontrast zu den umliegenden angeregten Partien. Bei monochromatischen Kathodenstrahlröhren erfolgt die Farbfestlegung durch die Mischung der Leuchtstoffe, bevor sie in die Röhre eingebracht werden.

¹¹ WEINERTH 1993.

Bei einer schwarz-weiß Röhre z. B. mischt man zwei Leuchtstoffarten mit zueinander komplementären Emissionsfarben: eine Blaukomponente: Zinksulfid (ZnS) und eine Gelbkomponente: Zink-Cadmium-Sulfid (ZnCdS)."¹²

FUCHS schreibt zur Wahl und Farbigkeit der fluoreszierenden Schicht: *„Die Farbe des Fluoreszenzfelds hängt von dem verwendeten Stoff und der Geschwindigkeit der Elektronen ab. So leuchtet z. B. Zinksilikat grün, Zinksulfid blaugrün, Kalzium- und Kadmiumwolframat blau, während Kalziumsulfid bei hohen Elektronengeschwindigkeiten nahezu weißes Licht, bei niederen Geschwindigkeiten grünes Licht gibt.“¹³*

Und weiter: *„Für die Wahl der Schirmsubstanz kommt neben der Lichtausbeute auch die Temperaturbeständigkeit, der Dampfdruck, die Sekundäremission, die Widerstandsfähigkeit gegen den Elektronenaufprall in Frage.“¹⁴*



Abb. 13: Quetschfuß [Foto: H. CZECH, DM].

Nachdem der Konus soweit vorbereitet ist, wird der Quetschfuß gefertigt. Dieser wird mittels eines über eine Tellerdrehmaschine gestülpten Glasrohrs hergestellt. Die Elektrodendurchführung wird gleichzeitig mit dem Glas erwärmt und in einen Fuß zusammengequetscht. Für den Quetschfuß wurde wegen der leichten Bearbeitbarkeit meist Bleiglas verwendet. Um die Durchführungen für die Plattenhalterungen herzustellen, werden am Kolben Glasansätze angeblasen. Dann werden die einzuschmelzenden Durchführungen mit Glas umwickelt und umgeschmolzen und die umwickelten

¹² WEINERTH 1993, S.103.

¹³ FUCHS 1939, S. 53.

¹⁴ FUCHS 1939, S. 68-69.

Durchführungen an die Ansätze angeblasen. Damit sind die Glasbläserarbeiten beendet.

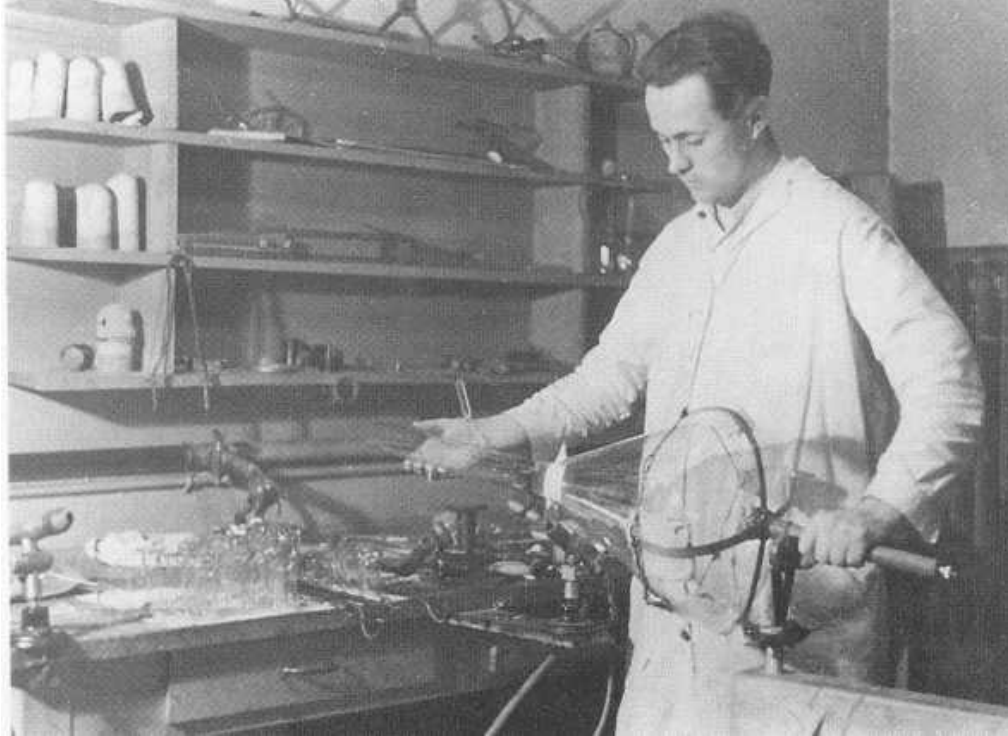


Abb. 14: Der Glasbläser EMIL LORENZ im Laboratorium VON ARDENNE bei der Arbeit [ARDENNE VON 1996, S.28].

Dann werden die einzubauenden Elektroden gefertigt. Alle Bestandteile sollten nicht mit Händen berührt und gründlich gereinigt werden. Geschieht dies nicht, entstehen Gasausbrüche der Elektroden in der Röhre und verursachen Nebenentladungen. Die fertig montierten Elektroden werden dann symmetrisch in den Röhrenkolben eingebaut. Danach wird die Kathodenstrahlröhre evakuiert oder mit Gas befüllt.

Die Röhre wird anschließend in den Sockel gekittet. Erreicht die Röhre eine hohe Anodenspannung, *„empfiehlt sich das Auffüllen des Sockels mit einem isolierenden Material, um Überschläge zu vermeiden.“*¹⁵

¹⁵ ARDENNE VON 1933, S. 166.

Bildröhre von Modell 36

Bei der im M 36 verbauten Bildröhre handelt es sich um eine Röhre aus dem Laboratorium von MANFRED VON ARDENNE, eine ehemals evakuierte Bildröhre, die im Inneren neben Kathode und ringförmiger Anode einen Wehneltzylinder aufweist und den bei diesem Modell üblichen Quetschfuß vor der Anode hat. Die vertikale Strahlablenkung liegt im Kolbeninneren, während sich die horizontale Ablenkung außerhalb befindet. Der Bildschirm ist innen mit einem hellgelben Leuchtstoff beschichtet. Auf der Außenseite der Röhre befand sich ursprünglich eine Beschichtung die den Konus bis ungefähr zur Mitte des Kolbens bedeckte.

Die Bildröhre gewinnt ihre Hochspannung über eine Netzgleichrichtung mit anschließender Transformation.

Die Anodenspannung liegt auf Nullpotential, die Heizung der Kathode auf ca. 3 kV, die äußere Beschichtung auf Nullpotential.



Abb. 15: Schild des Herstellers auf dem Bildröhrenhals [Foto: H. CZECH, DM].

6 Elektronenröhre

Elektronenröhren fungieren zur Gleichrichtung, Erzeugung, Verstärkung oder Modulation von elektrischen Signalen.

Das elektrische Bauelement besteht im Wesentlichen aus einem evakuierten Glaskolben, in den mehrere Elektroden eingelassen sind. Mindestens sind eine beheizte Kathode¹⁶ und eine Anode nötig. Über Durchführungsdrähte



Abb. 16: Schematische Darstellung einer Elektronenröhre;
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/8/8b/Heizungsarten_e-roehren.gif].

erfolgt die elektrische Verbindung mit der Schaltung.

Die Elektronen werden zur Anode, die aus Nickel- oder Eisenblech¹⁷ oder aus Drahtmaschen besteht, unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes gezogen. Beeinflussbar, d. h. beispielsweise verstärkbar, ist der Elektronenfluss durch ein Streugitter¹⁸, im Allgemeinen aus Molybdändraht gefertigt, zwischen den beiden Polen.

„In der Anfangszeit der Röhren bestand der Kolben ausschließlich aus Glas. Das waagrecht liegende Elektrodensystem wurde an stabile Haltedrähte in einem Quetschfuß angeschweißt. Diese Haltedrähte wurden mit Durchführungsdrähten durch

¹⁶ Es wird unterschieden zwischen einer direkten und indirekten Heizung. Bei der indirekten Heizung fließt der Heizstrom durch einen separaten Heizdraht. Die Wärme wird auf das Kathodenröhrchen übertragen. Bei der direkten Heizung ist der Heizdraht gleichzeitig die Kathode. Die Elektronenröhren älterer Fernseher sind, ebenso wie die Bildröhren, indirekt geheizt.

¹⁷ Anoden aus Blech nennt man Vollandode. Nachteil dieser Anodenart ist, dass die Wärme deutlich stärker aufgenommen und zurückgestrahlt wird.

¹⁸ Bei Mehrgitterröhren befinden sich zusätzlich zum Streugitter noch ein oder mehrere Bremsgitter und ein Schirm- oder Schutzgitter in der Elektronenröhre.

die Quetschverbindung geführt und schlussendlich in einen Sockel aus Bakelit eingefädelt und mit dessen Kontakten verlötet. Der Sockel wurde mit dem Glaskolben verkittet. Dieser Aufbau war eine direkte Weiterentwicklung der Glühlampenfabrikation und ermöglichte einen hinreichend stabilen Aufbau des Systems.

Die besondere Herausforderung besteht in einer vakuumdichten Verbindung von Durchführungsdraht und Kolben. Im Laufe der Zeit wurden hier Verbundmetalldrähte entwickelt, die beim Schmelzvorgang durch die Glasmasse gut benetzt werden und somit keine nennenswerten Lücken für Diffusion von Gasmolekülen hinterlassen. Auch die Glasgemische wurden weiterentwickelt, bis sich die Wärmeausdehnung von Anschlussdraht und Glaskolben nur noch unerheblich unterschieden.“¹⁹

Von außen sind Elektronenröhren beschichtet, um elektromagnetische Wellen abzuschirmen, die zu Störungen führen würden. RATHEISER schreibt hierzu: *„Bei den Hochfrequenz-Verstärkerröhren ist eine gute Abschirmung gegen äußere Einflüsse unbedingt erforderlich. Diese Abschirmung wird dadurch erzielt, daß man den Glaskolben außen mit einer gut leitenden Zinkschicht überzieht, die einen goldfarbigen Schutzüberzug erhält. Diese ‚Metallisierung‘ ist bei den neueren Röhren in einem besonderen Sockelkontakt geführt, damit sie nach Wahl mit dem Chassis bzw. direkt zur Aufnahme des Gettermaterials, z. B. Magnesium, das nach dem Auspumpen der Röhre durch indirekte Erhitzung mit hochfrequenten Wirbelströmen verdampft wird und als Metallspiegel an der Glaswand niedergeschlagen die gegebenenfalls vorhandene Gasreste begierig aufsaugt.“²⁰*

Angeschlossen wird ein Großteil der Röhren über den Sockel, der in eine Fassung gesteckt wird. Zuerst ist dieser meist als Stiftsockel ausgeführt, wird dann aber mehr und mehr zum Außenkontaktsockel. Der Glaskolben wird in einem Sockel befestigt. Um die beiden Teile zu verbinden, wurden verschiedene Kittmassen verwendet.

¹⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektronenröhre> (02.02.2011)

²⁰ RATHEISER 1938, S. 16.

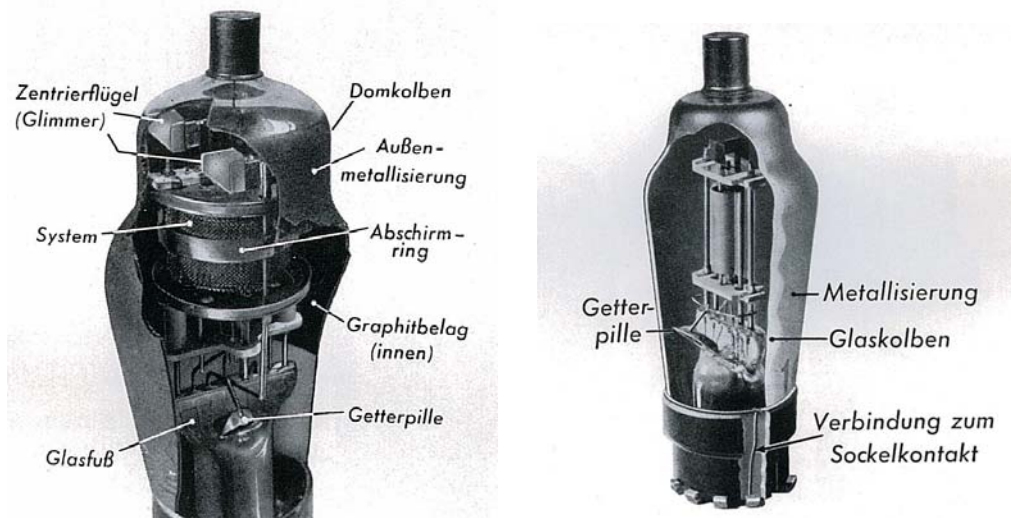


Abb. 17, 18: Querschnitte Elektronenröhren [RATHEISER 1938, S. 15, 16]

Herstellung und Materialien

Für Elektronenröhren wurden unterschiedliche Gläser verwendet. „Für Empfängerröhren der Massenfertigung wird leichtschmelzbares Glas bevorzugt. Bei Röhren, bei denen der untere Teil des Kolbens gestreckt ist, nimmt man für die Röhrenfüße gewöhnlich Bleiglas und für den Kolben Dolomitglas, also etwas schwerer schmelzbares Glas. Für Allglas-, Miniatur oder ähnliche Röhren verwendet man Bleiglas [...] Für Senderöhren mittlerer Leistung insbesondere für KW- und UKW-Röhren wird Borsilikatglas [...] verwendet [...]“²¹ Außen sind viele Elektronenröhren metallisiert. Im Inneren liegt auf Teilen des Glaskolbens häufig ein Graphitbelag.

Der Sockel ist meist aus Bakelit.

Eine Vielzahl unterschiedlicher Sockelkitt ist bekannt. Grob unterschieden werden die Kittmassen nach der Art ihrer Verfestigung in Schmelzkitt (Phasenveränderung), Reaktionskitt (chemische Reaktionen), Abbindekitt (Aufnahme von Kristallwasser) und Konstitutionskitt (Wasserabspaltung).²² Eine Vielzahl von Kittmassen wurden als Sockelkitt verwendet, z. B. Kreide- und Gipskitt, Schellackkitt.²³

²¹ ZAREW 1955, S. 204-205.

²² ESPE; KNOLL 1936, S.227.

²³ Rezepte zu Sockelkitten s. Anhang S. 39.

29/85

Elektronenröhren Modell 36

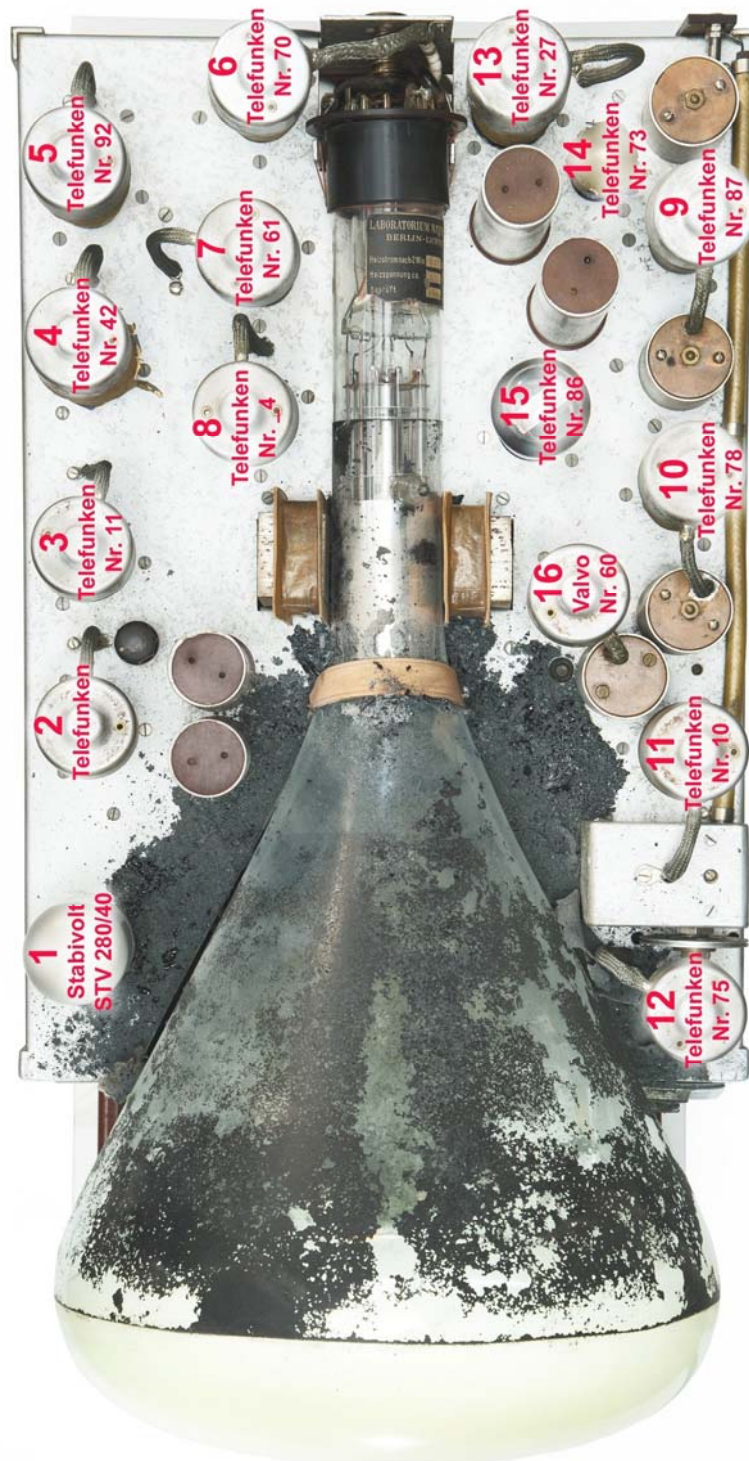
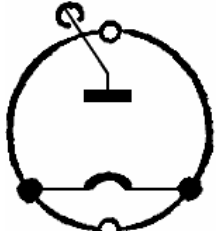


Abb. 19: Ansicht Fernsehempfänger von oben, Nummerierung der Elektronenröhren [Foto: H. Czech, DM].

	Hersteller	Bezeichnung	Farbe	Nr.	Sockelbezeichnung	Herstellung ab	Heizspannung
1	Stabilovolt	STV 280/40	milchglas				
2	Telefunken	AC2	schwarz	100/001	21.49.00		4 Volt
3	Telefunken	Bi – AC2	bronze	11	ta	08.1935	4 Volt
4	Telefunken		bronze	42	se	11.1935	4 Volt
5	Telefunken	Bi – AF7	bronze	92	dt	07.1936	4 Volt
6	Telefunken	Bi – AF7	bronze	70	dt	07.1936	4 Volt
7	Telefunken	Bi – AC2	bronze	61	ta	08.1935	4 Volt
8	Telefunken	Bi – AC2	bronze	_4	ta	08.1935	4 Volt
9	Telefunken	Bi – AF7	bronze	87	n-za		4 Volt
10	Telefunken	Bi – AF7	bronze	78	se	11.1935	4 Volt
11	Telefunken	Bi - AH1	bronze	10	nd	03.1936	4 Volt
12	Telefunken	Bi – AC2	bronze	75			4 Volt
13	Telefunken	Bi – AF7	bronze	27	se	11.1935	4 Volt
14	Telefunken	AB2 (?)	bronze	73			4 Volt
15	Telefunken	AL4	glas	89	ic	05.1936	4 Volt
16	Valvo	AF7	bronze	60	xz		4 Volt
17	Telefunken	RGN2004	glas		ye	02.1935	4 Volt
18	Loewe	NG 3020	glas	BK 1(?)077			2 Volt
19	Loewe	NG 30 (20)?	glas				2 Volt

Bezeichnung	Funktion / Anwendung	Eigenschaften	Sockelschaltung
Telefunken AB2	Doppelgleichrichter Hochfrequenz- und Zwischenfrequenz- gleichrichtung, Regelspannungserzeugung	Geringe Anheizzeit, klein, Trennung zwischen Regelspannungserzeugung und Empfangsgleichrichtung, indirekt geheizt, Außenmetallisierung an K angeschlossen.	
Telefunken AC2	Triode Oszillator, Empfangsgleichrichtung mit gleichzeitiger Niederfrequenzverstärkung, Niederfrequenzverstärkung	Domkolben, geringe Anheizzeit, verlustfrei, klein, gute Verstärkereigenschaften, indirekt geheizt, Außenmetallisierung an Sockelkontakt M angeschlossen	
Telefunken / Valvo AF7	Pentode Empfangsgleichrichtung, Niederfrequenzverstärkung, Hoch- oder Zwischenfrequenz- verstärkung	Drei Mehrgitterröhren Domkolben, geringe Anheizzeit, klein, kleine Heizleistung, klingsicherer Aufbau, hoher Innenwiderstand, gute Verstärkereigenschaften, indirekt geheizt, Außenmetallisierung an Sockelkontakt M angeschlossen	
Telefunken AH 1	Hexode Hoch- und Zwischenfrequenz- verstärkung oder Mischstufe in Verbindung mit der Oszillatorröhre AC2	Vier Mehrgitterröhren Geringe Anheizzeit, kleine Heizleistung, gute Regel- und Mischeigenschaften, indirekt geheizt, Außenmetallisierung an Sockelkontakt M angeschlossen	
Telefunken AL4	Endpentode Hochfrequenz-Endröhre	Drei Mehrgitterröhren Domkolben, geringe Anheizzeit, hohe Eigenverstärkung, indirekt geheizt	
Telefunken RGN2004	Zweiweg-Gleichrichterröhre		
Stabilovolt STV 280/40	Spannungsstabilisator		

Loewe NG 3020	Doppelgleichrichter für Hochspannung		
------------------	---	--	---

Abbildungen der Sockelschaltungen (AB2, AC2, AF7, AH1 und AL4) [RATHEISER 1938].

Abbildung Telefunken RGN2001 [http://www.radiomuseum.org/tubes/tube_rgn2004.html].

Abbildung Stabilovolt [http://www.radiomuseum.org/tubes/tube_stv28040.html].

Abbildung Loewe NG 3020 [http://www.radiomuseum.org/tubes/tube_ng3020.html].

Socket

Telefunken AB2	Außenkontaktsockel, 5 polig
Telefunken AC2	Außenkontaktsockel, 8 polig
Telefunken / Valvo AF7	Außenkontaktsockel, 8 polig
Telefunken AH1	Außenkontaktsockel, 8 polig
Telefunken AL4	Außenkontaktsockel, 8 polig
Telefunken RGN2004	Europasockel, 4 Stift
Stabivolt STV 280/40	Europasockel, 5 Stift
Loewe NG 3020	Europasockel, 4 Stift

Europäisches Schema

Das Europäische System entwickelte sich aus einem Bezeichnungsschlüssel, den TELEFUNKEN und PHILIPS zu Beginn der 1930er Jahre entwarfen. Es klassifiziert die Röhren nach Sockel, Systemtyp und Heizungsart.²⁴

	1. Buchstabe: Heizungsart (Spannung oder Strom)		2. Buchstabe: Systemart
A	4 V direkt oder indirekt	A	Diode
B	180 mA direkt aus Batterien	B	Zweiwegdiode, zwei Anoden zu einer Kathode
C	200 mA indirekt (Serienspeisung)	C	Triode
D	1,4 V direkt aus Batterien oder halbindirekt	D	Leistungstriode
E	6,3 V indirekt	E	Tetrode
F	12,6 V indirekt	F	Pentode
G	5 V indirekt	H	Hexode oder Heptode
H	150 mA indirekt	K	Oktode
I	(wurde schon für 20 V indirekt verwendet)	L	Leistungstetrode oder Leistungspentode
K	2 V direkt aus Blei-Säure-Zellen	M	Anzeige- bzw. Indikatorröhre
L	450 mA indirekt (Serienspeisung)	N	Thyratron
O	ohne Heizung (für gasgefüllte Röhren, auch Halbleiter)	P	Sekundäremissionsröhre
P	300 mA indirekt (Serienspeisung)	Q	Enneode (9-Pol-Röhre)
U	100 mA indirekt (Serienspeisung)	T	Zählröhre (digitale Anwendungen)
V	50 mA indirekt (Serienspeisung)	W	Einweg-Leistungsdioden mit spezieller Gasfüllung
X	600 mA indirekt (Serienspeisung)	X	Zweiweg-Leistungsdioden mit spezieller Gasfüllung
Y	450 mA indirekt (Serienspeisung)	Y	Einweg-Leistungsdioden
Z	ohne Heizung (für gasgefüllte Röhren)	Z	Zweiweg-Leistungsdioden

Außerdem gibt es ein Schema der Sockel²⁵. In diesem bezeichnet der Wertebereich 1-9 Außenkontaktsockel (5- und 8-polig), auch Oktal- und Europa-Stiftsockel mit Quetschfußaufbau, wie sie beim Lorenz Modell 36 vorkommen.

²⁴ RATHEISER 1995.

²⁵ Ein standardisiertes Schema der Sockel konnte erst 1963 eingeführt werden. Zu dieser Zeit gab es bereits viele Sockel, die nicht in besagtes Schema passten. Das momentan gebräuchliche Schema ist eher ein Anhaltspunkt als ein festgelegtes Schema.

7 Beschichtungen

Außen- oder Innenwände von Bild- oder Elektronenröhren müssen häufig metallisiert werden. Oft haben Bildröhren einen leitenden Innen- und Außenbelag. Vor allem elektrostatisch abgelenkte Röhren mussten gegen Störungen abgeschirmt werden. Dies trifft auch auf das Modell 36 zu: die vertikale Ablenkung ist elektrostatisch, die horizontale elektromagnetisch. Verschiedene Verfahren wurden für das Aufbringen des Außenbelags angewendet. Spritzt man Metall auf Glas wird zwischen zwei Verfahren unterschieden.

1 Schoopen

Beim Schoopen, nach dem Schweizer Erfinder der Methode M.U. SCHOOP benannt, geht es darum, Röhren zur elektrostatischen Abschirmung mit einer leitfähigen Außenmetallisierung zu versehen. Diese Metallisierung hat keine chemische Bindung zum Glas.

Damit die Metallschicht gut haftet, wird zuerst entweder eine dünne Schicht²⁶ aus Zaponlack, Schellack oder Leim aufgesprüht oder die Glasoberfläche aufgeraut. KRETSCHMAR erwähnt, dass „*keramische Körper und solche aus Glas zur Vermeidung von Spannungen vor dem Spritzen indirekt auf 150–200 Grad C vorzuwärmen sind.*“²⁷

Zuvor sollte die Oberfläche gut gereinigt werden. Das Metall²⁸ wird mittels einer Pistole zerstäubt. Es wird als Draht in die Pistole eingeführt und durch eine H₂O₂-Gebläseflamme oder durch elektrischen Strom geschmolzen, mit Druckluft zerstäubt und auf das zu metallisierende Objekt geschleudert. Die einzelnen Metalltröpfchen verschmelzen mit der ggf. zuvor aufgetragenen Lack- oder Leimschicht und erstarren zu einer leitenden Schicht. Da die Tröpfchen eine geringe Wärmekapazität aufweisen, wird das Glas kaum beansprucht. Die verspritzten Teilchen

²⁶ < = 0,2mm.

²⁷ KRETSCHMAR 1953, S. 41.

²⁸ Verwendet wurden Al, Sn, Zn, Pb, Ni, Fe, Cu und Legierungen wie Messing. Auch schwerschmelzende Metalle wie Wolfram lassen sich verspritzen.

besitzen eine recht hohe Temperatur. Durch den kalten Pressluftstrahl kühlen die Teilchen sofort nach dem Auftreffen ab und können so ihre Wärme nicht mehr an die Oberfläche abgeben. Daher können auch leicht brennbare Materialien wie Holz, Papier oder Zelluloid beschichtet werden. Zink wurde bei diesem Verfahren besonders häufig verwendet. Um dieses vor Oxidation zu schützen, wurde oft noch ein Aluminium-Sprühlack auf die Zinkschicht gespritzt oder eine Lackschicht.

2 Metallspritzverfahren ohne Lack- oder Leimschicht

Das Verfahren beruht, wie das Schoopen, darauf lötbare Metallüberzüge auf das Glas aufzuspritzen, die sich mit dem Glas verbinden. Das Glas wird nach dem Reinigen erhitzt und in heißem Zustand mit Aluminium aus einer Pistole bespritzt. Die Aluminiumteilchen verbinden sich mit der heißen Glasmasse. Nach dem Abkühlen entsteht eine körnige, raue Schicht. Zink und Kupfer haften nicht fest am Glas und sind deswegen für dieses Verfahren nicht geeignet.

Auch heute wird Zink in manchen Fällen noch aufgespritzt. Der Vorteil gegenüber dem Feuerverzinken ist die geringere thermische Belastung des Werkstücks.

Wird das Zink mechanisch auf das Werkstück aufgetragen, spricht man vom Plattieren.

Bildröhre

In Braunschen Röhren findet man häufig eine Ag-, Mg- oder Graphitschicht, die bei Modells 36 nicht vorhanden ist.

Die Außenbeschichtung kann aus verschiedenen Gründen aufgebracht worden sein.

- zur Abschirmung gegen Strahlung und Wärme
- um ein definiertes Außenpotential zu gewährleisten
- zur Reflexionsvermeidung auf dem Leuchtschirm.

VON ARDENNE nennt im Zusammenhang mit gasbefüllten Bildröhren einen weiteren Grund für eine metallisierte Außenbeschichtung: eine Anomalie, die bei der Ablenkung des Kathodenstrahls auftreten kann. Wenn der Kathodenstrahl über die Bildfläche läuft, können zusätzliche Schwingungen auftreten, sobald die Anodenspannung 2000 Volt übersteigt. Dies lässt sich durch die Wandladung der Glaswände der Röhre erklären, die durch gestreute oder Sekundärelektronen hervorgerufen wird. Erreichen die Wandladungen eine gewisse Höhe, dann erfolgt deren Kompensation durch positive Ionen, die im Gas enthalten sind. Eine unerwünschte Ablenkung des Strahls kann durch einen metallbespritzten Glaskolbens beseitigt werden.

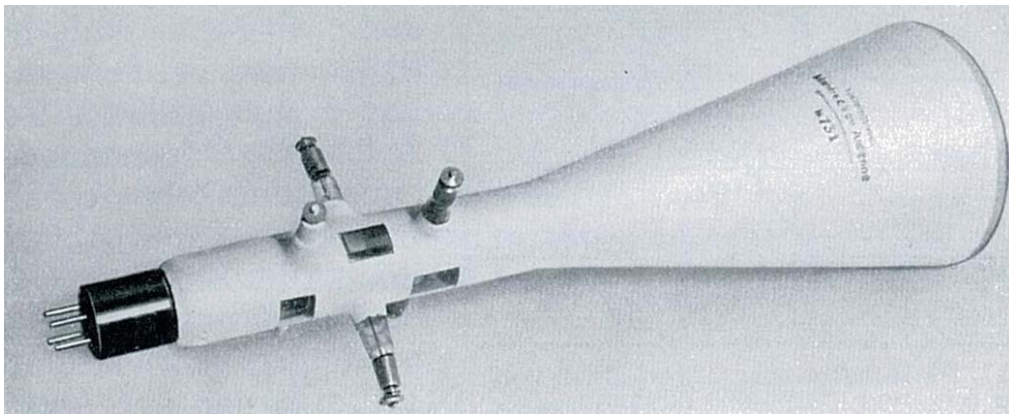


Abb. 20: Außen beschichtete Bildröhre [ARDENNE VON 1933, S. 99].

Weiter schreibt von ARDENNE: „Bei der Besprechung der Anomalien der Gaskonzentration wurde erwähnt, daß durch eine außen angebrachte leitende geerdete Umhüllung des Röhrenhalses in der Nähe der Ablenkplatten die

störenden Einflüsse der Glaswandaufladung weitestgehend geschwächt werden können. [...] Die nach dem Metallspritzverfahren aufgebrachte äußere Belegung braucht für die meisten Zwecke nur einen Teil der Strecke zwischen Fluoreszenzschirm und Ablenkplatten bedecken. Der Vorteil dieser Ausführung ist die Möglichkeit, den Schirm auch von der Innenseite zu betrachten.“²⁹

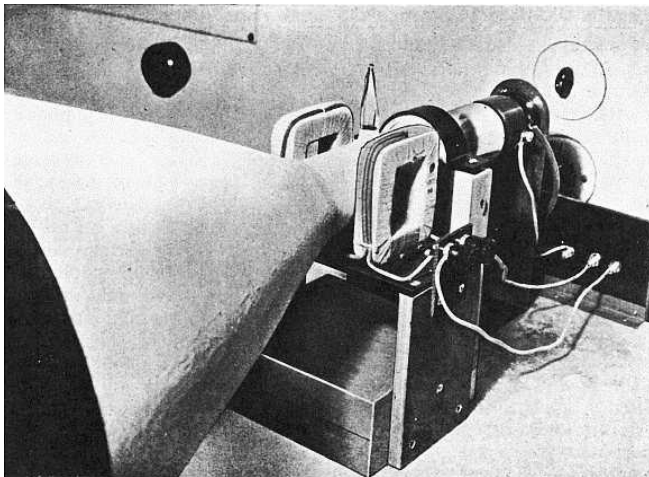


Abb. 21: Außenbeschichtete Ardenne-Bildröhre
[ARDENNE VON 1935].



Abb. 22: MANFRED VON
ARDENNE (links) mit außen
beschichteter Bildröhre
[GÜNTHER 1938].

²⁹ ARDENNE VON 1933, S. 98, 99.

Elektronenröhren

In der Literatur finden sich unterschiedliche Ansätze, wie Röhren beschichtet wurden. Häufig erfolgte das Beschichten durch das beschriebene Schoopen. Auch SCHARSCHMIDT nennt in seiner Röhrenhistorie Schoopen als Methode zur Beschichtung, schreibt auf Anfrage außerdem: *„Laut Telefunken verwendete man dort ab ca. 1929 zur Metallisierung Zinkfarbe, die durch Zusätze vermischt z.B. wie polymeren organischen Bindemitteln, Methylzellulose oder mit Amylazetat gelöste Nitrozellulose, gelierte Kieselsäure-Suspension, Paraffin, Naphtalin, Xylol oder Methanol aufgesprüht und danach getrocknet bzw. eingebrannt wurde.“*³⁰

Das *Röhren A-Z* beschreibt verschiedene Gründe für die Außenmetallisierung der Elektronenröhren: *„Bei indirekt geheizten Röhren [...] verhindert die Außenmetallisierung, die an der Kathode und damit am Ende angeschlossen ist, Beeinflussungen des Entladungsvorgangs durch elektrische Streufelder. [...] Bei den Schirmgitterröhren [...] bei denen es auf die Erzielung besonders kleiner Innenkapazitäten [...] ankommt, können durch den Innenspiegel [...] unerwünschte Kopplungen auftreten. Da eine galvanische Erdung des dünnen Innenspiegels nicht zuverlässig ist, wird er durch den Außenspiegel kapazitiv sicher geerdet; so werden die inneren Kopplungen unschädlich gemacht und damit die Gitter-Anoden-Kapazität wesentlich herabgesetzt. Daneben verhindert der Außenspiegel Kopplungen des Röhrensystems mit den Aufbauelementen der Schaltung [...] Die Metallisierung der neuen Röhren mit Außenkontaktsockel ist meist an eine besondere Kontaktzunge geführt. Sie kann also unmittelbar mit dem Chassis des Gerätes verbunden werden.“*³¹

Sind Elektronenröhren in mehreren Schichten mit unterschiedlichen Metallen beschichtet, so muss die Schicht, die auf der auf den Glaskörper aufgespritzten Schicht liegt, nicht automatisch mit demselben Verfahren aufgebracht worden sein. Möglich wäre beispielsweise, dass die zweite Schicht als Metallfolie aufgebracht wurde.

Metallbeschichtete Röhren waren häufig mit einem Schutzlack überzogen, um eine Oxidation zu vermeiden.

³⁰ E-mail vom 27.09.2010 von SCHARSCHMIDT an HAAS.

³¹ Röhren A-Z 1935, S. 15, 16.

Stempel

Elektronenröhren wurden auf den Beschichtungen mit Nummern, Firmenlogo und Bezeichnungen versehen.

Aus der Zeit vor 1940 ist nicht sicher bekannt, wie die Röhren bedruckt oder gestempelt wurden. Im Industriesalon Berlin sind Druckmaschinen von der AEG für konische Röhren ausgestellt. Zwar sind die Maschinen von 1940 und für nicht beschichtete Elektronenröhren ausgelegt, jedoch lässt sich das Verfahren auch für beschichtete Elektronenröhren anwenden. Die Druckfarbe wird mit Gummirollen auf Metallbuchstaben übertragen und von dort auf ein dickes Gummituch. Auf diesem wurden die Röhren dann abgerollt.

Analyse der Beschichtungen

Im Zentrallabor des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege wurden zwei Proben der schwarzen Bildröhrenbeschichtung sowie eine Probe (Probe 3), die an einer Elektronenröhre (5) entnommen wurde, untersucht. Als Proben der schwarzen Bildröhrenbeschichtung wurden das auf dem Sockel aufliegende Pulver (Probe 1) und loses Material genommen, das auf der Glasröhre auflag (Probe 2) und zum Teil noch den Glanz der intakten Beschichtung aufwies. Mittels Röntgendiffraktometrie³² und Röntgenfluoreszenz³³ wurden die drei Proben untersucht.

Ergebnisse

Probe 1: Zinkoxid und metallisches Zink, mit Spurenelementen anderer Metalle, die aber auf Grund ihres geringen Vorkommens in der Probe zu vernachlässigen sind.

Probe 2: Zinkoxid und metallisches Zink, mit Spurenelementen anderer Metalle, die auf Grund ihres geringen Vorkommens in der Probe zu vernachlässigen sind. (Spurenelemente in Probe 1 und 2: Ca, Cr, Fe, Ni und Cu. Auffällig ist, dass Probe 2 mehr Ca aufweist).

Probe 3: Zinkoxid, metallisches Zink und Kupfer. Anhand der Peaks lässt sich sagen, dass es sich nicht um Messing handelt, da dann der Cu-Peak deutlich stärker ausgeprägt sein müsste.

Um Aufschluss über die Verteilung von metallischem Zink, ZnO und Kupfer zu erhalten, wurde eine Probe einer Elektronenröhre (4) entnommen und ein Querschliff hergestellt.

³² Röntgendiffraktometrie ist die Beugung von Röntgenstrahlung an Kristallstrukturen. Die Röntgenstrahlung wird an den Elektronenhüllen der Atome gebeugt. Die vom Atom ausgehenden Wellen interferieren miteinander und je nach Abstand der Atome entstehen so verschiedene Gangunterschiede.

³³ Bei der Röntgenfluoreszenz werden Materialien durch Röntgenstrahlung angeregt. Durch Emission der charakteristischen Strahlung können die Zusammensetzungen bestimmter Materialien bestimmt werden.

Dieser Querschliff wurde mittels REM-BSE³⁴ von HERR GRUBER, Zentrallabor des BLfD untersucht.



Abb. 23: Querschliff Elektronenröhrenbeschichtung (4).

³⁴ Bei der Rasterelektronenmikroskopie BSE (Rückstrahl-Sekundärelektronen) wird die Probe mit einem Elektronenstrahl beschossen und die ausgelösten Sekundärelektronen werden detektiert. Durch Emissionsrate und Energieverteilung können Rückschlüsse auf die Oberflächen-Beschaffenheit und Materialeigenschaften gezogen werden.

43/85



Abb. 24: REM-BSE Bild.

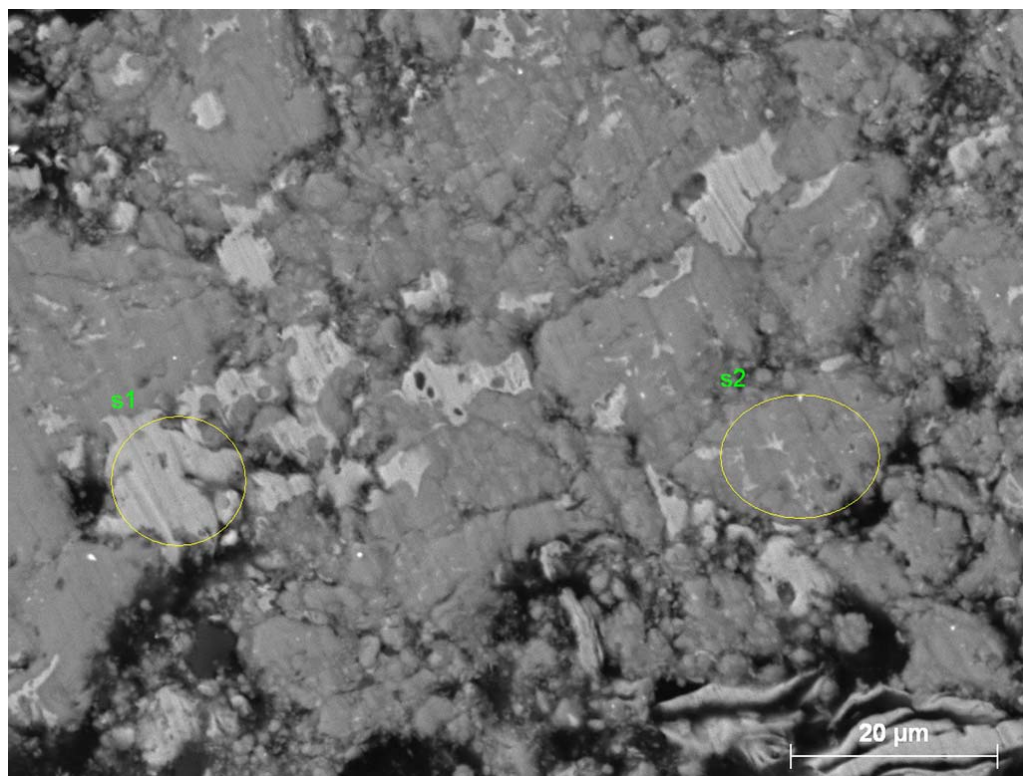


Abb. 25: REM-BSE, s1: Zink, metallisch; s2: Zinkoxid.

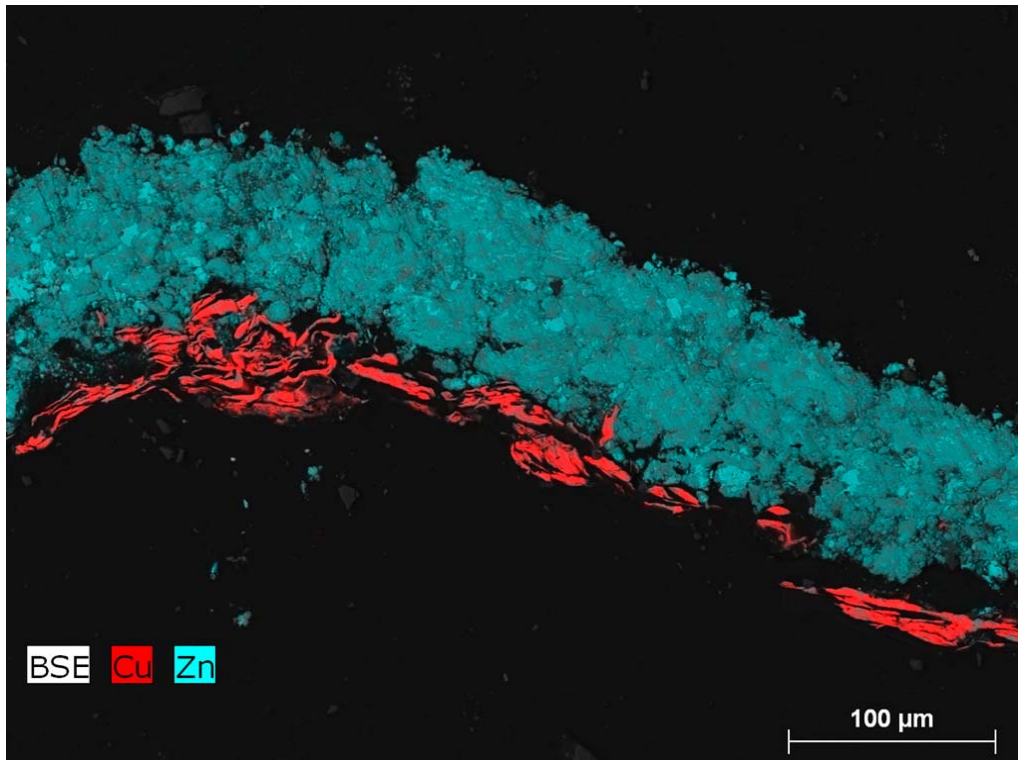


Abb. 26: Kupfer-Zink-Elementverteilung.

DR. JOHANN ROTT vom Landeskriminalamt München untersuchte zwei Proben hinsichtlich organischer Bestandteile mit Mikroskop-FTIR³⁵ und Pyrolyse GC-MS³⁶. Für die Probe 4 wurde direkt von der Bildröhre ein Beschichtungsrest entnommen. So sollte sichergestellt werden, dass, falls auf der Glasröhre organische Lacke oder Leime vorhanden sind, diese auch festgestellt werden können. Probe 5 stammt von der abstehenden Beschichtung der Elektronenröhre (4).

Ergebnisse

³⁵ = Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie. Die Infrarotspektroskopie beruht auf der Anregung von Energiezuständen in Molekülen durch infrarotes Licht. Die Methode kann zur Strukturaufklärung und quantitativen Bestimmung von Substanzen verwendet werden.

³⁶ Bei der Pyrolyse GC-MS werden organische Verbindungen thermo-chemisch gespalten, um beispielsweise einzelne polymere Bestandteile zu erhalten oder um Additive zu identifizieren. Die Probe wird hierzu in einem Ofen unter einem Intergasstrom thermisch (bei Temperaturen von 500-900° C) gespalten. Die daraus resultierenden Produkte werden gaschromatographisch getrennt und unter dem Massenspektrometer analysiert.

45/85

Probe 4: Nitrocellulose, eventuell Alkydharz. Dies könnte auf einen Nitrokombinationslack hinweisen.

Außerdem: Zinkcarbonat

Probe 5: Auf der Kupferschicht: Nitrocellulose, eventuell Alkydharz. Dies könnte auf einen Nitrokombinationslack hinweisen. Außerdem fand sich Zinkcarbonat in der Zinkschicht

Bei dieser Probe wurde neben der Transmissionsmessung auch eine Reflexionsmessung durchgeführt. Die Reflexionsspektren lieferten ein relativ gutes Spektrum im Vergleich zu den Transmissionspektren.

Nitrocellulose ist in den Proben 4 und 5 sicher nachgewiesen. Bei Probe 4 wurde diese auf dem Glas der Bildröhre festgestellt, bei Probe 5 auf der Beschichtung der Elektronenröhren. Auf dem Glas der Elektronenröhren konnte keine Nitrocellulose nachgewiesen werden, dies liegt aber wahrscheinlich vorrangig an der Probe, die von der abstehenden Beschichtung entnommen wurde, also nicht direkt vom Glaskörper der Röhre.

Beide Proben wurden anschließend mit Pyrolyse GC-MS untersucht, um die Komponenten genauer bestimmen zu können. Die Pyrolyse findet bei einer Pyrolysetemperatur von 750° C (Temperatur in der Pyrolysekammer 250° C) statt.

Ergebnisse

Probe 4

RT [min]	Substanz
6.78	Heptanal
8.88	Cymen
9.63	Methylcycloocten
11.05	Phenol-2,5-dimethyl
16.68	Dimethylphthalat
19.51	1,3,7-Trichlornaphthalin
20.75	Diisobutylphthalat (gehört nicht zur Probe; kommt aus Gerät)
21.77	Dibutylphthalat (Weichmacher)
25.80	Benzylbutylphthalat (Weichmacher)

RT= real time

Probe 4 + TMAH*

Ret. Zeit	Substanz
7,03	Glycerintrimethylether
7,13	Hexansäuremethylester
7,28	2-Butanamin-N-methyl-N-nitroso
9,53	Maleinsäuredimethylester
10,95	Benzoessäuremethylester
16,67	ortho-Phthalsäuredimethylester
24,6	Isopimarsäuremethylester (Isopimarsäure = Naturharzkomponente)
24,7	Palustrinsäuremethylester (Palustrinsäure = Naturharzkomponente)
25,27	Dehydroabietinsäuremethylester (Dehydroabietinsäure = Naturharzkomponente)
25,43	Abietinsäuremethylester (Abietinsäure = Naturharzkomponente)

Ret. Zeit= Retentionszeit; unter Retention versteht man den verzögerten Durchfluss von einzelnen Substanzen des Gemisches der mobilen Phase durch Wechselwirkung mit der festen Phase.

* Derivatisierung mit TMAH (=Tetramethylammoniumhydroxid), dabei handelt sich um eine Hydrolyse und Methylierung der Esterkomponenten.

Bei dem Lack handelt es sich um ein naturharzmodifiziertes ortho-Phthalsäure-Alkydharz.

Bei dem Naturharz könnte es sich um Kolophonium handeln.

47/85

Probe 5

RT [min]	Substanz	RT [min]	Substanz
1.34	Stickstoffmonoxid	10.46	Phenol-4-methyl
1.53	Acrolein	11.60	Phenol-2,5-dimethyl
1.57	Aceton	15.53	2-Tridecanon
1.95	Essigsäure	16.67	Dimethylphthalat
2.42	Benzol	16.78	Dodecansäure-1-methylethylester
4.10	Toluol	19.51	1,3,7-trichlornaphthalin
8.85	Phenol	21.77	Dibutylphthalat (Weichmacher)
10.14	Phenol-2-methyl	26.3	Diisooctylphthalat (Weichmacher)
10.46	Phenyl-propyl-ether	27-28.5	Trikresylphosphat = flammwidriger Weichmacher (Brandschutzmittel).

Probe 5 + TMAH

Ret. Zeit	Substanz
7,64	Anisol
9,22	ortho-Methylanisol
9,41	meta-methylanisol
21,77	Dibutylphthalat (Weichmacher)

Anisol, ortho-Methylanisol und meta-Methylanisol dürften aus der Hydrolyse und Methylierung von Trikresylphosphat stammen. Alkydharzkomponenten wurden bei Probe 5 nicht gefunden.

Einige der nicht aufgeführten Peaks stammen vom Derivatisierungsmittel TMAH z.B. 4.54, 5.74, 6.55, 10.79 und 14.41. In beiden Proben wurden keine Acrylate gefunden.

Um herauszufinden, ob es sich bei dem Naturharz im schwarzen Lack (Probe 4) um Kolophonium handelt, wurde eine Kolophoniumprobe pyrolytisch untersucht, so dass die Probe 4 im Anschluss damit verglichen werden konnte. Ergebnis: der schwarze Lack enthält Kolophonium.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Beschichtung der Bildröhre aus zwei Schichten besteht. Direkt auf dem Glaskörper liegt ein schwarzer Lack auf der Basis von Nitrocellulose, Naturharzestern (Glycerin und Naturharz³⁷, bei dem es sich um Kolophonium handelt³⁸) und dem Weichmacher Dibutylphthalat. Darauf befand sich die wohl aufgespritzte Zinkschicht. In dieser liegt sowohl metallisches Zink als auch Zinkoxid vor. Zinkcarbonat, das sich bei der Oxidation der Zinkbeschichtung bildet, ließ sich als Anhaftung am schwarzen Lack und den Zinkpartikeln feststellen.

An der untersuchten Elektronenröhre wurde kein Lack auf dem Glas festgestellt, dies liegt wahrscheinlich an der Probe, die nicht direkt vom Glaskörper entnommen wurde. Es ist wahrscheinlich, dass auch hier ein Lack zwischen Glas und Beschichtung aufgebracht wurde, da sonst die Metallbeschichtung nicht angehaftet hätte. Die Metallisierung besteht aus einer Zinkschicht, auf der wiederum eine Kupferschicht liegt. Die Zinkschicht besteht aus metallischen Zink und Zinkoxid und ist ungefähr doppelt so dick wie die folgende Kupferschicht. An der Unterseite der Zinkschicht wurde Zinkcarbonat gefunden, ein Oxidationsprodukt von Zink. Auf der Metallbeschichtung liegt ein Lack auf der Basis von Nitrocellulose, Polyvinylacetat³⁹ und den Weichmachern Dibutylphthalat und Trikresylphosphat.

³⁷ Es war üblich Nitrocelluloselacke mit Harzen zu versehen, um die Lacke billiger zu machen und die Füllkraft und Haftfestigkeit zu erhöhen. Gebräuchlich waren u. a. Elemi, Schellack, Sandarak und Kolophonium.

³⁸ S. Anhang S. 35

³⁹ Polyvinylacetat ergibt sich durch die Auswertung der Infrarotspektren. Einen weiteren Hinweis auf Polyvinylacetat liefert die im Pyrogramm gefundene Essigsäure.

8 Schäden

Bildröhre

Die Beschichtung ist nahezu komplett abgelöst und liegt als Pulver auf der Röhre und in der Vitrine.

Bereits ein handschriftliches Protokoll vom 12. März 1990 beschreibt das Ablösen der Beschichtung. Empfohlen wurden damals die Dokumentation des Zustandes, die Reinigung des Geräts und ein Plexiglasgehäuse als Schutz vor Verschmutzung. Der Plexiglassturz kam kurz danach auf den Fernsehempfänger, der dann mit Sturz in eine Vitrine kam.

Während der Bearbeitung fanden sich ein weiteres Protokoll, Analyseergebnisse⁴⁰ von HERRN MACH sowie Negative, die den Zustand des Fernsehempfängers 1990 dokumentieren.

1990 löst sich die Beschichtung der Bildröhre großflächig ab.



Abb. 27: Abblätternde Beschichtung der Bildröhre 1990 [Foto: E. ELLINGER, DM].

⁴⁰ Die Beschichtung der Bildröhre wurde untersucht. Die Ergebnisse decken sich mit denen der während dieser Arbeit gemachten Analysen, s. Anhang S. 49.

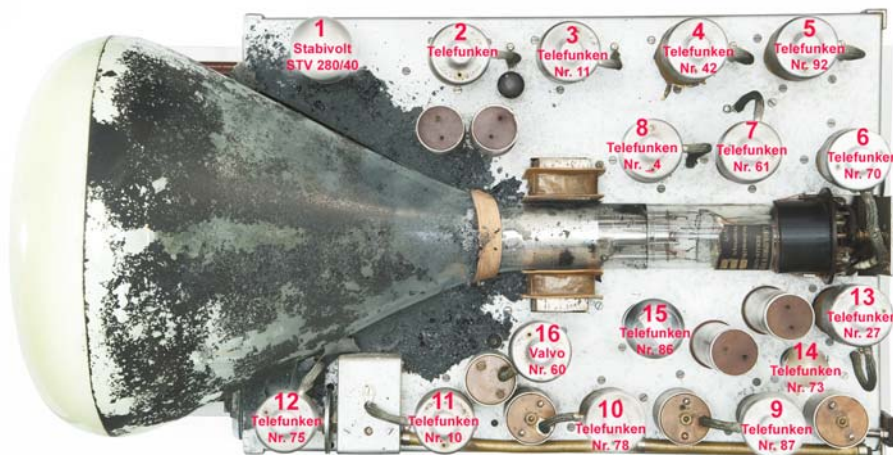
Elektronenröhren

Auch die Beschichtungen der Elektronenröhren lösen sich ab. Der Beginn diese Schäden ist bereits auf Aufnahmen von 1990 dokumentiert. Die Schäden sind je nach Röhre unterschiedlich weit fortgeschritten.

14 der 19 Elektronenröhren sind außenbeschichtet, 13 davon sind von Telefunken. Bei den verbleibenden fünf handelt es sich um den Stabilisator (1), die Telefunkenröhre (15), sowie um die drei Hochspannungsgleichrichter auf der unteren Ebene des Chassis.

Vier dieser Röhren weisen keine Schäden auf: die Valvo Röhre (16), sowie drei Telefunken Röhren (2, 9, 11). Die Elektronenröhre 2 unterscheidet sich durch ihre schwarze Beschichtung von den anderen Elektronenröhren. An den verbleibenden drei schadfreien Röhren ist auffällig, dass diese dunkler und matter beschichtet sind als die restlichen außenbeschichteten Elektronenröhren. Dies deutet darauf hin, dass diese Röhren keinen Überzug auf der Beschichtung haben, der die bei den anderen Röhren vorhandenen Schäden wohl mit verursacht.

Alle weiteren außenbeschichteten Elektronenröhren weisen unterschiedliche Stadien einer zerfallenden Beschichtung auf. Besonders stark treten großflächig ablösende und zum Teil bereits verlorene Beschichtungen bei den Röhren 12, 14, 4 und 8 auf. Schadensbilder wie Blasenbildung, großflächiges Ablösen der Beschichtung oder zusammengezogene Überzüge finden sich in unterschiedlicher Ausprägung bei den restlichen Röhren.



51/85



Abb. 28, 29, 30: Schäden an den Beschichtungen der Röhren 12, 3 und 8; [Fotos: H. CZECH, DM].



Abb. 31: Elektronenröhren 1990; [Foto: E. ELLINGER, DM].

Die Metallbeschichtungen der Bild- und wahrscheinlich auch der Elektronenröhren scheinen sich von dem Nitrokombinationslack abzulösen, der in großen Teilen auf dem Glas verbleibt. Dies legen die untersuchten Proben nahe, denn der Lack konnte nur nachgewiesen werden, wenn direkt Proben vom Glas genommen wurden. Bei Proben von bereits abgelösten Beschichtungen ließ sich kein Lack an deren Unterseiten nachweisen.

Metallkappen auf den Elektronenröhren

Die Metallkappen sind an einigen Stellen oxidiert. Da es sich um so genannten Rotrost handelt und die Kappen magnetisch sind, liegt die Vermutung nahe, dass es sich um Eisen handelt. Zudem sind weißliche Rückstände auf den Metallkappen zu sehen (Abb. 28). Diese stammen wohl von dem 1990 auf die Metallteile aufgetragenen Paraffinwachs.

Kabelisolierungen

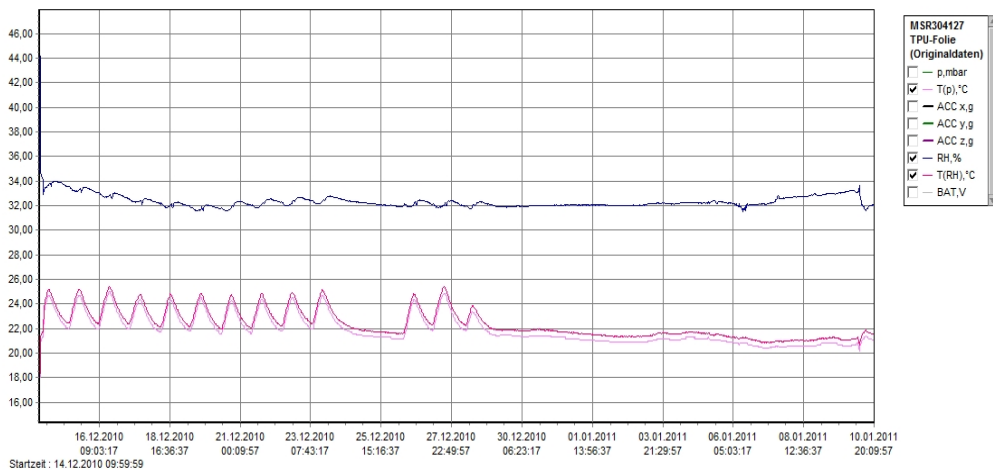
Die gummierten Kabelisolierungen sind spröde und rissig. Teilweise brechen Teile der versprödeten Isolierung ab. Die mit verwobenen Metall- oder Textilfäden isolierten Kabel sind allgemein in gutem Zustand.

Klima- und Schadstoffmessung

Ein Klimadatenlogger der Firma MSR® wurde am 14. Dezember 2010 gegen 13.10 Uhr hinter dem Gerät, unter dem Plexiglassturz positioniert, ebenso Metallstreifen für den Oddy-Test.

Der Fernsehempfänger wurde am 10. Januar 2011 aus der Vitrine in die Werkstätten transportiert. Der Auswertungszeitraum begann am 14.12.2010 und endete am 10. Januar 2011.

Ergebnisse



Die Auswertung ergibt tägliche Temperaturschwankungen von etwa 3° C mit Spitzen bei ca. 25° C unter dem Plexiglassturz. Ausnahme bilden die Weihnachtsfeiertage, in denen das Museum geschlossen war. Ab dem 30. Dezember 2010 treten diese Schwankungen nicht mehr auf.

Dieser tägliche Temperaturanstieg kommt hauptsächlich von der Vitrinenbeleuchtung, während des Museumsbetriebs.

Die relative Luftfeuchtigkeit liegt zwar verhältnismäßig niedrig bei durchschnittlich 32 %, bleibt allerdings ziemlich konstant (ungefähr zwischen 31,5 und 34 %). Sie schwankt leicht parallel zur Temperatur.

Schwierig sind die Schwankungen in den Räumen der Telekommunikation im Jahresverlauf. Diese konnten während der Arbeit nicht gemessen werden, jedoch erreichen die Temperaturen im Sommer dort 30° C und schwanken so um etwa 10° C im Jahresverlauf.

Oddy-Test

Hierfür wurden vier Metallstreifen, Kupfer, Silber und Blei, vorbereitet und hinter das Gerät gelegt. Ein weiteres Set wurde außerhalb des Sturzes in der Vitrine positioniert. Jeder Metallstreifen wurde zur Hälfte mit einem mikrokristallinen Wachs, Cosmoloid in Shellsol T (1:25) gelöst, bestrichen, so dass eine mögliche Oxidation der Metalle später besser ablesbar ist.

Mit dem Oddy-Test kann die Verträglichkeit von Materialien mit musealen Objekten überprüft, bzw. die sich in der Luft befindlichen Schadstoffe optisch gemessen werden.

Man verwendet Silber um Schwefelverbindungen anzuzeigen, Kupfer für Chloride, Oxide und Schwefelverbindungen, Blei für organische Säuren und Aldehyde.

Für den Test wurden 0,5 mm dicke Kupfer-, Silber- und Messingfolien der RUDOLPH FLUME TECHNICK GMBH verwendet. Das verwendete Blei stammt aus dem Fundus der Uhrmacherwerkstatt.

Typischerweise wird der Oddy-Test nicht zu Messungen in Vitrinen verwendet, sondern als Untersuchungsmethode für Materialien vor deren Verwendung. Hierzu werden die Metallstreifen mit dem jeweiligen Material in einem Gefäß mit einer konstanten relativen Feuchte von 100% deponiert. Der Versuch findet über 28 Tage bei 60° C in einem Trockenschrank statt um die Korrosion zu beschleunigen.

Verwendet man den Oddy-Test zur Schadstoffmessung in Vitrinen, ist es wahrscheinlich, dass die Korrosionserscheinungen nur sehr langsam auftreten. Dies hängt unter anderem mit der Schadstoffkonzentration und dem Raumvolumen der Vitrine zusammen. Da innerhalb der Vitrinen die Werte nicht so extrem sind wie bei klassischen Oddy-Tests, reagieren die Metalle deutlich träger, d. h. langsamer.

Ergebnisse

Die Metalle, die unter dem Silikonsturz lagen, waren nach vier Wochen unverändert. Auch die Metallstreifen innerhalb der Vitrine zeigten nach zwölf Wochen keine signifikante Oxidation.

9 Gründe für die Alterung und Schäden

Materialien / Materialkombinationen

Da sich die Metallbeschichtungen der Röhren vom Lack lösen (dieser bleibt vorrangig auf dem jeweiligen Glaskörper zurück), ist davon auszugehen, dass Haftungsprobleme zwischen Nitrokompositionslack und Metallbeschichtung an der Ablösung der Beschichtungen beteiligt sind. Auch der wahrscheinlich spannungsreiche auf den Elektronenröhrenbeschichtungen liegende Lack ist beteiligt an den Schäden der Beschichtung.

Alterung der Metalle

1 Zink

Unbeschichtetes Zink unterliegt Alterungsprozessen.

Zink bildet an der Luft und in Gegenwart von CO_2 eine witterungsbeständige Oxidationsschicht aus Zinkoxid und basischem Zinkcarbonat ($\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2$). Ist wenig CO_2 verfügbar, bildet sich vorrangig das als Weißrost bekannte Zinkoxid, welches die Oberfläche weniger schützt als Zinkcarbonat.

Zink löst sich in Säuren unter Bildung von Zink(II)-Salzen und in Laugen unter Bildung von Zinkaten $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ auf.

2 Aluminium

Aluminium oxidiert silbergrau im Kontakt mit Sauerstoff.

3 Eisen

Der so genannte Rotrost bildet sich bei der Oxidation von Eisen durch Sauerstoff und Feuchtigkeit. Im Gegensatz zu den Oxidationsschichten, die beispielsweise Aluminium oder Zink bilden, ist der Rotrost nicht schützend, sondern porös und führt zu einer weiteren Zersetzung des Eisens. Der Rotrost setzt sich vor allem aus Eisen(II)oxid, Eisen(III)oxid und Kristallwasser zusammen.

Lacke auf Basis von Cellulosenitrat

Die Entwicklung von Nitrocellulose oder Nitrolack, benannt nach dem darin verwendeten Bindemittel Cellulosenitrat auf Basis von aus Baumwolle synthetisierten Kunstharzen, begann Mitte des 19. Jahrhunderts. Vorangegangen waren Versuche, z. B. von WERNER VON SIEMENS „Schiesswolle“ herzustellen, ein Material, das durch die Einwirkung von Schwefel- und Salpetersäure auf Baumwolle entsteht. Die Sprengstoffeigenschaften des Stoffes standen lange im Mittelpunkt des Interesses, doch wurden schon bald die filmbildenden Eigenschaften des gelösten Stoffes erkannt. Jahrzehnte lang war die Entwicklung der Nitrocelluloselacke vor allem durch die Wahl der Lösemittel geprägt. Da nur wenige geeignete Lösemittel in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bekannt waren, gab es kaum brauchbare Ansätze zur lacktechnischen Verwertung von Nitrocellulose. Alkohol-Campher-Gemische wurden schon zu dieser Zeit als vorteilig⁴¹ erkannt. Die ersten brauchbaren Nitrocelluloselacke waren Zaponlacke und so genannte Lederlacke, die um 1890 aufkamen. Möglich war diese Entwicklung durch die Patentierung neuer Lösemittel durch JOHN H. STEVENS 1882. Zu dieser Zeit war es üblich Nitrocelluloselacke mit Naturharzen zu versetzen, um die Lacke zu verbilligen und um die Füllkraft, Haftfestigkeit, Wetterfestigkeit und den Glanz zu erhöhen. Zwar gab es bis zum Ersten Weltkrieg keine großen Neuentwicklungen, doch die Lacke gewannen größere Bedeutung; So wurden sie z. B. zum Überziehen der stoffbespannten Tragflächen von Flugzeugen verwendet. Erst nach dem Krieg kam der Aufschwung für die Nitrocelluloselacke. Dies lag an verschiedenen Faktoren: Es gab in den USA einen Produktionsüberschuss von Schießbaumwolle, weswegen Möglichkeiten gesucht wurden, Nitrocellulose auch in Friedenszeiten zu nutzen. Da nun auch neue und brauchbare Lösemittel auf dem Markt waren und eine niedrigviskos-lösliche Kollodiumwolle geschaffen wurde, war der Aufstieg der Nitrocelluloselacke möglich. Die neu entstehende Autoindustrie hatte zudem einen großen Lackbedarf, der mit Nitrocelluloselacken gedeckt werden konnte. Die Nitrocelluloselacke waren den Öllacken in vielen Punkten deutlich überlegen,

⁴¹ Campher ist ein Weichmacher in Nitrocellulosefilmen und verhindert deren Schrumpfung.

da sie wesentlich schneller trockneten und so der serienmäßigen Herstellung in der Autobranche die Türen öffneten. Weitere Vorteile der Nitrocelluloselacke bestanden darin, dass sie einfach und ohne Erhitzen gelöst und gemischt werden konnten. Zudem waren sie gut spritzbar, gut polierbar, leicht ausbesserbar und widerstandsfähig z. B. gegen Chemikalien. Mit dem Aufkommen der Alkydharze gegen Ende der 1920er Jahre erfuhren die Nitrocelluloselacke eine Umwälzung, da besonders geschmeidige und körperreiche Lacke hergestellt werden konnten, die außerdem widerstandsfähig und außenbeständig waren. Die so genannten Nitrokombinationslacke⁴² waren geboren.⁴³

Trotz ihrer vielen guten Eigenschaften stellte sich heraus, dass Nitrokombinationslacke vorzeitig altern, sich verfärben und an Glanz verlieren. Gerade die beigemischten Naturharze sorgen für eine schnelle Versprödung.

Zu Beginn gab es häufig schwarze Lacke, erst später folgten farbige und farblose. Hierfür gibt es verschiedene Erklärungen, z. B. die Verfügbarkeit, der günstige Preis und die gute Beständigkeit von Rußschwarz⁴⁴, das dem Lack als Pigment beigemischt wurde. Auch die Verwendung der Lacke im großen Maßstab in der Automobil- und Eisenbahnindustrie könnten erklären, weshalb es zuerst schwarze Lacke gab, zumal zu Beginn der Verwendung in der Automobilindustrie⁴⁵ Cellulosenitratlacke nicht wetterfest waren und schnell ihren Glanz verloren. Bis in die 1950er Jahre wurden Nitrokombinationslacke häufig verwendet, dann wurden sie langsam vom Markt verdrängt.

Cellulosenitrat kann auf verschiedene Weise altern. Gründe sind zum einen die Herstellung, zum anderen die Ausgangsstoffe.

⁴² Definition Nitrokombinationslack nach DIN 55945 (1999-07-00): Beschichtungsstoff der neben Salpetersäureestern der Cellulose noch wesentliche Mengen anderer Bindemittel enthält.

⁴³ KRAUS 1952.

⁴⁴ Rußschwarz in Nitrocelluloselacken hatte eine große Farbtiefe und war sehr haltbar, ein Vorteil gegenüber anderen Pigmenten.

⁴⁵ Als erste Autofabrik verwendete die General Motors Corporation 1923 Cellulosenitratlacke.

Das in der Cellulose enthaltende Lignin ist instabil und kann photochemisch degenerieren, wird es nicht entfernt. Werden Cellulosen gebleicht, können sie Rückstände von Säuren und chlorhaltigen Verbindungen, wie Schwefeloxide, enthalten, die sich ebenfalls ungünstig auf die Alterung auswirken. Cellulosenitrat wird häufig mit Weichmachen versetzt, oft Campher. Dies kann zu Vergilbung führen. Zudem sublimiert Campher und kann so ebenfalls Schäden verursachen, etwa Versprödung oder Deformation. Auch zu wenig zugesetzte Weichmacher können zu Schäden führen, so dass die Lacke schnell verspröden.

Bei der hydrolytisch Säure-katalysierten Esterspaltung degeneriert Cellulosenitrat, und NO_x-Gruppen werden abgespalten.⁴⁶ Gasförmige Stickoxide werden gebildet, die bei Kontakt mit Wasser oder Sauerstoff zu salpetriger Säure oder Salpetersäure reagieren. Die abgespaltenen Säuren wirken autokatalytisch auf die folgende Abspaltung von NO_x. Da die Stickoxide die vom Cellulosenitrat gebildeten Säuren und nicht das Cellulosenitrat an sich angreifen, hängt der Degenerationsprozess stark von dem in der Umgebung vorkommenden Wasser und Sauerstoff ab. Die entstehenden Säuren greifen nicht nur das Cellulosenitrat an, sondern auch andere Materialien wie Metalle.

Auch UV-Strahlung kann Cellulosenitrat zersetzen. So soll langwellige Strahlung von den Hydroxylgruppen absorbiert werden, wodurch NO₂-Gruppen abgespalten werden. Kurze Wellenlängen verursachen eine Kettenspaltung. Dies verändert die Viskosität des Cellulosenitrats.⁴⁷ Außerdem können die Esterbindungen ab 135° C aufgespalten werden.

„Am Anfang der sekundären Abbaureaktionen steht die Abspaltung der Nitratgruppen, bei denen sich NO und NO₂ bilden. Durch die Abspaltung bilden sich an diesen Stellen Carbonylgruppen und verschiedene Radikale, die neue Reaktionen auslösen.“⁴⁸

⁴⁶ Grund sind die Sulfatester, die während der Synthese aus Schwefelsäure entstehen. Diese wirken hygroskopisch. So werden im wässrigen Milieu NO_x-Gruppen katalysiert.

⁴⁷ WILHELM 2008.

⁴⁸ WILHELM 2008.

Bei pigmentierten Lacken spielt zudem die Pigment-Volumen-Konzentration eine Rolle. Ist zu wenig oder zu viel Bindemittel vorhanden, wirkt sich dies negativ auf die Alterung des Lackes aus.⁴⁹

Alterung der Kabelisolierungen

Die gummierten Kabelisolierungen sind wahrscheinlich aus Kautschuk oder Guttapercha hergestellt. Mitte des 19. Jahrhunderts wurde das chemisch dem Kautschuk nahe stehende Guttapercha⁵⁰ von WERNER VON SIEMENS als Isoliermaterial für Drahtleitungen erkannt. In den folgenden Jahrzehnten waren Kautschuk oder Guttapercha neben stoff-, wachs- siegellack- oder papierisolierten Kabeln die einzigen Alternativen. Kunststoffe zur Kabelisolation, wie PE oder PVC, kamen als Kabelisolierungen erst kurz vor oder nach dem Zweiten Weltkrieg zur Anwendung.⁵¹ Meist kam der Gummi in zwei Schichten⁵² auf den Leiter. Dabei wurden Mischungen verwendet, bei denen nur 30–50% aus Gummi bestanden, der Rest beispielsweise aus Mineralien, Metalloxiden und ungefähr 3 % Schwefel (durch die Vulkanisation).⁵³

Nomenklatorisch wird vulkanisierter Kautschuk als „Gummi“ bezeichnet. Naturkautschuk kann unvulkanisiert oder vulkanisiert verwendet werden. Die Vulkanisation, meist durch Schwefel und Hitze, verändert die physikalischen Eigenschaften des Gummis. Dabei sind zwei Reaktionen wichtig: die Oxidation des Polyisoprens und die Entwicklung von Schwefelvernetzungen mit dem Polyisopren. Vulkanisierter Gummi ist wesentlich elastischer als unvulkanisierter. Außerdem geht die Klebekraft verloren; auf Temperaturschwankungen reagiert er zudem weniger empfindlich. Um das Schadensbild bei Polyisoprengummi zu verstehen, ist ein Verständnis der Alterung nötig. *„Dienkautschuke sind Verbindungen mit zwei konjugierten Doppelbindungen in der Hauptkette. Eine der Doppelbindungen*

⁴⁹ WAENTIG 1992, S. 131.

⁵⁰ Guttapercha ist der Milchsaft des Guttaperchabaums. Chemisch handelt es sich um ein trans-1,4-verknüpftes Polyisopren (Kautschuk ist ein cis-1,4-Polyisopren).

⁵¹ Ausnahme bildete das so genannte Syroflex-Kabel aus Polystyrol das ab 1934 von Siemens für Fernseekabelnetze verwendet wurde.

⁵² ~0,3-0,5 mm

⁵³ BAUR 1910, S. 213.

wird bei der Polymerisation verbraucht, eine weitere bleibt erhalten und ermöglicht die chemische Vernetzung. Bei der Vulkanisation von Latex werden jedoch nicht alle Doppelbindungen benötigt. Die verbliebenen Doppelbindungen sind Angriffstellen für die chemische Alterung. Polyisopren-Gummi wird überwiegend durch Autoxidation abgebaut und verbräunt. Schon Raumtemperatur oder sichtbares Licht reichen aus, um die Bindungen der Polymerketten zu spalten. Das Vorhandensein von UV-Strahlung führt zur schnelleren Degradation. Durch die Spaltung der Polymerketten wird das Molekulargewicht verringert. Der Einbau von Sauerstoff in die Fragmente der Polymerketten kann den Kettenbruch oder neue intermolekulare Wechselwirkungen [...] nach sich ziehen. Die Verringerung des Molekulargewichts führt zum Weich- und Klebrigwerden, intermolekulare Wechselwirkungen äußern sich in der erhöhten Sprödigkeit des Materials. Beide Reaktionen verlaufen [...] parallel [...]. Sind erstmal Radikale vorhanden, kann die Autoxidation auch in der Dunkelheit fortschreiten.“⁵⁴

Beschleunigte Alterung durch äußere Bedingungen

Die Alterung von Cellulosenitrat⁵⁵ und des Polyisoprengummi, die Oxidation der Metallbestandteile, kann durch eine hohe Luftfeuchtigkeit und zu hohe Temperatur beschleunigt werden. Gegen UV-Strahlung ist Cellulosenitrat⁵⁶ empfindlich, ebenso der Polyisoprengummi.

Polyisoprengummi ist zudem empfindlich gegenüber Ozon und dem Kontakt mit Metallen (insbesondere zu Kupfer und Mangan). Eventuell auftretende Oberflächenspannungen und die dadurch auftretenden Risse in Polyisoprengummi führen zu einer größeren Oberfläche und damit zu einer Beschleunigung der Autoxidation. Die Verbräunung des Gummi ist nicht auf die Autoxidation zurückzuführen, sondern auf die Bildung ungesättigter Verbindungen durch die Photooxidation. Zudem ist das Polyisopren-Gummi anfällig gegen Mikroorganismen. Die Stearinsäure, häufig in zugegebenen Fungiziden oder Bakteriziden, neigt zum Ausblühen.

Eventuell wurde die Alterung durch den Plexiglassturz beschleunigt. Zwar diente er als Schutz vor Verschmutzung, doch ist denkbar, dass sich ein Mikroklima im Inneren gebildet hat.

Die Vitrinen der Ausstellung zur Telekommunikation wurden zur Wiedereröffnung 1990 neu gebaut. Die Rückwände sind aus teilweise beklebten bzw. bedruckten Spanplatten. Außerdem verbaut wurden Metalle und Glas. Es ist denkbar, dass aus den Spanplatten Formaldehyd oder Pentachlorphenol in die Vitrine abgegeben wurden, welche die Alterung beschleunigten. Möglich, dass Bestandteile aus Lacken, Anstrichfarben, Kleber oder Dichtungsmaterial wie Silikon ausgedampft sind.

⁵⁵ Insbesondere gilt dies für die hydrolytisch säure-katalysierte Esterspaltung.

⁵⁶ Diese verursacht je nach Wellenlänge die Abspaltung von NO₂-Gruppen oder eine Kettenspaltung.

10 Konservierung

Konzept

Aktive Konservierung

1 Bildröhre

Da keine weiteren außenbeschichteten Bildröhren aus dem Laboratorium MANFRED VON ARDENNE bekannt sind, die Qualität und Beschaffenheit der Bildröhrenbeschichtungen also nicht verglichen werden können, wurde das Beschichtungsverfahren auf Glasplatten nachgestellt, um einen Eindruck zu bekommen, wie die Beschichtung ursprünglich aussah, und Anhaltspunkte über Struktur, Farbe etc. zu gewinnen.

Hierzu werden Glasplatten mit einem Nitrocelluloselack⁵⁷ bestrichen. Diese Glasplatten wurden dann von VOLKER EISELE, Mitarbeiter der HANS-PETER GRAMMDORF GMBH in Stuttgart, mit Zink bespritzt.⁵⁸ Dazu wurden zwei der Glasplatten zusätzlich noch mit Korund gestrahlt, eine weitere wurde teilweise bestrahlt, teilweise wurde der Lack belassen. Beide abgestrahlten Glasplatten wurden mit einer 80 µ bzw. einer 200 µ starken Zinkschicht bespritzt. Bei der dritten Platte wird ein Teil der abgestrahlten Glasplatte abgeklebt und mit einer 80 µ starken Zinkschicht bespritzt.

Die Zinkschichten auf den abgestrahlten Glasplatten wirken deutlich rauer und unebener als die Beschichtung, die direkt auf den Lack aufgespritzt wurde. Allerdings ist die Zinkschicht auf Lack wenig stabil. Sie löst sich an den Kanten direkt nach dem Spritzen ab. Deutlich besser haftet die Zinkschicht auf den gestrahlten Oberflächen.

⁵⁷ Die Firma CONRADS® LACKE GMBH & CO. KG aus Wuppertal stellte mir freundlicherweise eine Probe ihres Nitrocelluloselacks „Kombi-Metallfirnis farblos, glänzend“ zur Verfügung.

⁵⁸ Die Methode gleicht der des Schoopens, so wird ein Zinkdraht in eine Spritzpistole eingeführt, darin geschmolzen und das geschmolzene Zink über Druckluft auf die Oberfläche gespritzt.



Abb. 32: Zinkbespritzte Oberflächen

Da annähernd die gesamte Beschichtung bereits von der Bildröhre abgefallen ist, ist eine Rückführung der pulvrig-zersetzten Beschichtung und somit eine Wiederherstellung der ursprünglichen Beschichtung nicht denkbar, zumal diese einen komplett veränderten Oberflächencharakter hätte als die aufgeschoopte Originalbeschichtung. Der auf dem Glas verbliebene schwarze Lack erhalten und gefestigt werden. Auch eine kleine, am Konus erhaltene Stelle der Zinkbeschichtung soll erhalten und gefestigt werden.

2 Elektronenröhrenbeschichtungen

Ein Großteil der Elektronenröhrenbeschichtungen weist Schäden auf. Eine Festigung ist unerlässlich.

Es wurden Versuche mit sechs Klebstoffen durchgeführt:

- **Hausenblasenleim (3 %ig) in Wasser**

Vorteile eines Hausenblasenleims sind seine gute Klebekraft und die hohe Flexibilität.

- **Regalrez 1126 (10 %ig) in Siedegrenzbenzin 100/140**

Regalrez 1126 ist ein lichtbeständiges vollhydriertes Kohlenwasserstoffharz, welches in modernem Firnis verwendet wird, aber auch zur Festigung von Hinterglasmalerei. Regalrez 1126 weist im Gegensatz zu Regalrez 1094 eine höhere T_G von 67°C auf.

- **Klucel EF (1 %ig) in ionisiertem Wasser**

Ein nichtionischer Celluloseester. Vorteile sind seine thermoplastischen Eigenschaften und Grenzflächenaktivität.

- **Paraloid B72 (5 %ig) in Ethylacetat**

Paraloid B72 ist ein thermoplastisches Acrylatesterpolymerisat mit hoher Hitze- und Chemikalienbeständigkeit. Die Hafteigenschaften sind hervorragend.

- **Archäocoll Keramikkleber 2000N**

Archäocoll 2000N ist ein dickflüssiger Cellulosenitratkleber und wurde für das Kleben von Keramik entwickelt. Da Cellulosenitrat Hauptbestandteil des auf den Röhren zur Haftung verwendeten Nitrokombinationslackes ist, wird er zu Festigungsversuchen ausgewählt.

- **Medium für Konsolidierung (Lascaux)**

Beim vom schwedischen Zentralamt für Denkmalpflege für die Konservierung von mittelalterlicher Fassung auf Holz entwickelten Medium für Konsolidierung handelt es sich um eine feindisperse, wässrige Acrylocopolymerisat-Dispersion. Bemerkenswert ist das gute Eindringvermögen auf Grund seiner niedrigen Viskosität. Es ist lichtecht und alterungsbeständig, löst sich in Estern, Aromaten und Aceton und lässt sich mit Wasser beliebig verdünnen.

Die Festigungsversuche wurden zunächst an einer Elektronenröhre von Telefunken durchgeführt, deren Typ mehrfach im Depot vorhanden ist. Weiter wurde an der Elektronenröhre 7 gefestigt, da diese alle auftretenden

Schäden der Beschichtung aufweist: Ausbrüche, Blasen sowie eine großflächig vom Glas gelöste Beschichtung.

Zur Fixierung der Röhren, wurden in eine Ethafoam-Platte dem Sockeldurchmesser entsprechende Löcher geschnitten, und die Elektronenröhren platziert werden.



Abb. 33, 34: Die beiden für die Festigungstests verwendeten Elektronenröhren, Vorzustand.

Die verschiedenen Klebstoffe wurden mit feinen Pinseln (Stärke 1 und 2) aufgebracht. Das Niederdrücken der abstehenden Beschichtung erfolgte nach kurzer Einwirkzeit mit „Colour Shaper“ in verschiedener Härte und Form. Um die Beschichtungen flexibler zu machen, wurden diese mit einem Fön erhitzt. Die Beschichtungen ließen sich bestenfalls so andrücken ohne zu brechen.

- **Paraloid B72 (5 %ig) in Ethylacetat**

Paraloid B72 dringt gut ein, weist gute Klebeeigenschaften auf und macht die zu festigende Beschichtung flexibler, so dass diese leichter angedrückt werden kann. Jedoch löst sich bei der Festigung die

Beschichtung ab (wahrscheinlich der sich auf dem Kupfer befindliche Lack), so dass Paraloid B72 in Ethylacetat für die Festigung nicht in Frage kommt.

- **Klucel EF (1 %ig) in ionisiertem Wasser**

Die 1 %ige Lösung hat zu wenig Klebekraft und dringt kaum ein. Eine 7 %ige Lösung wurde daher angesetzt. Auch diese weist eine zu geringe Klebekraft und ein schlechtes Eindringvermögen auf.

- **Hausenblasenleim (3 %ig) in Wasser**

Eindringverhalten und Klebekraft von Hausenblasenleim sind schlechter als bei anderen der Klebemitteln. Zudem macht Hausenblasenleim die zu verklebenden Schollen nicht flexibel, so dass z. B. Blasen in der Beschichtung nur mit Verlusten angedrückt werden können.

- **Regalrez 1126 (10 %ig) in Siedegrenzbenzin 100/140**

Regalrez zeigt ein hohes Penetrationsvermögen und eine gute Klebekraft. Die zu festigende Beschichtung wird aber nicht flexibler.

- **Ärchäocoll Keramikkleber 2000N**

Archäocoll kann verdünnt in angewendet werden. Stark mit Aceton verdünnt, dringt Archäocoll gut ein, verdünnt man ihn weniger stark oder gar nicht, bleibt der dickflüssige Kleber an den Stellen stehen, an denen er eingebracht wird. Dies ist bei stark aufstehenden Beschichtungen und Blasen günstig, da es den Hohlraum füllt. Archäocoll trocknet schnell, und die Klebekraft sehr stark. Überschüsse können problemlos mit etwas Aceton abgenommen werden.

Wegen der sehr guten Klebekraft, der möglichen Verdünnungsstufen und seiner ähnlichen Materialität eignet sich Archäocoll gut zur Festigung der Röhrenbeschichtungen. Lediglich das Penetrationsvermögen ist nicht befriedigend.

- **Medium für Konsolidierung, Lascaux**

Das Medium für Konsolidierung bietet sich insbesondere wegen seines sehr guten Penetrationsvermögens und seiner guten Klebekraft an. Da es selbst durch Mikrorisse eindringt, ist es meist nicht nötig in die Beschichtung mit einer Spritze einzustechen, um Klebemittel

einbringen zu können. Dies ist gerade bei Beschichtungen von Vorteil, die sich großflächig abgelöst haben, aber keine oder kaum Fehlstellen aufweisen.

Ergänzend zu Archäocoll bietet sich das Medium für Konsolidierung daher für die Festigung der Röhrenbeschichtungen an.

69/85

Bewertung von Archäocoll als Festigungsmittel

Während das Medium für Konsolidierung in den letzten Jahren vielfach zur Festigung verwendet wurde, wurde Archäocoll meist für das Kleben von Keramik verwendet. Der Kleber besteht aus:

Cellulosenitrat alkohollöslich, niedermolekular	15 %
Cellulosenitrat esterlöslich, hochmolekular	7,5 %
Aceton	47,5 %
Ethylacetat	40 %

Cellulosenitrat erhält man durch die Veresterung getrockneter Baumwolle unter Eiskühlung unter Zugabe von Salpetersäure, Schwefelsäure oder Mischungen beider Säuren. Das Alterungsverhalten hängt von den Ausgangsstoffen und der Herstellungsart ab.

Archäocoll enthält keine Weichmacher, weshalb der Kleber hart auf trocknet.

Das alterungsbeschleunigende Lignin ist in Archäocoll nicht vorhanden. Die Cellulose wurde außerdem nicht gebleicht.⁵⁹

Laut WILLIAMS bleibt die Alterung von Archäocoll problematisch, da der Klebstoff mit der Zeit brüchig wird. Er rät dazu, Weichmacher zuzusetzen. Trotzdem sei der Kleber in kontrollierter musealer Umgebung bis zu 100 Jahre vertretbar.

Benannte Alterungsprozesse von Cellulosenitrat machen Archäocoll als Festigungsmittel der Röhrenbeschichtungen nicht vertretbar.



Abb. 35, 36: Zustand nach der Festigung.

Weitere Festigungsversuche

Da Paraloid B72 als Klebstoff gut funktionierte und ein relativ langlebiges Festigungsmittel ist, jedoch Bestandteile der Beschichtung anlöste, wurde es auch in Aceton gelöst. Außerdem wurden Hohlglasskügelchen von Scotchlite K1⁶⁰ zum anzudicken zugegeben.

- **Paraloid B72 (5 %ig) in Aceton**

Paraloid B72 in Aceton dringt gut ein und hat ein gutes Klebevermögen. Verglichen mit Paraloid B72 in Ethylacetat löst sich die Beschichtung nicht an. Schwierig ist, dass das Acrylatesterpolymerisat beim Andrücken schnell Fäden zieht. Bei Erwärmung der Beschichtung – und auch des eingebrachten Paraloids – wird dieses wie die Beschichtung flexibel.

Vor dem Andrücken der Beschichtung ist darauf zu achten, dass das Paraloid B72 schon etwas angezogen hat, sonst besteht die Gefahr, dass die Beschichtung bricht.

⁶⁰ - 46 µm (bis größtenfalls 200 µm)

Präventive Maßnahmen

Nach den aktiven Maßnahmen zur Konservierung des Fernsehempfängers sollte auf folgendes geachtet werden:

Ein Plexiglassturz ist nicht notwendig, da der Fernsehempfänger in der Ausstellung in einer Vitrine untergebracht ist. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Staubbelastung möglichst gering ist. Besonders schädlich sind Staubpartikel für den Polyisopren Gummi, da sie sich mit ihm verbinden können. Wichtig ist, dass sich kein Mikroklima bildet und die verwendeten Materialien z. B. der Vitrine keine schädlichen Substanzen abgeben.

Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit sollten möglichst konstant gehalten werden, besonders hohe Temperaturen und Luftfeuchtigkeit sind zu vermeiden.

Feuchtigkeit in der Luft führt zum verstärkten Abbau der Cellulosenitrate und beschleunigt außerdem die Korrosion der Metalle.

Auch Polyisopren Gummi altert schneller bei ungünstigen klimatischen Bedingungen. Zur Temperaturempfehlung gibt es verschiedene Angaben, so soll sie zwischen 7° C und 19° C (+ 1 Grad/24 Stunden) liegen, da ab 20° C bereits Radikale entstehen. Zu tief darf die Temperatur nicht gewählt werden, da sonst die Glasübergangstemperatur unterschritten wird, auch kann der Polyisopren-Gummi bei 3 – 4° C spröde werden, zudem können Weichmacher bei zu tiefen Temperaturen auskristallisieren. Dies würde zur physikalischen Alterung führen. Für eine Ausstellung sind 11° C zu wenig, die angegebene Obergrenze von 19° C könnte realistisch sein. Bei Angaben zur relativen Feuchte verhält es sich ähnlich. Es ist wichtig große Schwankungen zu vermeiden. 50% rF (+ 5%/24 Stunden) werden im Bezug auf Polyisopren Gummi oft genannt. Höher sollte man die rF nicht wählen, da dies für die Metalle ungünstig ist.

Kommt der Fernsehempfänger zurück in die Vitrine, sollte die Beleuchtung ausgetauscht werden. Bei der neuen Beleuchtung sollte drauf geachtet werden, dass keine starke Erwärmung in angeschalteten Zustand auftritt.

Gut wäre eine möglichst UV-Strahlen freie Umgebung, da UV-Strahlung die Alterung und somit Zersetzung der Nitrocellulosen beschleunigt. Auch Polyisopren-Gummi reagiert empfindlich auf Licht und UV-Strahlung, daher sollte die Beleuchtung reduziert werden. Dies kann über

eine Begrenzung des Lux-Wertes und/oder durch eine Reduzierung der Beleuchtungsdauer, zum Beispiel durch eine besuchergesteuerte Anlage erfolgen. Ist eine Reduzierung der Beleuchtungsdauer möglich, sollte der Lux Wert bei höchstens 150 liegen. Ist eine Reduzierung nicht möglich, sollten für eine dauerhafte Beleuchtung 50 Lux nicht überschritten werden.⁶¹ Die UV-Strahlung im Licht muss durch UV-Filter geregelt werden; 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$ sollten nicht überschritten werden. Auch Infrarotstrahlung sind zu vermeiden. Schadgase (vor allem Schwefel- und Stickoxide) sollten nur in sehr geringem Maße (unter 10 $\mu\text{W}/\text{m}^3$) in der Luft vorhanden sein, da diese die Oxidation der Metalle wie auch die Alterung des Polyisoprenkummis beschleunigen.⁶²

⁶¹ WAENTIG 2004.

⁶² KUNZ; SCHWARZ 2010.

Durchgeführte Maßnahmen

Bereits im Protokoll von 1990 sind Maßnahmen, die am Fernsehempfänger durchgeführt wurden, vermerkt. E. ELLINGER schreibt: „*Fernsehempfänger fotografiert, restauriert und Metallteile konserviert mit Paraffinwachs*“. Es ist nicht klar, welche Teile mit Paraffinwachs eingestrichen wurden und ob sonstige Maßnahmen (und wenn ja, welche) durchgeführt wurden. Die weißen Schlieren auf den Metallkappen lassen darauf schließen, dass diese mit Paraffinwachs konserviert wurden. Wahrscheinlich ist, dass dies mit dem Chassis ebenfalls geschah. Unwahrscheinlich sind Maßnahmen an der Bildröhre oder den Elektronenröhren.

Elektronenröhren

Da die Beschichtungen der Elektronenröhren, trotz starker Beschädigung, noch großflächig vorhanden sind, wurde mit der Festigung begonnen.

Gefestigt wurde, wie oben beschrieben, mit Paraloid B72 in Aceton. Anstelle des Föns wurde mit einem Abstand von ca. 10 cm zu der Röhre ein AEG powertherm 600 E auf geringster Stufe (ca. 70° C) verwendet. Nach dem Festigen und Niederlegen der abstehenden Beschichtung wurden mit einem Heizspachtel bei ca. 60° C Unebenheiten und Blasen niedergelegt um eine homogene Oberfläche zu erhalten.



Abb. 37, 38: Elektronenröhre (3); links vor der Festigung, rechts nach der Festigung.

11 Ausblick

Weiterführende konservatorische und restauratorische Maßnahmen sind denkbar.

Allgemein

Reinigung

- Der Fernsehempfänger sollte nach der Festigung und der Entfernung der losen Bildröhrenbeschichtung trocken gereinigt werden, unter Zuhilfenahme von Staubsauger, Pinsel und Mikrofasertüchern.

Metallbauteile (Chassis / Metallkappen)

- Nach der trockenen Reinigung der Metallbauteile wäre ein erneuter Auftrag eines mikrokristallinen Wachses denkbar, um einen besseren Korrosionsschutz zu gewährleisten.

Bildröhre

- Nach dem Festigen der Elektronenröhren sollten die vorhandenen losen Beschichtungsreste von Sockel, Chassis und Bildröhre entfernt und aufbewahrt werden. Die schwarzen Lackreste, die sich noch auf der Bildröhre befinden, sollten erhalten bleiben. Pudernde Lackreste bzw. Beschichtungsreste müssen gefestigt werden. Ein Festigungsverfahren ist zu entwickeln.

Mehrere Möglichkeiten wären denkbar, um die zerfallene Beschichtung zu rekonstruieren:

- Grundsätzlich ist es möglich die Bildröhre mit dem ursprünglichen Verfahren erneut mit Zink zu beschichten. Dadurch wäre der ursprüngliche Charakter wiederhergestellt, jedoch wäre dies mit erheblichen Problemen und Gefahren verbunden. So kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Röhre beim beschoopen beschädigt wird. Zudem müsste sie ausgebaut und wahrscheinlich transportiert werden, ein weiteres Risiko. Die noch vorhandenen Lackreste müssten entfernt und ein neuer Lack aufgetragen werden. Unklar ist zudem, wie lange die neue Beschichtung intakt bliebe. Beschichtet man nach

dem gleichen Verfahren, also auch mit einem Lack, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sich die Beschichtung erneut ablöst.

- Möchte man das ursprüngliche Aussehen der beschichteten Röhre annähernd wiederherstellen, wäre es vielleicht möglich eine Metallfolie o.ä. mit Zink zu beschichten, die dann auf die Bildröhre aufgelegt wird. Diese Maßnahme wäre reversibel und die Lackreste könnten erhalten werden. Inwieweit dies technisch und praktisch möglich wäre, müsste getestet werden.
- Auch möglich wäre die ursprüngliche Bildröhre auszubauen und durch eine Kopie zu ersetzen. Diese könnte dann beschichtet werden, auch die phosphorisierende Schicht ließe sich rekonstruieren.

Elektronenröhren

- Nach der Festigung sind Kittungen und Retuschen der Fehlstellen denkbar, um eine geschlosseneren Oberfläche zu erhalten. Zudem könnten Kittungen der Fehlstellen für eine zusätzliche Stabilität der Beschichtung sorgen. Als Kittmaterial auf der gereinigten Glasoberfläche ist ein Wachskitt möglich. Diese könnte bereits in einem kupfer- bis goldfarbenen Ton eingefärbt sein. Für die Retusche wurde eine Mustertafel gefertigt und eine Retuscheprobe an Elektronenröhre (7) angelegt. Retuschiermedium: Paraloid B72, da dieses bereits für die Festigung verwendet wurde. Auch eine Retusche mit gefärbtem Wachs wäre denkbar.

77/85

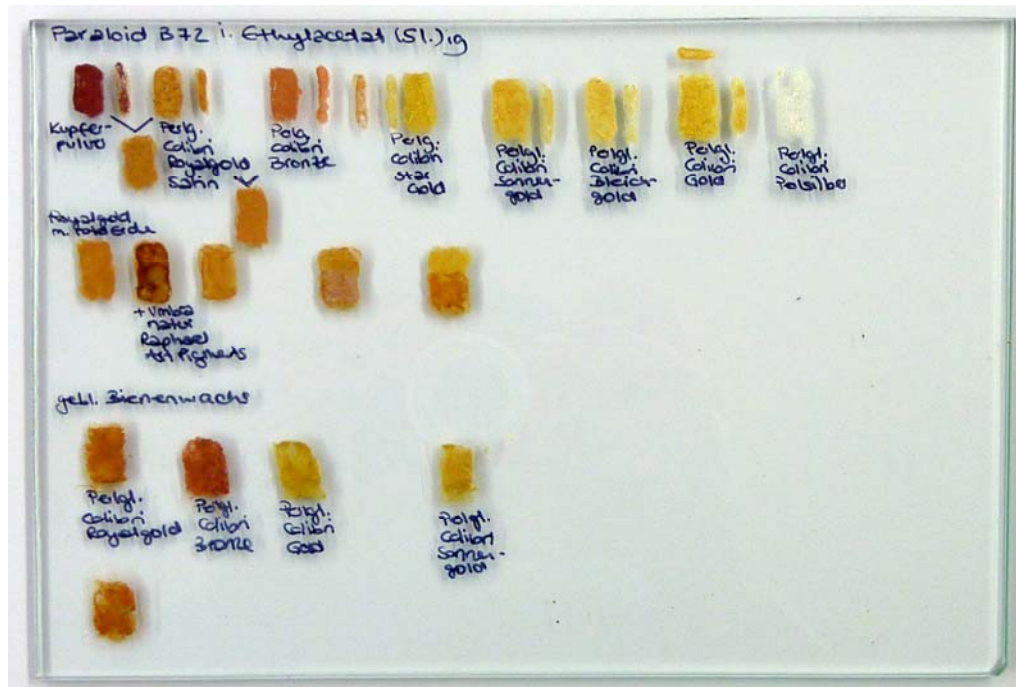


Abb. 39: Mustertafel Retusche.

Die Elektronenröhre wurde an einer Stelle gekittet und gefestigt um das Verfahren beurteilen zu können. Für die Kittung wurde gebleichtes Bienenwachs mit Perlglanz-Colibri-Pigmenten eingefärbt und in die Fehlstellen mit einem Heizspachtel eingebracht. Nach dem Glätten bzw. Strukturieren der Kittungen wird darauf mit Perlglanz-Colibri- und weiteren Pigmenten in Paraloid B72 in Ethylacetat retuschiert.

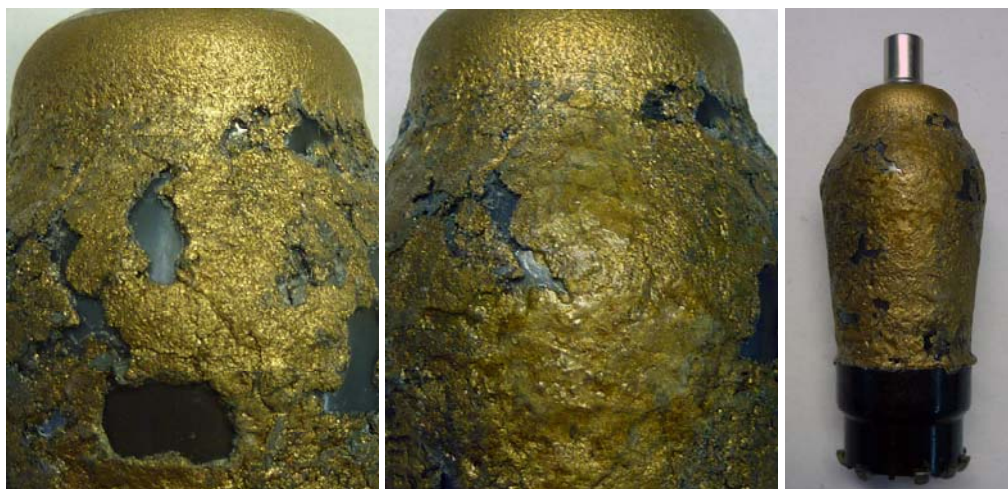


Abb. 40, 41, 42: Elektronenröhre (7) vor und nach Kittung und Retusche.

- Weiter zu klären ist, wie die nach dem Festigen oft noch unebenen Beschichtungen geglättet werden können, etwa durch das Aufbringen eines Überzugs, der die Unebenheiten zurücknimmt, z. B. aus Wachs oder Paraloid B72.

12 Schlusswort

Im Rahmen dieser Arbeit konnten Fragen zu den verwendeten Materialien und Techniken, insbesondere bezüglich der Röhren-beschichtungen, geklärt werden. Gerade die Analyse der Bildröhren-beschichtung, die heute ein Unikat darstellt, ist aufschlussreich für die Produktion von Bildröhren in den 1930er Jahren.

Die Materialbestimmungen der Elektronenröhren zeigen einen kleinen Teil des Spektrums damals möglicher Beschichtungen. Um ein vollständiges Bild zu erhalten, welche Materialien und Techniken zur Beschichtung von Elektronenröhren zu welchen Zeiten verwendet wurden sind detaillierte Untersuchungen erforderlich. So könnten auch die Ursachen geklärt werden, warum manchen Beschichtungen besonders anfällig und einige bis heute erhalten sind.

Es wurde eine funktionale und praktikable Lösung gefunden lose Elektronenröhrenbeschichtungen zu festigen.

Einige Fragen bleiben offen: Gibt es Möglichkeiten die mit Gummi isolierten Kabel zu konservieren? Gibt es vielleicht doch vergleichbare außenbeschichtete Bildröhren oder Fernsehempfänger? Warum wurde zur Beschichtung der Bildröhre ein schwarzer Lack verwendet? Welche Umstände haben zum Zerfall der Beschichtungen geführt? Welche Rolle spielten dabei die äußeren Bedingungen?

Eine an diese Arbeit anschließende Konservierung bzw. Restaurierung des Fernsehempfängers ist notwendig um dieses einmalige Gerät zu erhalten.

81/85

Dank

Mein herzlicher Dank gilt:

Meinen Betreuern PROF. ERWIN EMMERLING, TUM und DR. OSKAR BLUMTRITT, DM.

Dem Deutsche Museum und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, insbesondere THOMAS REBÉNYI und BETTINA GOLDES, Restaurierungswerkstatt für wissenschaftliche Instrumente.

Dipl.-Chemiker MARTIN MACH und Herrn CHRISTIAN GRUBER, Zentrallabor des BLfD, sowie DR. JOHANN ROTT, LKA Bayern für die Analysen.

DIPL. ING. KARLHEINZ SEDDICK, PROF. DR.-ING. DIETMAR RUDOLPH, DR. RÜDIGER WALZ und Herrn HANS-THOMAS SCHMIDT für die Beratung zu Elektronenröhren.

DIPL.-RESTAURATORIN MARTINA GLOSSAT und Herrn FRANK GNEGEL, Museum für Kommunikation Frankfurt.

HANS-PETER GRAMMDORF GMBH, Stuttgart und CONRADS® LACKE, Wuppertal.

13 Literaturverzeichnis

- ABRAMSON, ALBERT: *The History of Television, 1880 to 1941, USA* 1987
- ARDENNE, MANFRED VON: *Die Kathodenstrahlröhre*, Berlin 1933
- ARDENNE, MANFRED VON: *Fernsehempfang*, Berlin 1935
- ARDENNE, MANFRED VON: *Fernsehempfang – Bau und Betrieb einer Anlage zur Aufnahme des Ultrakurzwellen-Fernsehrundfunks mit Braunscher Röhre*, Berlin 1935
- ARDENNE, MANFRED VON: *Entstehen des Fernsehens: persönliche Erinnerungen an das Entstehen des heutigen Fernsehens mit Elektronenstrahlröhren*, Herten 1996
- ARDENNE, MANFRED VON: *Laboratorium Manfred von Ardenne*, Berlin 1938
- BAUR, CASPAR: *Das elektrische Kabel*, Berlin 1910
- BLUMTRITT, OSKAR: *The flying-spot scanner, Manfred von Ardenne and the telecinema*, in: *Presenting Pictures*, London 2004
- BORCHART, HANS; WEIHER, SIGFRID VON: *75 Jahre Kabelwerk Berlin / 100 Jahre Siemens-Kabel*, 1951
- BURNS, R. W.: *Television – an international history of the formative years*, Bath 1998
- DAHLHAUS, NATALIE: *Die tote Klasse*, Diplomarbeit TU München, 2009 (MS)
- DILLENBURGER, WOLFGANG: *Einführung in die deutsche Fernsehtechnik*, Berlin 1953
- ESPE, W.; KNOLL, M.: *Werkstoffe der Hochvakuumtechnik*, Berlin 1936
- FUCHS, FRANZ: *Grundlagen der Fernsehtechnik*, München, Berlin 1939
- FUCHS, FRANZ: *Das Fernsehen*, München 1937
- GÜNTHER, HANNS: *Das große Fernsehbuch*, Stuttgart 1938
- GÜNTHER, HANNS; RICHTER, HEINZ: *Lexikon der Funktechnik und ihrer Grenzgebiete*, Stuttgart 1945
- GÜNTHER, HANNS: *Fortschritte der Funktechnik*, Bd. 2, 3, Stuttgart 1937, 38

- HAAS, SATYANANDA: *Elektronisches Schlagwerk aus dem Nachlas von Oskar Sala*, Dokumentation für die Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin 2010
- KRAUS, ALFRED: *Handbuch der Nitrocelluloselacke Teil 2*, Berlin 1952
- KRETSCHMAR, EBERHARD: *Das Metallspritzverfahren und seine Anwendung in unserer Wirtschaft*, Halle 1953
- KUNZ, SIMON; SCHWARZ, REBEKKA: *Zwei Kunstköpfe aus dem Deutschen Museum*, Seminararbeit am Lst. Für Restaurierung, München 2010 (MS)
- MAGOUN, ALEXANDER B.: *Television – The Life Story of a Technology*, Baltimore 2009
- RATHEISER, LUDWIG: *Rundfunkröhren 1936/37 – Eigenschaften und Anwendung*, Berlin 1938
- RATHEISER, LUDWIG: *Das große Röhren-Handbuch*, München 1995
- SCHARSCHMIDT, WOLFGANG: *Röhrenhistorie*, 5 Bd., Dessau-Roßlau 2009
- SCHIERWECK, ALEXANDRA; SALTHAMMER, TUNGA: *Schadstoffe in Museen, Bibliotheken und Archiven*, Braunschweig 2006
- SCHMIDT, DIETER HOLT: *Fernsehen – Wie alles begann*, 1985
- SCHOOP, M.U.: *Über mein Metall-Spritzverfahren zur Herstellung von Überzügen*, Zürich 1914
- SCHOOP, M.U.; KASPEROWICZ, WITHOLD: *Das Elektro-Metallspritz-Verfahren*, Halle a. S. 1920
- SHIERS, GEORGE: *Early Television – A Bibliographic Guide to 1940*, New York, London 1997
- WAENTIG, FRIEDERIKE: *Kunststoffe in der Kunst*, Petersberg 2004
- WAENTIG, FRIEDERIKE: *Zur Geschichte der Möbellacke im 20. Jahrhundert – im besonderen die Lacke der Bauhaus-Zeit*, Diplomarbeit, Köln 1992
- WEINERTH, HANS: *Lexikon der Elektronik und Mikroelektronik*, Düsseldorf 1993
- WILHELM, KATRIN: *Archäocoll 2000N*, Seminararbeit am Lst. für Restaurierung, TU München 2008 (MS)
- WILLIAMS, NIGEL: *Porcelain: Repair and Restoration*, London 2002

- ZAREW, B. M.: *Berechnung und Konstruktion von Elektronenröhren*, Berlin 1955
- *100 Jahre SEL von Mix & Genest und C. Lorenz zur Standard Elektrizität*, Lorenz AG, 1978
- *75 Jahre Lorenz – 1880-1955*, Festschrift der C. Lorenz Aktiengesellschaft, Stuttgart 1955
- *Amtlicher Führer: 13. Große Deutsche Rundfunkausstellung und Volkssender*, Berlin 1936
- *Lorenz-Berichte*, Sept. 1935, Nr. 8, Berlin
- *Lorenz-Berichte*, Mai 1936, Nr.2, Berlin
- *Lorenz-Berichte*, Sept. 1937, Nr. 3, Berlin
- *Lorenz-Berichte*, Dez. 1938, Nr. 3/4, Berlin
- *Lorenz-Berichte*, Dez. 1939, Nr. 3/4, Berlin
- *Röhren A-Z – Ein Wörterbuch der Rundfunkröhre*, Berlin 1935

Internet

- http://www.radiomuseum.org/r/lorenz_fernseh_empf_3637.html#b
(21.04.2011)
- www.corr-institute.se/ICP-Materials: Mapping of Effects on Material
(12.01.2011)
- http://www.rkk.ar.tum.de/fileadmin/media_rkk/China_Projekt/Downloads/ JB_2007_09_Lintong.pdf (22.03.2011)

Anhang

Fotodokumentation

Analyseergebnisse

weitere Materialien

3/49

Fotodokumentation

Fotos: HUBERTUS CZECH, Deutsches Museum



Fernsehempfänger Modell 36, rechte Seite.



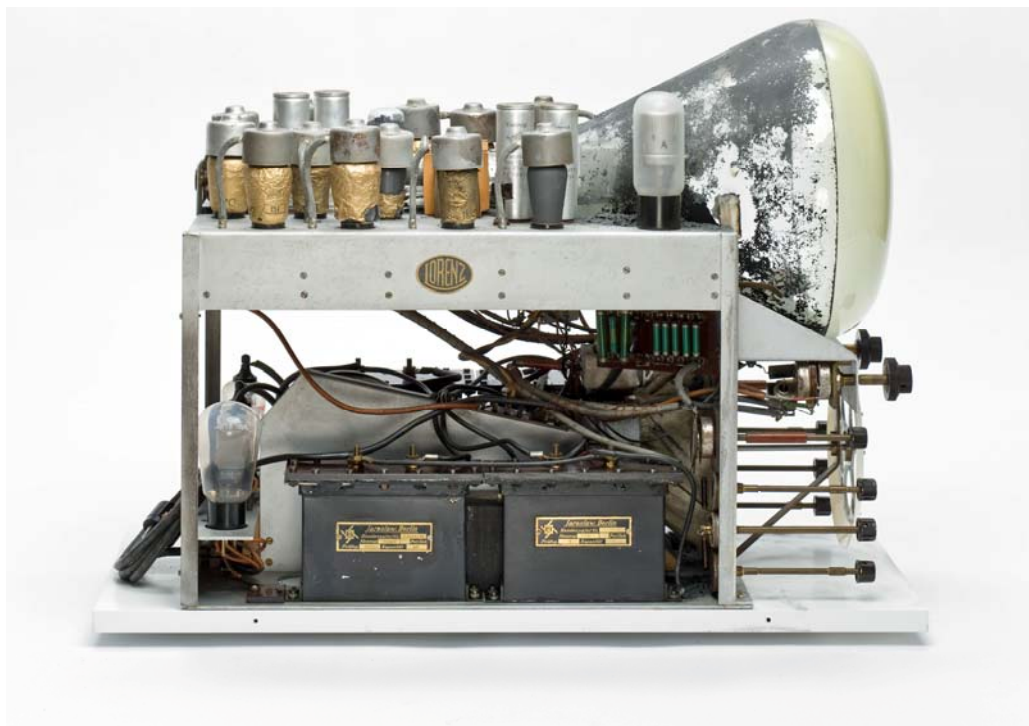
Fernsehempfänger Modell 36, über rechte vordere Ecke.



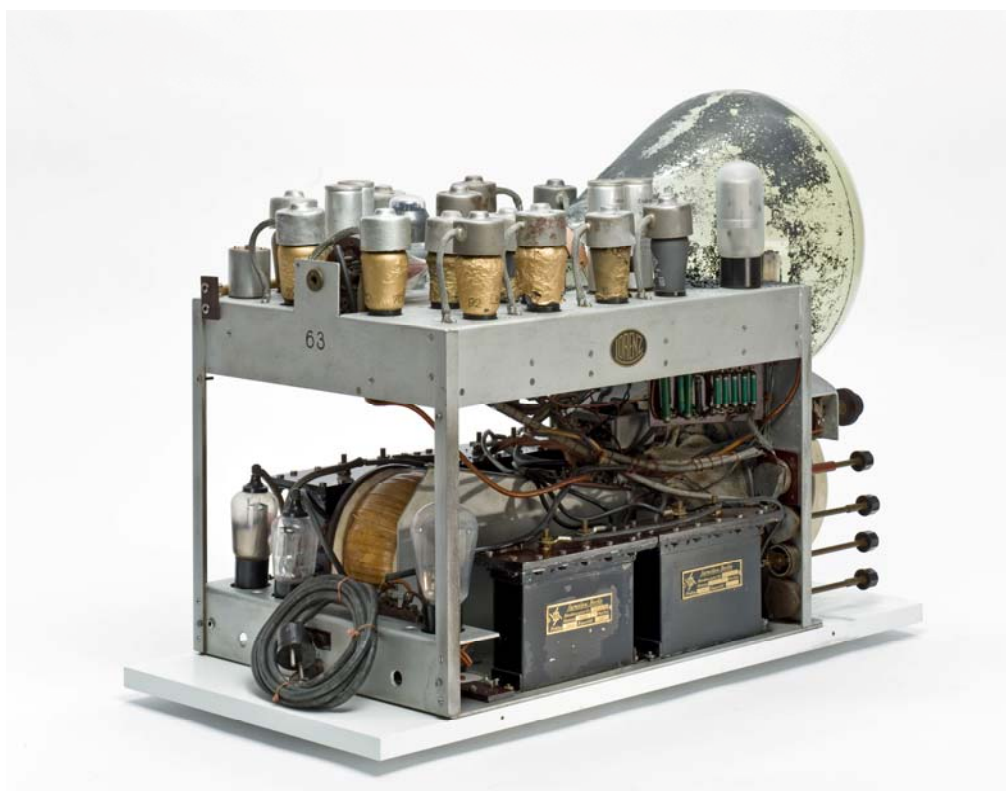
Fernsehempfänger Modell 36, Vorderseite.



Fernsehempfänger Modell 36, über linke vordere Ecke.



Fernsehempfänger Modell 36, linke Seite.



Fernsehempfänger Modell 36, über hintere linke Ecke.



Fernsehempfänger Modell 36, Rückseite.



Fernsehempfänger Modell 36, Oberseite.



Fernsehempfänger Modell 36, Detail Elektronenröhren linke Seite.



Fernsehempfänger Modell 36, Detail Elektronenröhre 5 und 2.



Fernsehempfänger Modell 36, Detail Elektronenröhre 12 und 9.



Fernsehempfänger Modell 36, Detail Elektronenröhre 15 und RGN 2004.

9/49



Fernsehempfänger Modell 36, Detail des Chassis von unten.



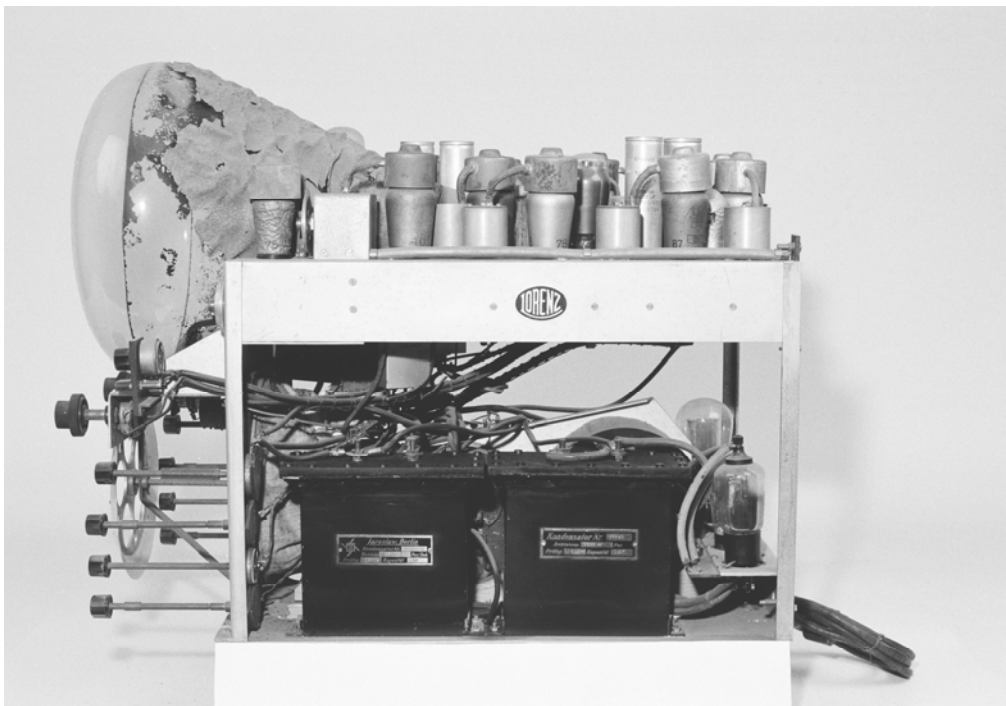
Fernsehempfänger Modell 36, Detail des Chassis von unten.

11/49

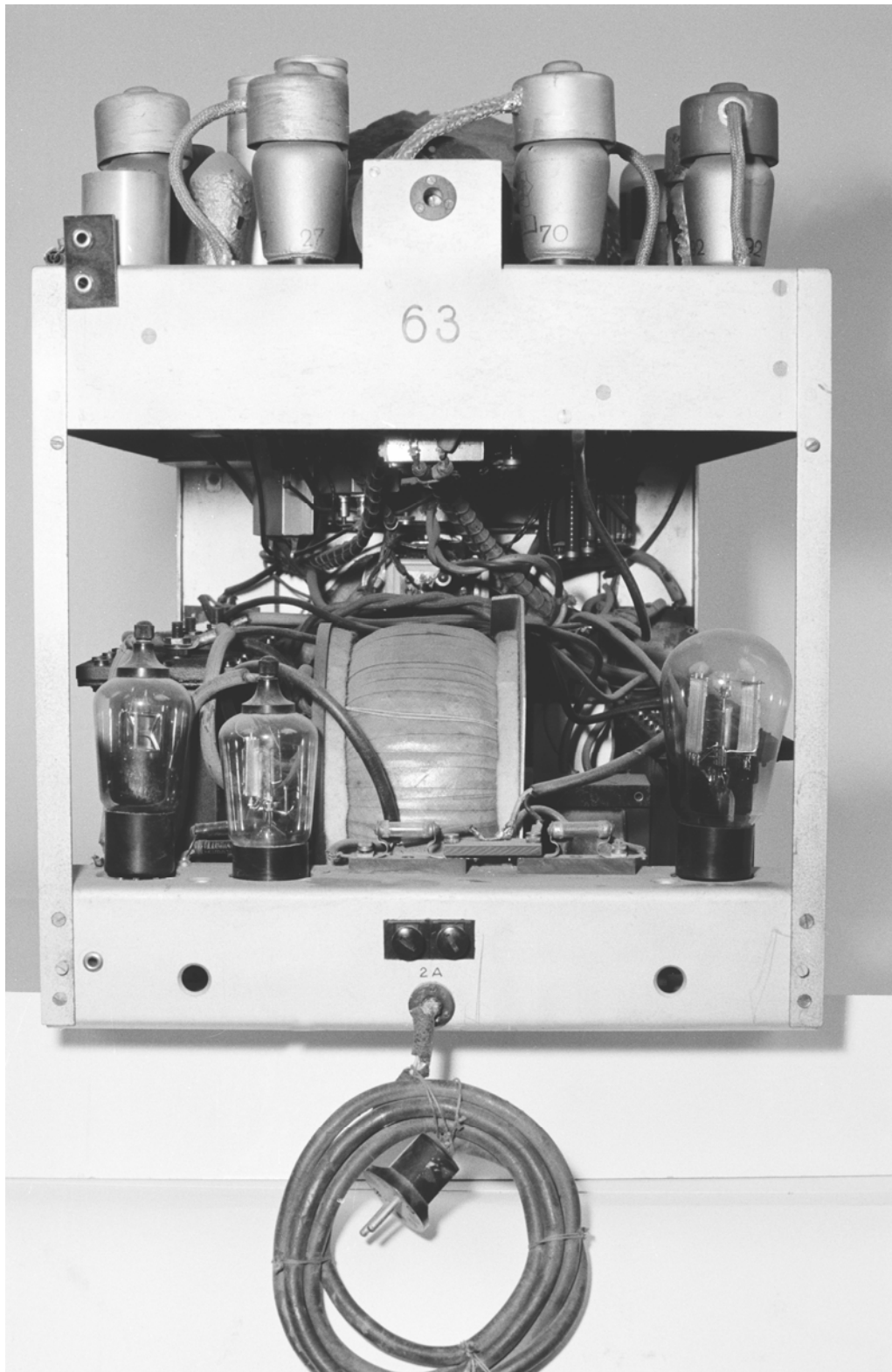
Fotos von ERNST ELLINGER, Deutsches Museum, 1990.



Fernsehempfänger Modell 36, linke Seite.



Fernsehempfänger Modell 36, rechte Seite.



Fernsehempfänger Modell 36, Rückseite.



Fernsehempfänger Modell 36, Rück- und Oberseite.



Fernsehempfänger Modell 36, Detail Bildröhre.

15/49



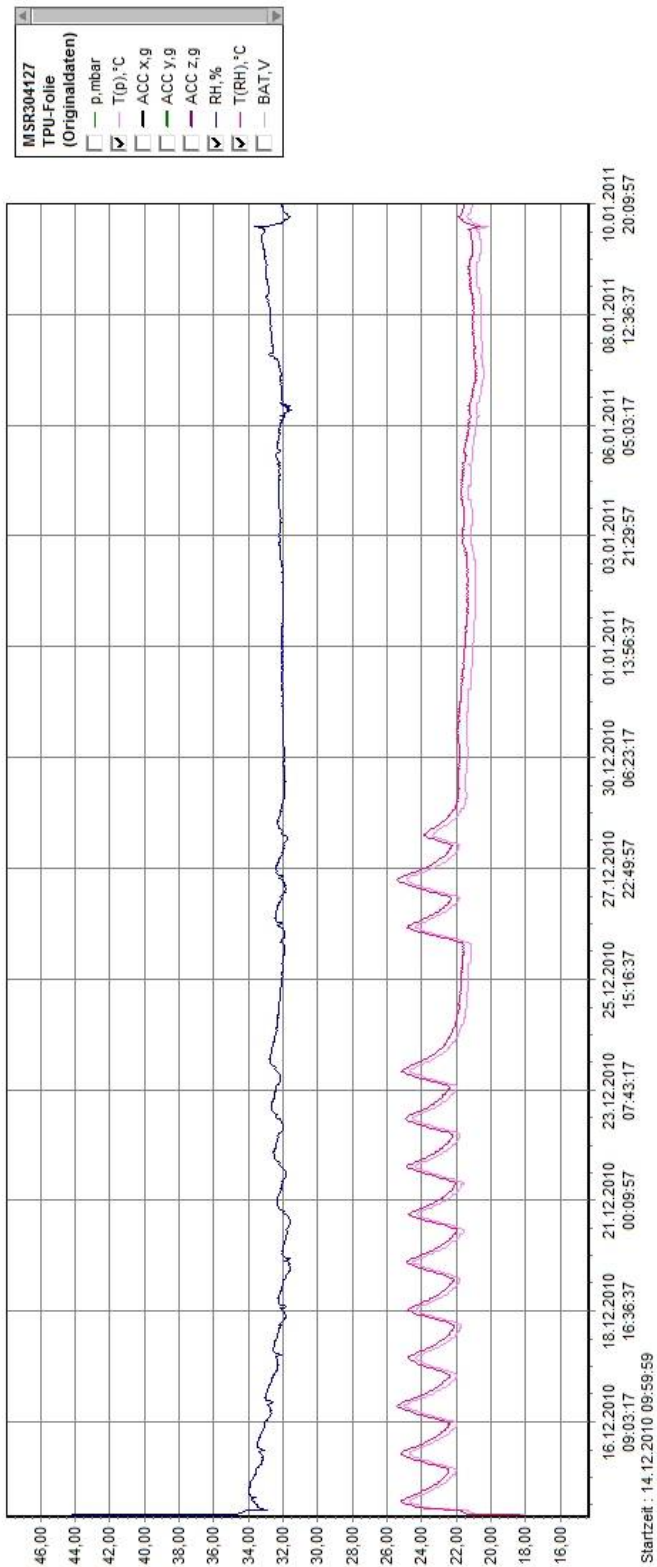
Fernsehempfänger Modell 36, Detail Bildröhre.



Fernsehempfänger Modell 36, Detail Elektronenröhren.

17/49

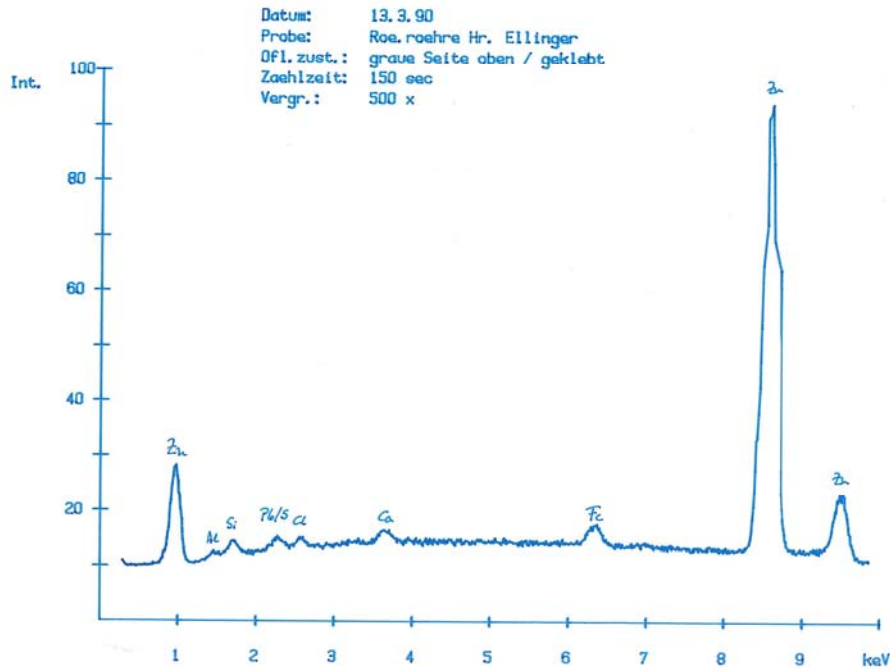
Analysen



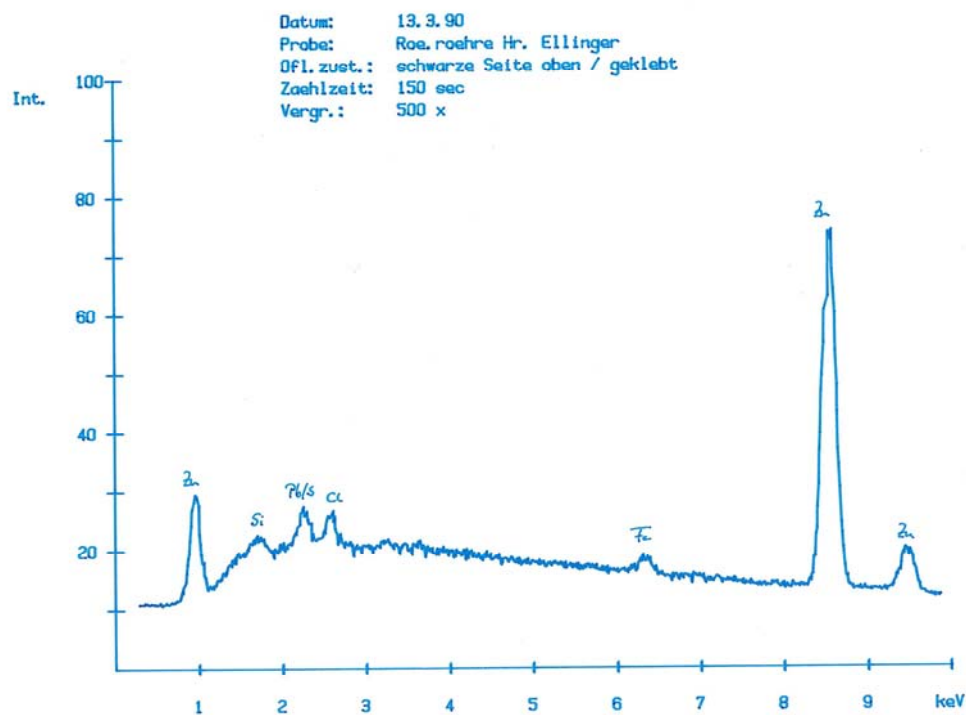
Klimamessung Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit.

19/49

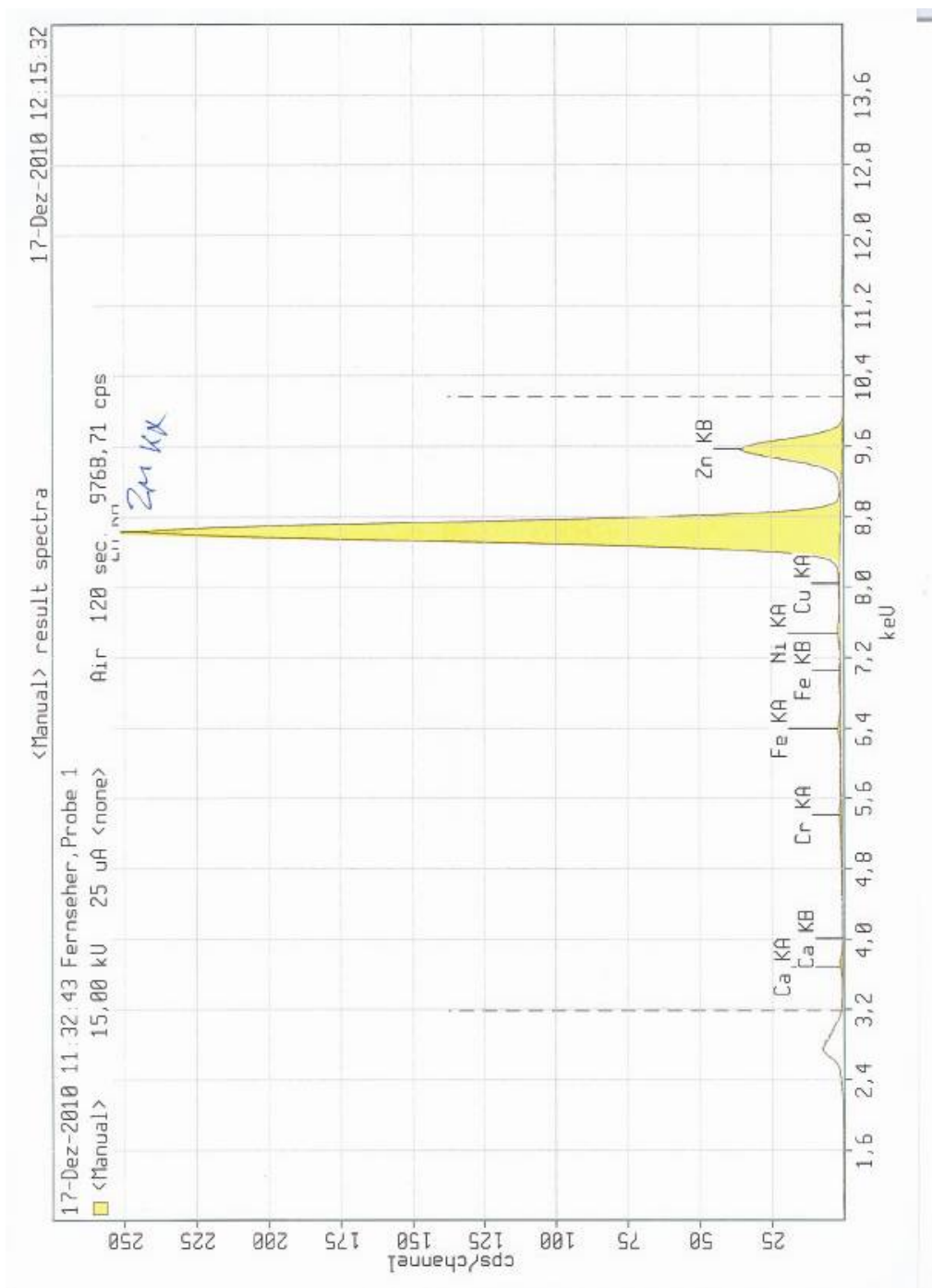
Röntgenbeugung und Röntgenfluoreszenz



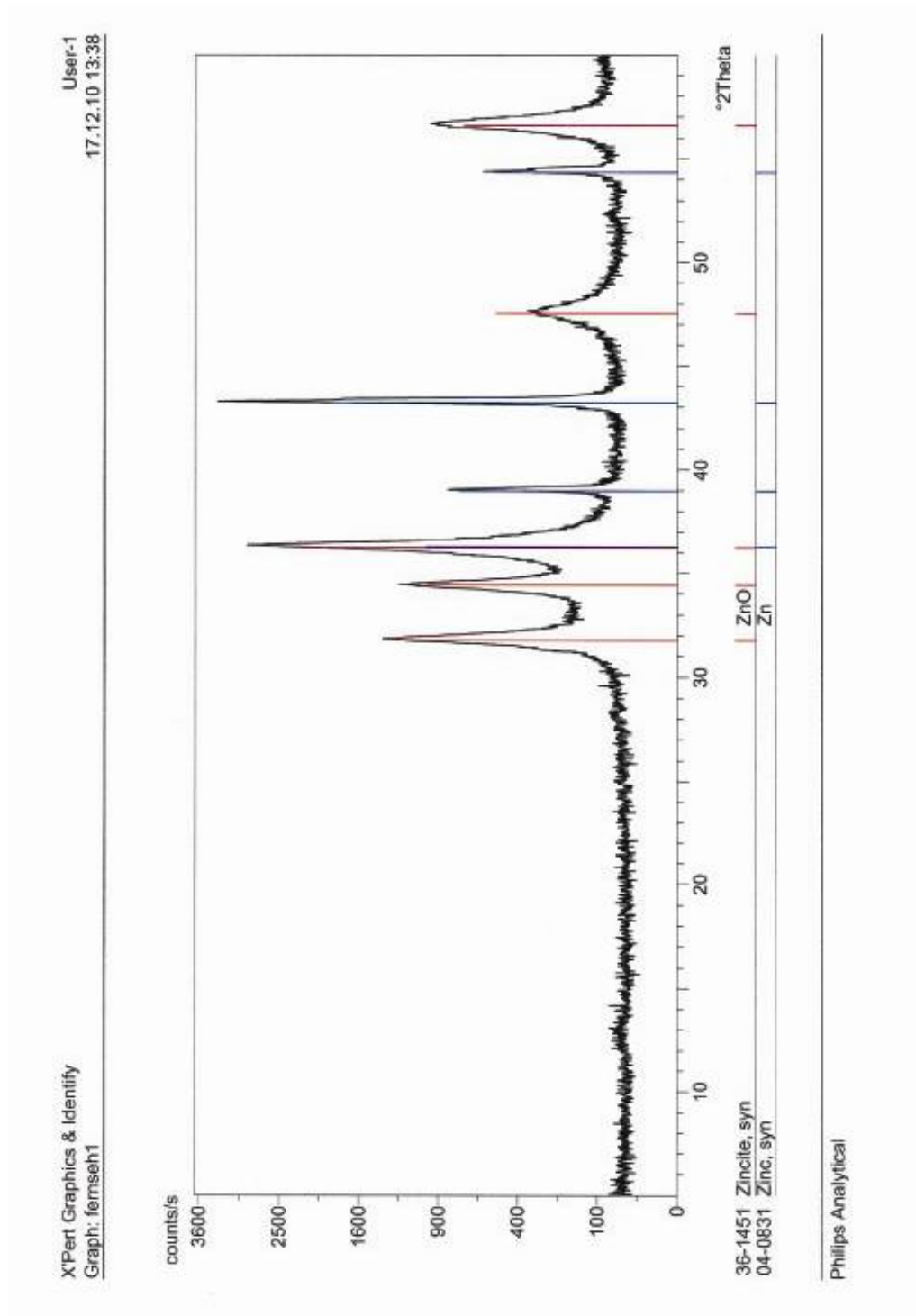
Analyse 1 der Bildröhrenbeschichtung von Dipl.-Chemiker M. MACH, 1990.



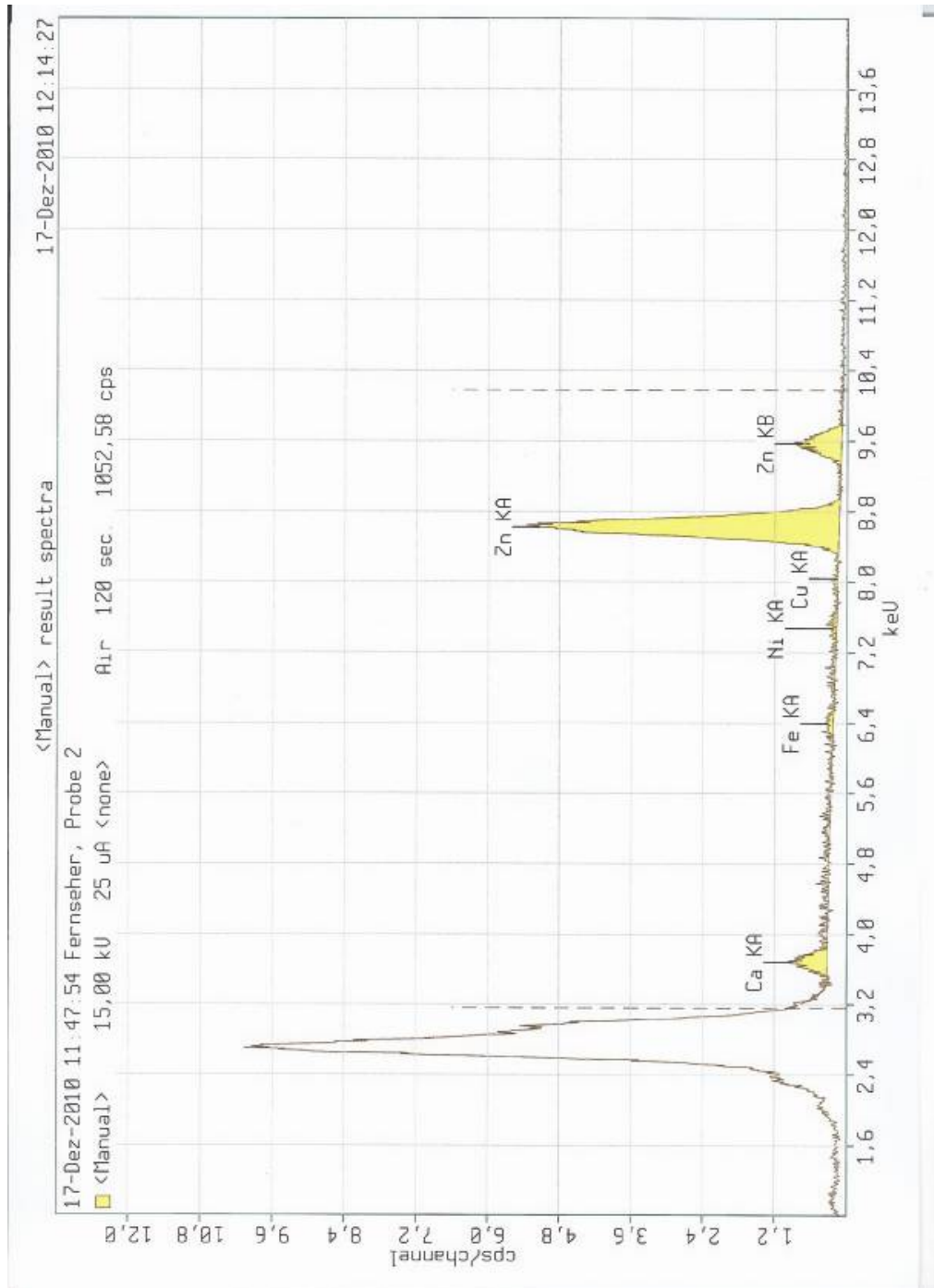
Analyse 2 der Bildröhrenbeschichtung von Dipl.-Chemiker M. MACH, 1990.



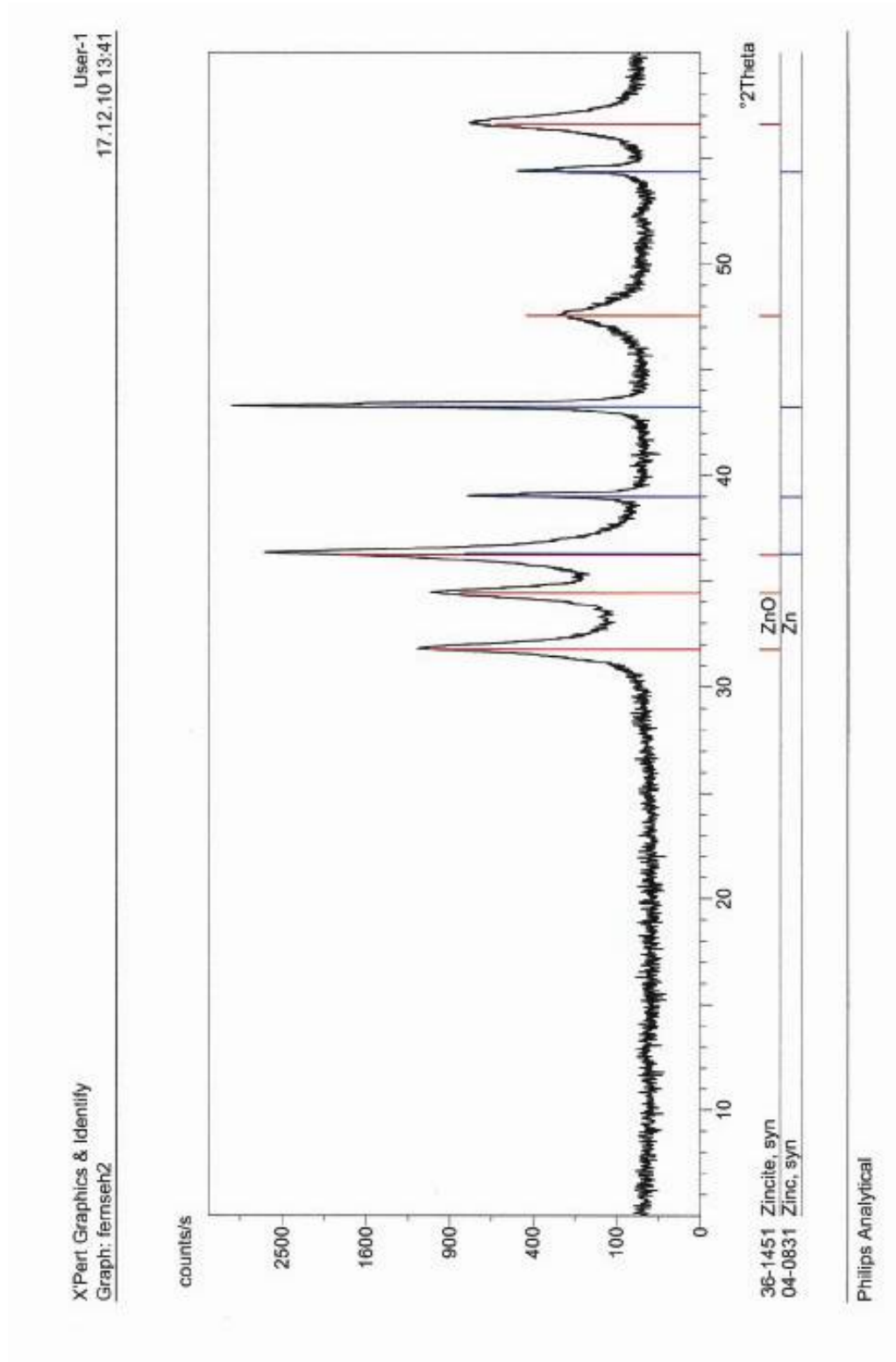
Spektrum Röntgenbeugung Probe 1; Zinkoxid und metallisches Zink.
Zentrallabor des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Dezember 2011.



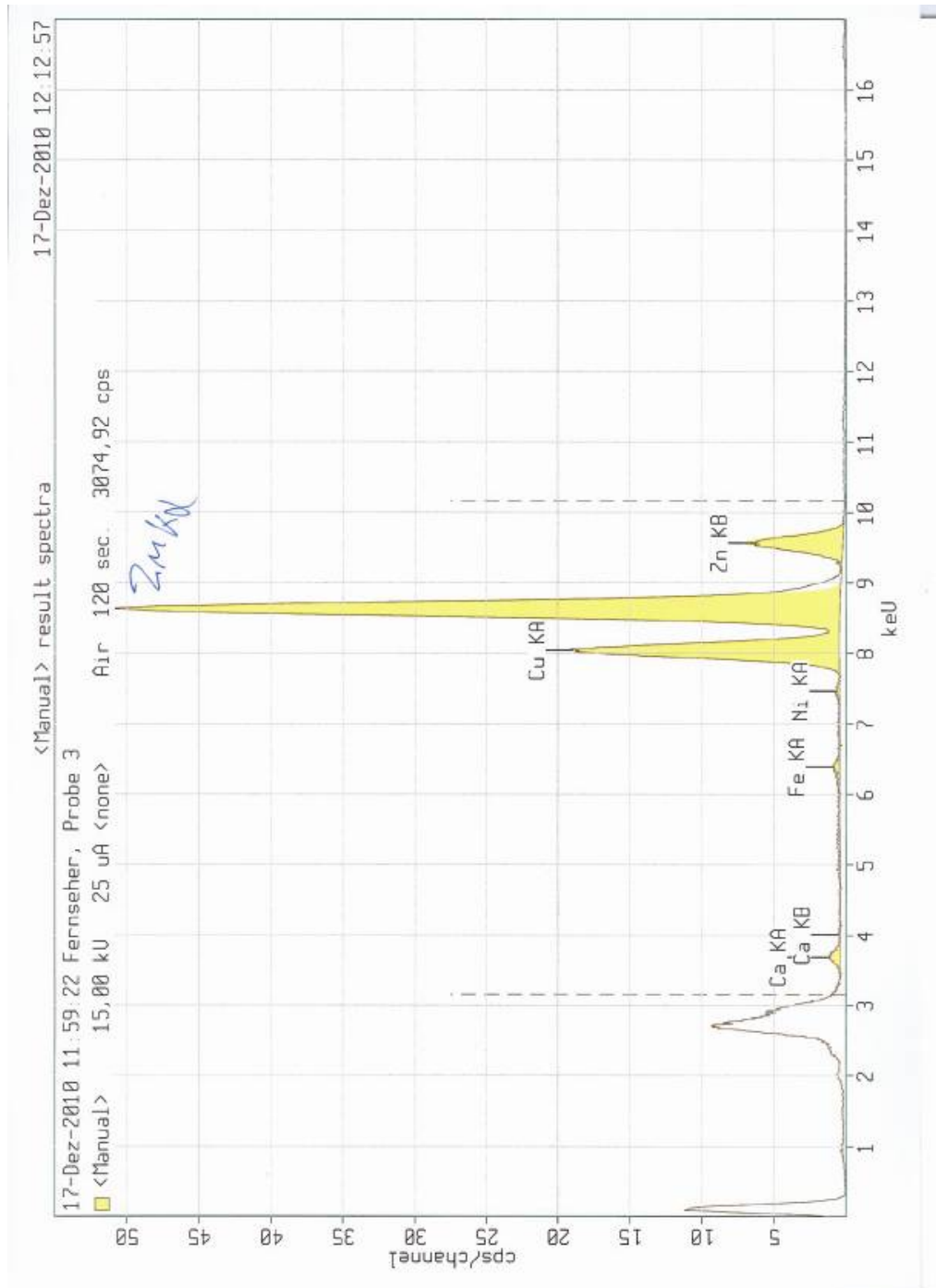
Spektrum Röntgenfluoreszenz Probe 1; Zinkoxid und metallisches Zink.
Zentrallabor des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Dezember 2011.



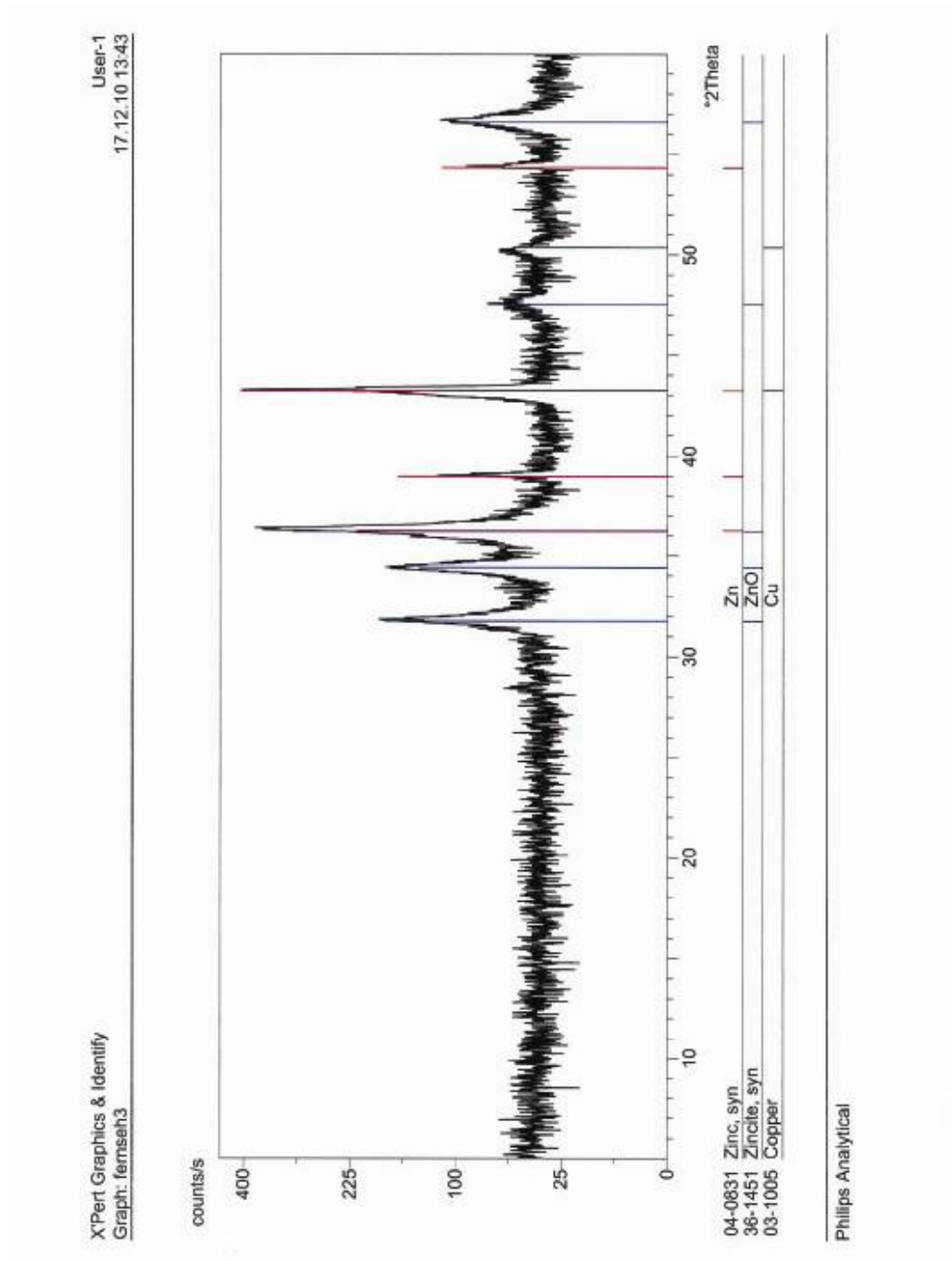
Spektrum Röntgenbeugung Probe 2, Zinkoxid und metallisches Zink.
 Zentrallabor des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Dezember 2011.



Spektrum Röntgenfluoreszenz Probe 2, Zinkoxid und metallisches Zink.
Zentrallabor des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Dezember 2011.



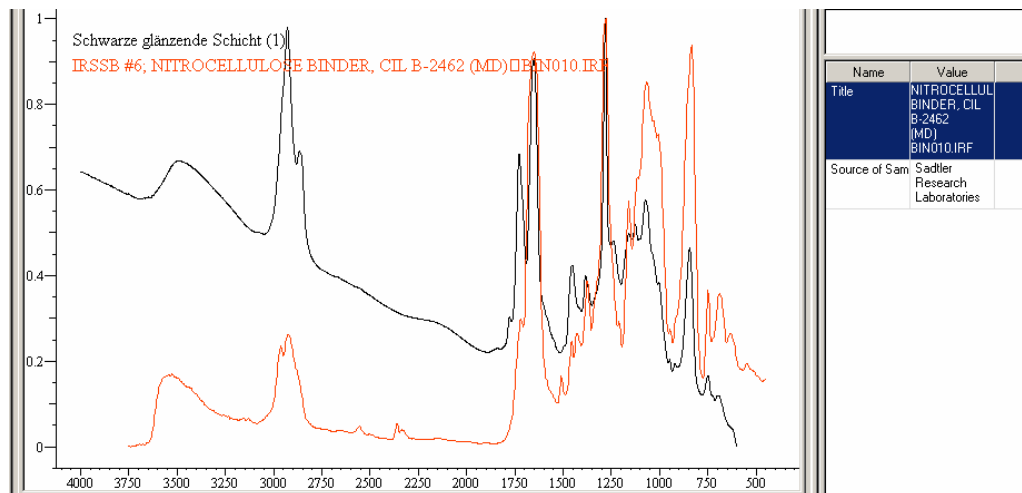
Spektrum Röntgenbeugung Probe 3; Zinkoxid, metallisches Zink und Kupfer.
Zentrallabor des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Dezember 2011.



Spektrum Röntgenfluoreszenz Probe 3; Zinkoxid, metallisches Zink und Kupfer.
Zentrallabor des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Dezember 2011.

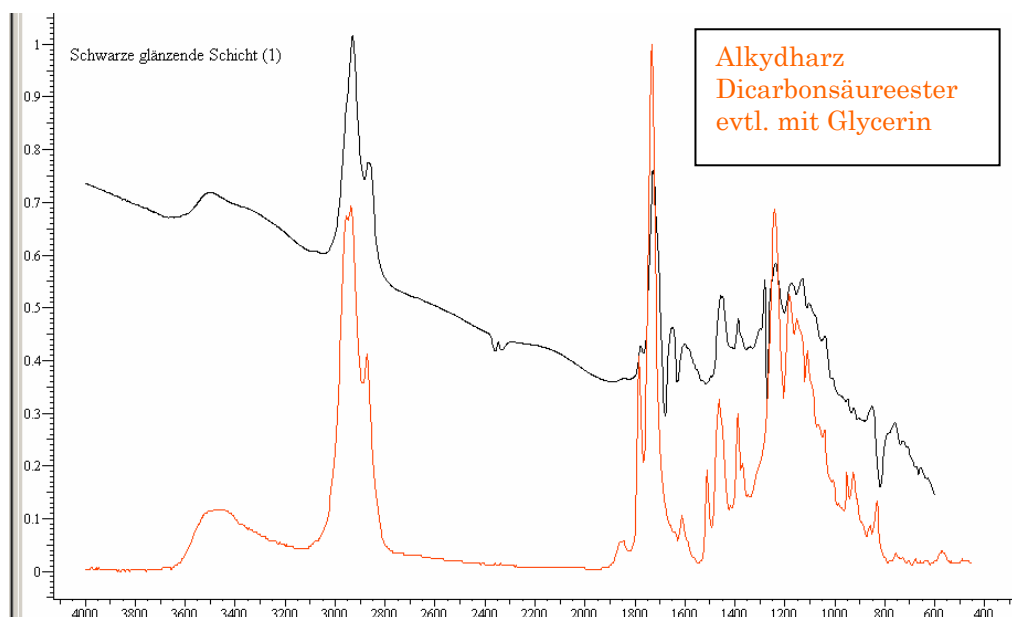
27/49

Mikroskop FTIR



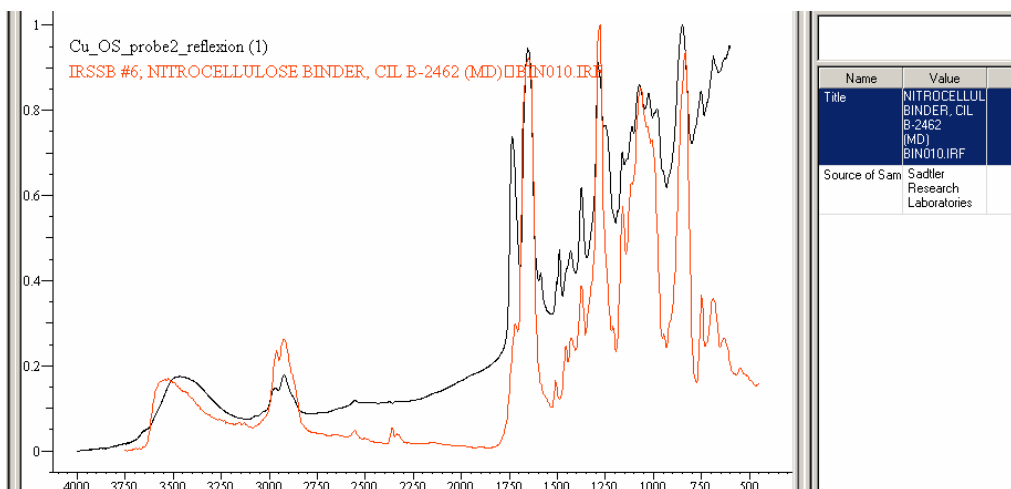
Spektrum Mikroskop FTIR Probe 4: Nitrokombinationslack aus Nitrocellulose und Alkydharz (?)

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, März 2011.



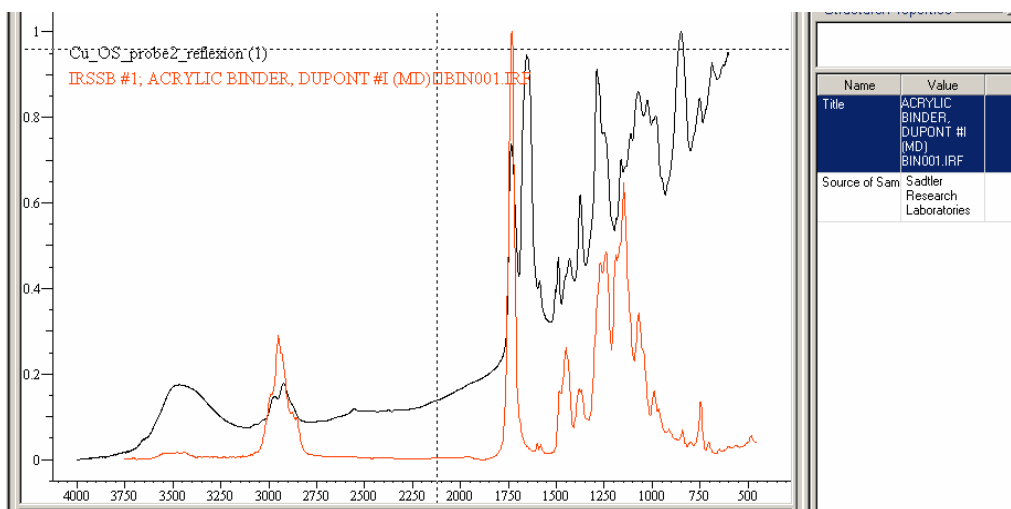
Spektrum Mikroskop FTIR Probe 4: Nitrokombinationslack aus Nitrocellulose und Alkydharz (?), im Spektrum ist Nitrocellulose abgezogen.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, März 2011.



Spektrum Mikroskop FTIR Probe 5: Nitrokombinationslack aus Nitrocellulose und Alkydharz (?), Reflexionsspektrum.

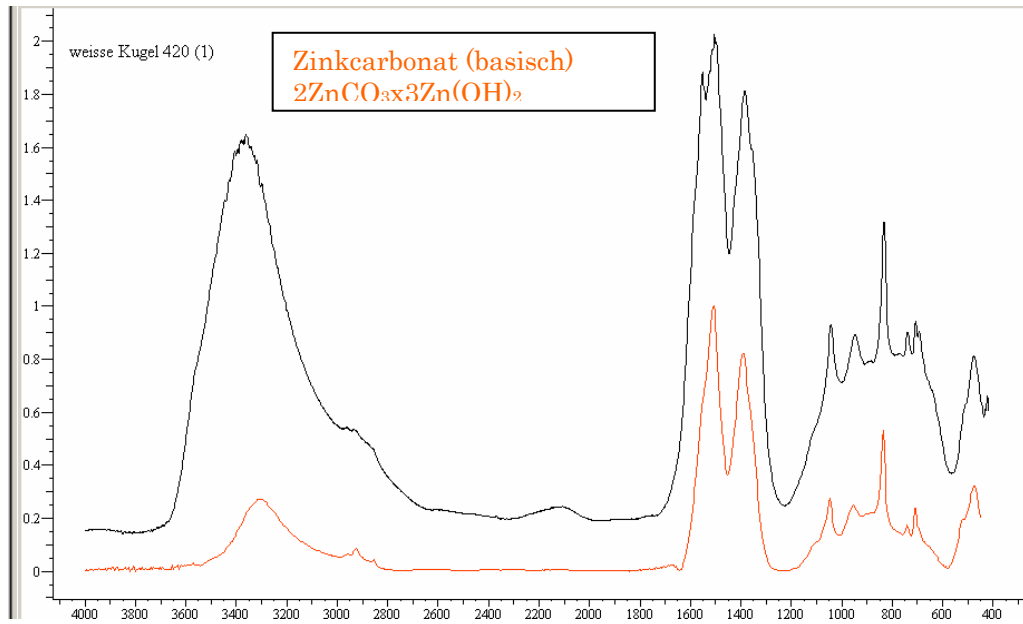
DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, März 2011.



Spektrum Mikroskop FTIR Probe 5: Nitrokombinationslack aus Nitrocellulose und Alkydharz (?), Reflexionsspektrum.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, März 2011.

29/49

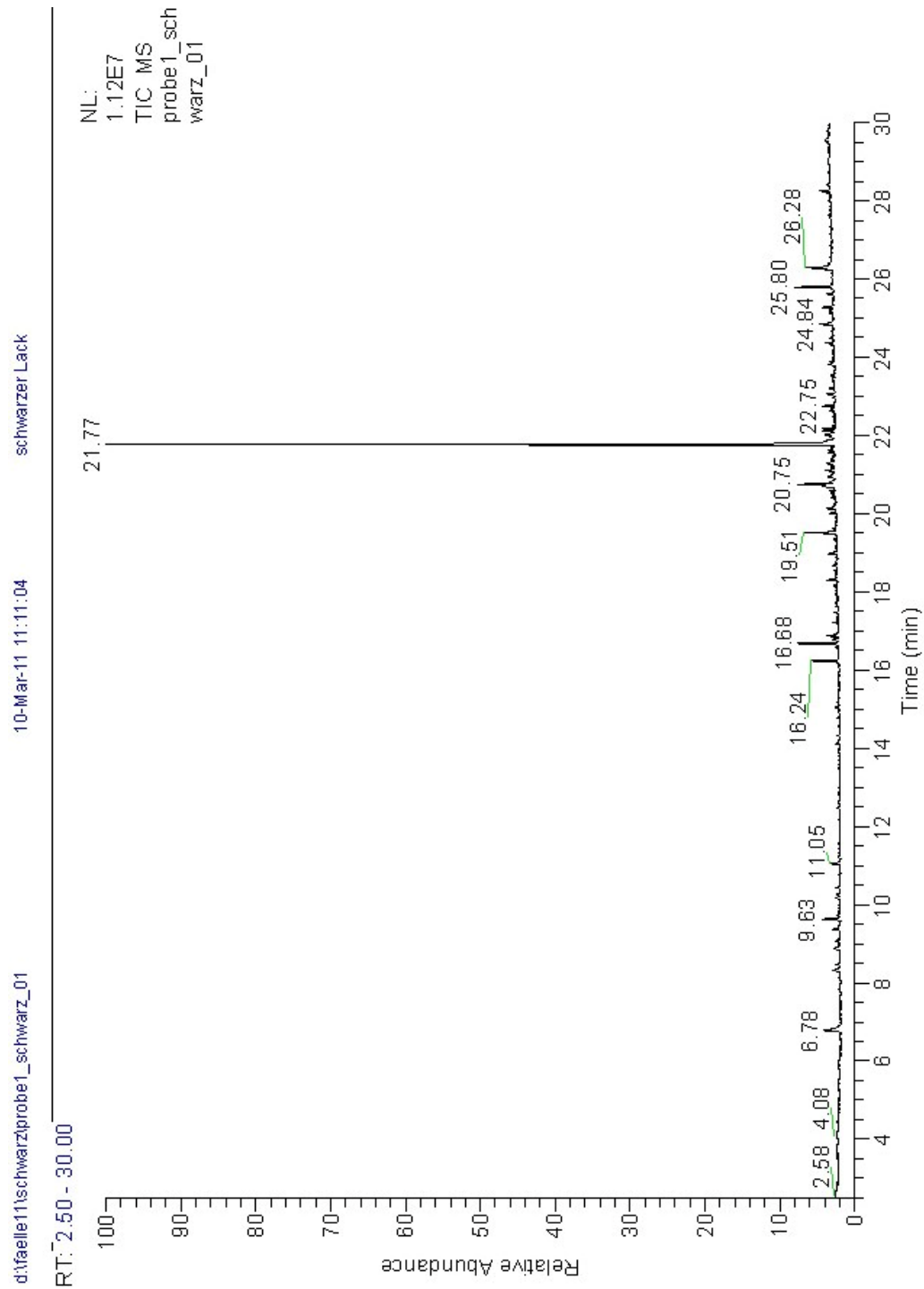


Spektrum Mikroskop FTIR Probe 4 und 5; Zinkcarbonat.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, März 2011.

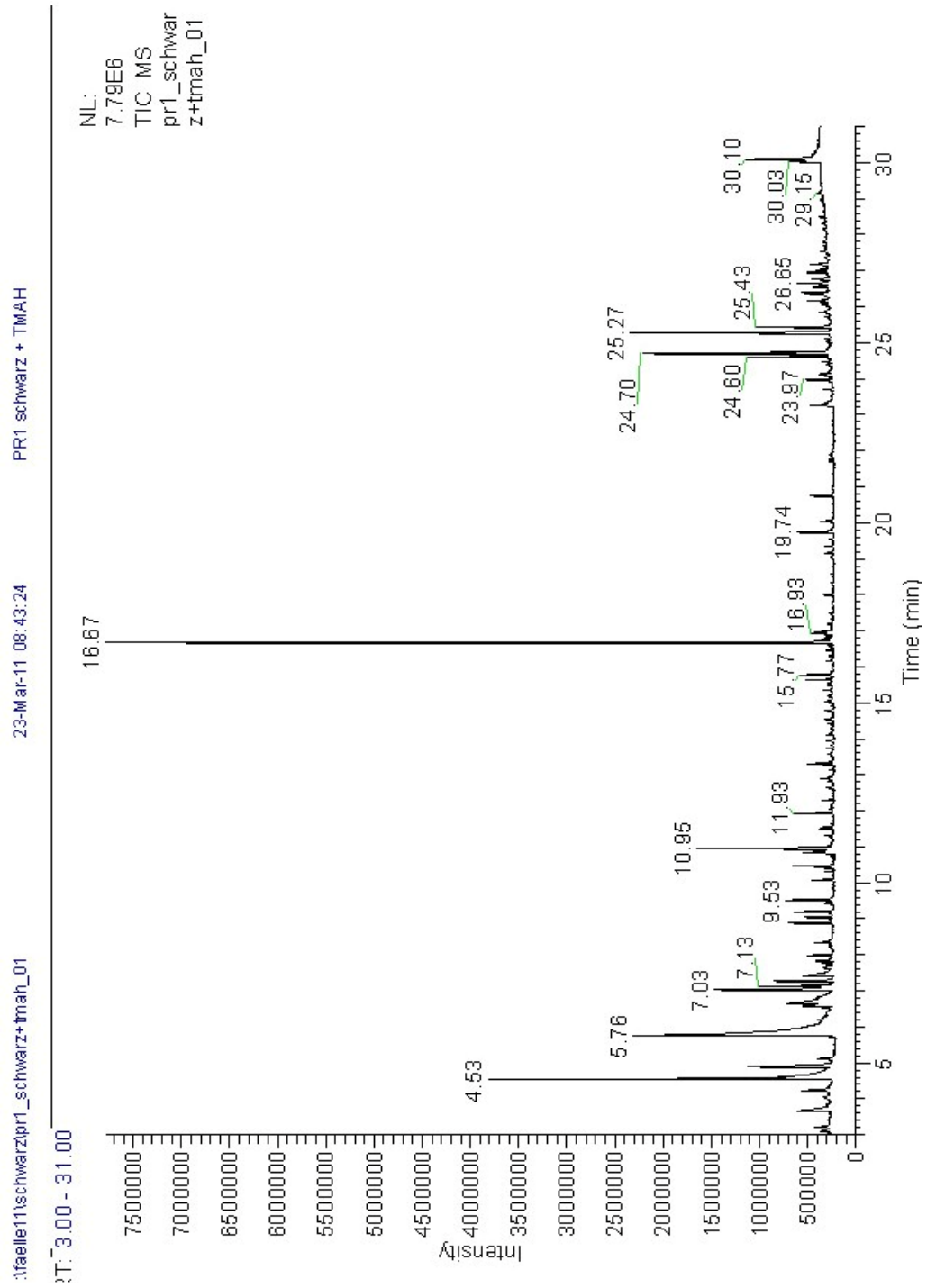
31/49

Pyrolyse GC-MS



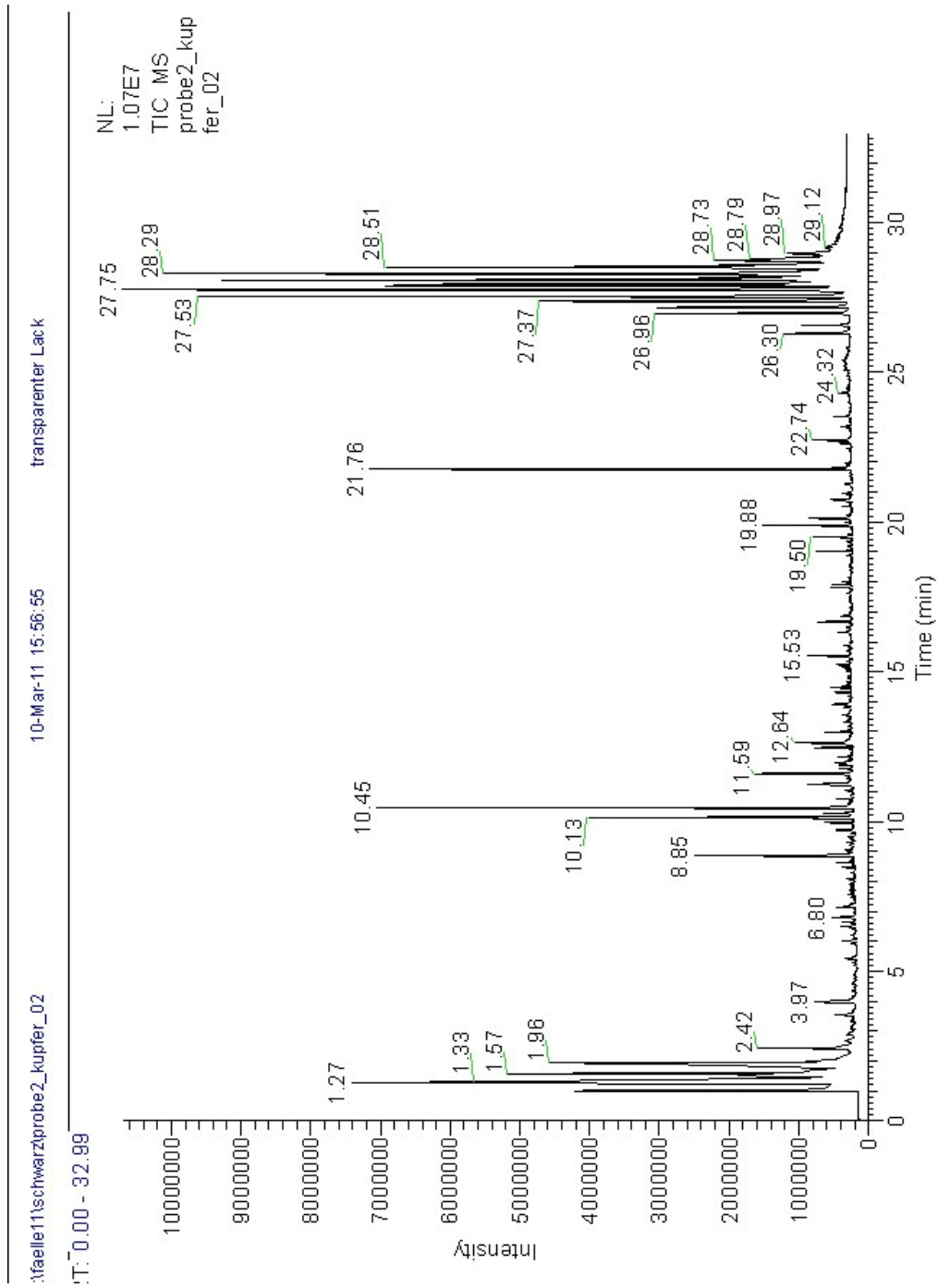
Spektrum Pyrolyse GC-MS Probe 4.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, April 2011.



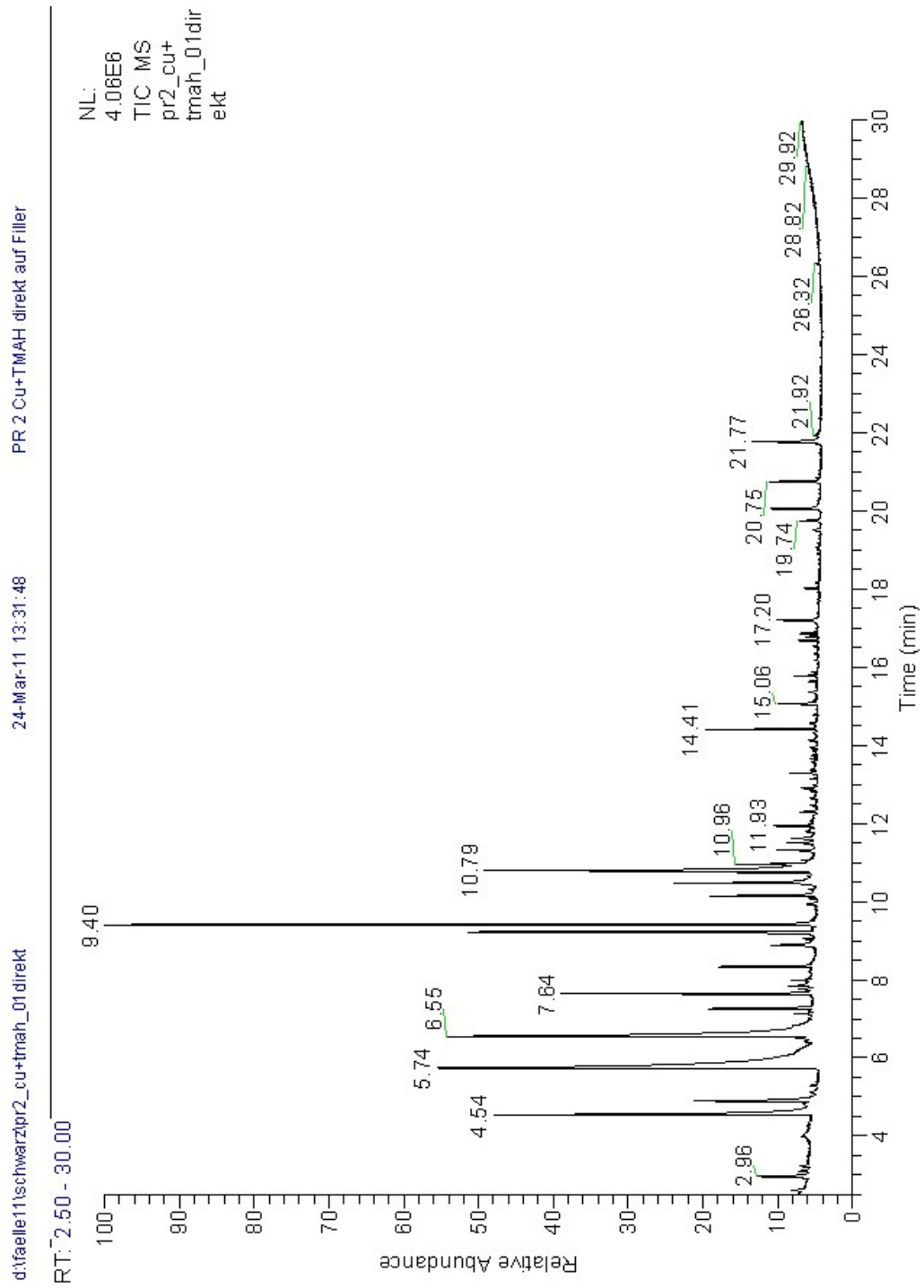
Spektrum Pyrolyse GC-MS Probe 4, TMAH.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, April 2011.



Spektrum Pyrolyse GC-MS Probe 5.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, April 2011.



Spektrum Pyrolyse GC-MS Probe 5, TMAH.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, April 2011.

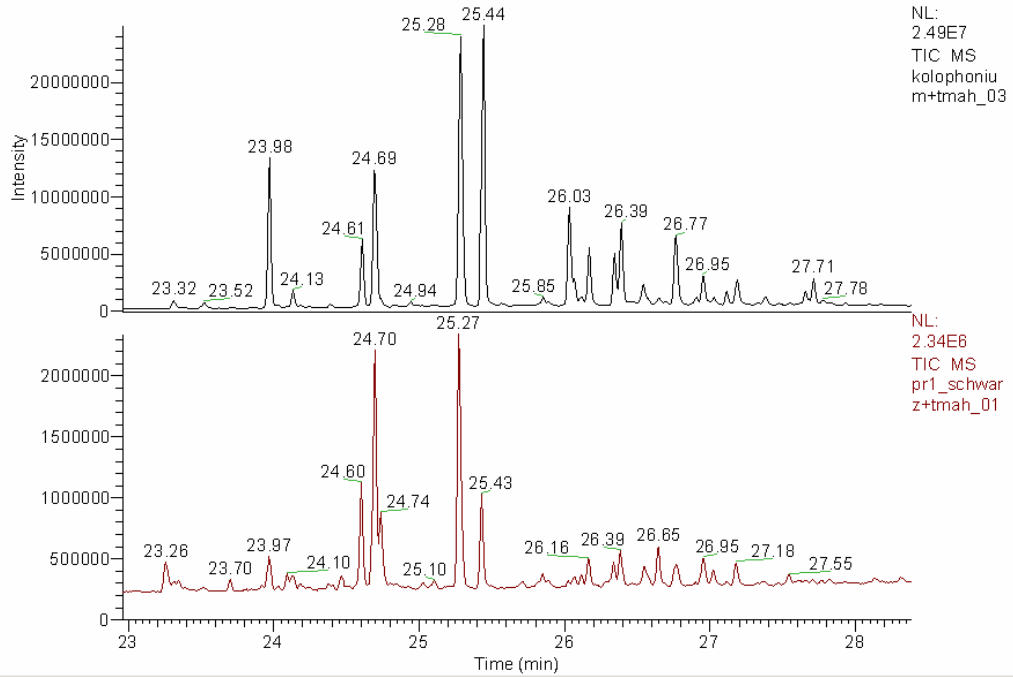
35/49

\\faelle11\schwarz\pr1_schwarz+tmah_01

23-Mar-11 08:43:24

PR1 schwarz + TMAH

RT: 22.96 - 28.39



Spektren Pyrolyse GC-MS, TMAH. Oben: Probe 4, Unten: Vergleichsspektrum Kolophonium.

DR. JOHANN ROTT, Landeskriminalamt München, April 2011.

37/49

Weiteres Material

Fernsehempfänger ohne Gehäuse, von Lorenz AG
Inv. Nr. 70011

Hersteller: Lorenz AG - Berlin
Stifter: Conrad Lorenz AG - Berlin
Zugang: 1937
Abt: Nachrichtentechnik
Referent: Dr. Blumtritt, H. Leitmeyr
Restaurator: Ernst Ellinger
Datierung: 1936
Signierung: Auf Bildröhre "LABORATORIUM MANFRED von ARDENNE
BERLIN - LICHTERFELDE OST
Heizstrom nach 2 Min: 0,58 Amp.
Heizspannung ca: 3,30 Volt
Geprüft : (Unterschrift nicht lesbar)
Type: A 230
Nummer: 34"
Auf Rückseite Gehäuserahmen "63"
Auf Gehäuserahmen seitlich jeweils "LORENZ"
Maße: Länge 72 cm, Breite 35 cm, Höhe 52 cm
Zeit: 10. April - 3. Mai 1990
Stunden: 73

Materialien: Eisen, Aluminium, Kunststoff, Glas, Kupfer, Messing
Zink,

Zustand: Durch Staub und verharztes Öl stark verschmutzt.
Abdeckung der Bildröhre (Zink) zerfällt.
Eisen teilweise stark verrostet.
Messing angelauten.
Kabel sehr brüchig.

Maßnahmen: Fernsehempfänger fotografiert, restauriert und Metallteile
konserviert mit Paraffinwachs.
Abdeckung der Bildröhre analysiert mit Diagramm von
H. Mach, Amt für Denkmalschutz (im Hause).
Ergebnis der Analyse: Hauptanteil, Zink (siehe Diagramm).

Ernst Ellinger
München, den 3. Mai 1990

Protokoll zum Fernsehempfänger Modell 36 von E. ELLINGER, DM; 1990.

Nr.	Kitttypus:	Pfezin (Pech)	Zuckeralkalk-Kitt	Bleiglätte- Glycerin	Gips	Marmorzement	Rosa-Kitt	Schellack-Kitt	Novolack-Kitt	Resol-Kitt
1	Kittypus:	Schmelzkitt	Schmelzkitt	Reaktionskitt	Abbindekitt	Abbindekitt	Reaktionskitt	Konstitutionskitt	Schmelzkitt	Konstitutionskitt
2	Verfestigung durch:	Abkühlung	Abkühlung	chemische Reaktion	H ₂ O-Aufnahme in den Kristallverband	H ₂ O - Aufnahme in den Kristallverband	chemische Reaktion	Konstitutionsänderung (Härtung durch H ₂ O-Abspaltung)	Abkühlung	Konstitutionsänderung (Härtung durch H ₂ O-Abspaltung)
3	Kittmechanismus:	Kleben	Kleben	Formschluß	Formschluß	Formschluß	Formschluß	Kleben	Formschluß	Kleben
4	Feste Bestandteile:	höhere Kohlenwasserstoffe	Traubenzucker + Kalkspat	5-6 Teile Bleiglätte	2 Tl. Alabastergips	5 Tl. Marmorzement (Gips m. Alaun, gebrannt)	10 Tl. MgO	Gips, eventuell andere Füllmittel	Marmorpulver	Kalkspat, Kaolin oder Schlemmkreide (2 Tl.)
5	Flüssige Bestandteile:	(flüssig durch Erhitzen)	(flüssig durch Erhitzen)	1 Tl. 85%iges chem. rein. Glycerin	1 Tl. H ₂ O (evtl. mit 2,5% Dextrin)	2-3 Tl. Aqua dest. (evtl. mit 2,5% Dextrin)	7 Tl. wässrige Lösung von MgCl ₂ (fert. Kittflüssigkeit handelsüblich)	Schellack, gelöst in Alkohol 1:1	Laccain (Novo-lacke) in Alkohol gelöst	Bakelitfirmis (Resole) (1 Tl.)
6	Anrührzeit:	(im Wasserbad erhitzen)	(im Paraffinbad heiß verühren)	2-5 min	5-15 min	5-15 min	5-10 min	(je nach Füllmittel)	(gut verühren)	(gut verühren)
7	Verarbeitungszeit:	solange heiß	solange heiß	8-10 min	15 min	15 min	30 min	unbegrenzt ¹	unbegrenzt ¹	unbegrenzt ¹
8	Arbeitstemperatur:	90° C	150° C	20° C	20° C	20-25° C	<25° C	20° C, dann langsame Steigerung auf 180° C	20° C, dann langsame Steigerung auf 70 bis 100° C	20° C, dann langsame Steigerung auf 110 bis 160° C
9	Erstarrungszeit:	je nach Werkstück	je nach Werkstück	5-8 min	20 min	20-25 min	12-16 h	12 min (bei 180° C)	unbötig	12 min (bei 160° C)
10	Ruhezeit in der Kittlehre:	bis zur Abkühlung auf 40° C	bis zum Erstarren	1 h	20 min	4 h	24 h	unbötig	unbötig	unbötig
11	Abbindezeit:	nicht vorhanden	nicht vorhanden	3 Tage	3 Tage	8-10 Tage	8-14 Tage ³	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden
12	Schutzanstrich:	unbötig	Öllack	Cohesant oder Öllack	Öllack	zweifach Öllack	zweifach Öllack (unbedingt notwendig)	unbötig	unbötig	unbötig
13	Aufbringen des Schutzanstrichs nach:	—	Abkühlung	1 h	2 Tagen	4 Tagen	8 Tagen	—	—	—
14	Verhalten des Kittes gegen Wasser ohne Schutzanstrich:	wasserfest	nicht wasserfest	treibt durch Wasseraufnahme des Glycerins ⁵	nimmt Wasser auf, treibt aber nicht	nimmt Wasser auf, treibt aber nicht	treibt stark durch Wasseraufnahme	nicht wasserbeständig	wasserfest	wasserfest
15	Temperaturbelastbarkeit bis:	45° C	75° C	55° C	60-70° C	60-70° C	80° C	100-150° C (?)	70-90° C	250° C (kurzzeitig bis 300° C)
16	Verhalten bei Überhitzung:	beginnt allmählich zu erweichen bei 50° C	erweicht	treibt etwas durch Wärmeausdehnung	schrumpft	schrumpft	schwindet stark bei 120° C	neutral	erweicht	neutral
17	Sockelung ist lösbar durch bzw. in:	Benzin, Benzol, Terpentintöl	Wasser (100° C)	20% ige Natronlauge	Zermürbung bei höheren Temperaturen	Sodalauge und anderen alkalischen Wässern	Sodalauge und anderen alkalischen Wässern	Sodalauge und anderen alkalischen Wässern	Erhitzung	Azeton (innerhalb 24 h nach Sockelung)
18	Hauptverwendungsgebiet:	Einzelanschlüsse, kleine Preßkappen	Experimentierrohre, wieder zu verwendende Sockel	Röntgenröhren ³	Kaltsockelung größerer, dünnwandiger Metallsockel ⁴	Kaltsockelung größerer, dünnwandiger Metallsockel ⁴	Kaltsockelung größerer, dünnwandiger Metallsockel ⁴	Glühlampen u. Radioröhren	Preßstoffsockel ⁵	Metallsockel für Glühlampen und Radioröhren
19	Aufbewahrung:	beliebig lange	beliebig lange	stets neu anrühren, Nachverdünnung unzulässig	stets neu anrühren, Nachverdünnung unzulässig	stets neu anrühren, Nachverdünnung unzulässig	stets neu anrühren, Nachverdünnung unzulässig	beliebig lange ¹	beliebig lange ¹	beliebig lange ¹
20	Bemerkungen:	Glas vor Sockelung auf 90° C erwärmen		giftig ⁶			greift die Haut an; oxidiert unverkalkelte oder unverzinkte Metallteile ⁶	nur noch selten benutzt	nicht härbar	über Zusatz von Malachitgrün zur Temperaturkontrolle vgl. S. 227

¹ Falls in gut verschlossenen Behältern aufbewahrt.
² Die Kittmasse darf wegen evtl. Beeinträchtigung ihrer Isolierfähigkeit bei Wasseraufnahme nicht mit mehreren Zuleitungen gemeinsam umschließen bzw. sich nicht zwischen den Zuleitungen befinden.
³ Zur Verkürzung der Abbindezeit ist 24 Stunden nach der Sockelung ein einträgliches Trocknen im Trockenraum (60° C) zulässig.
⁴ Der Kitt ist außerdem kohlenwasserstoffempfindlich (Stä g e r l.).
⁵ Der Kitt ist sehr spröde.
⁶ Reinigung der Kittflächen von Öl und Schmutz mittels Trichloräthylen notwendig.

Röhrensockelkitt [ESPE; KNOLL 1936, S.228-229].

Sicherheitsdatenblatt des verwendeten Komi-Metallfirnis, glänzend

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072
Druckdatum : 03.03.11

KOMBI-METALLFIRNIS FARBLOS
Überarbeitet am: 28.01.11

14624
Seite: 1/7

1. Bezeichnung des Stoffes/der Zubereitung und des Unternehmens

Angaben zum Produkt: KOMPI-METALLFIRNIS FARBLOS
GLÄNZEND

NM-000072

Empfohlener Verwendungszweck:

Angaben zum Hersteller/Lieferanten:

Hersteller/Lieferant : DR. A. Conrads Lacke GmbH & Co. KG
Strasse : Viehhofstr. 206
Nat.-Kenn./Plz/Ort : D-42117 Wuppertal
Telefon : 0202-24256-0
e-mail : info@conrads-lacke.de
Bürozeiten : Mo-Do 7.15 Uhr - 16.00 Uhr
Fr 7.15 Uhr - 13.00 Uhr

Auskunftgebender Bereich: Notruf: Mathias Conrads 0202-24256-18

2. Mögliche Gefahren

Bezeichnung der Gefahren: Xn Gesundheitsschädlich

Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt:

10 Entzündlich.
20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
38 Reizt die Haut.
41 Gefahr ernster Augenschäden.

3. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

Chemische Charakterisierung des Produkts:

Beschreibung: SPEZIALKOMBINATION AUF CELLULOSE-BASIS

Gefährliche Inhaltsstoffe:

EINECS-Nr. CAS-Nr.	Bezeichnung R-Sätze REACH Registrierungsnummer	Kennb.	Gehalt-%
215-535-7 1330-20-7	Xylo1, Isomerenmisch 10-20/21-38	Xn	20 < 25
202-849-4 100-41-4	Ethylbenzol 11-20	Xn,F	5 < 10
200-751-6 71-36-3	Butan-1-ol 10-22-37/38-41-67	Xn	12.5 < 20
203-539-1 107-98-2	1-Methoxy-2-propanol 10-67		1 < 3
204-658-1 123-86-4	n-Butylacetat 10-66-67		25 < 50
203-603-9 108-65-6	2-Methoxy-1-methylethylacetat 10	*	3 < 5

Zusätzliche Hinweise:

Klartexte der R-Sätze siehe unter Kapitel 16

* Stoff mit einem gemeinschaftlichen Grenzwert (EU) für die Exposition am Arbeitsplatz

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072
Druckdatum : 03.03.11

KOMBI-METALLFIRNIS FARBLÖS
Überarbeitet am: 28.01.11

14624
Seite: 2/7

4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

Allgemeine Hinweise:

Bei Auftreten von Symptomen oder in Zweifelsfällen ärztlichen Rat einholen.
Bei Bewußtlosigkeit nichts durch den Mund einflößen.

nach Einatmen:

Frischlufztzufuhr. Betroffenen in Ruhelage bringen und warm halten. Bei unregelmäßiger Atmung oder Atemstillstand künstliche Beatmung einleiten. Bei Bewußtlosigkeit in stabile Seitenlage bringen und ärztlichen Rat einholen.

nach Hautkontakt:

Beschmutzte und getränkte Kleidung sofort ausziehen. Benetzte Haut gründlich mit Wasser und Seife reinigen oder geeignetes Reinigungsmittel benutzen. Keine Lösemittel oder Verdünnungen verwenden!

nach Augenkontakt:

Kontaktlinsen entfernen, Augenlider geöffnet halten und mindestens 10 Minuten lang reichlich mit sauberem, fließendem Wasser spülen. Ärztlichen Rat einholen.

nach Verschlucken:

Bei Verschlucken sofort Arzt konsultieren! Betroffenen ruhig halten. Kein Erbrechen einleiten!

5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

Geeignete Löschmittel:

Schaum (alkoholbeständig), Kohlendioxid, Pulver, Sprühnebel (Wasser)

Aus Sicherheitsgründen ungeeignete Löschmittel:

Wasserstrahl

Besondere Gefährdungen durch den Stoff oder die Zubereitung selbst, seine Verbrennungsprodukte oder entstehende Gase:

Bei Brand entsteht dichter, schwarzer Rauch. Das Einatmen gefährlicher Zersetzungsprodukte kann ernste Gesundheitsschäden verursachen.

Besondere Schutzausrüstung bei der Brandbekämpfung:

Ggf. Atemschutzgerät erforderlich.

Zusätzliche Hinweise:

Geschlossene Behälter in der Nähe des Brandherdes mit Wasser kühlen.

Löschwasser nicht in die Kanalisation gelangen lassen.

6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen:

Von Zündquellen fernhalten und Raum gut lüften. Dämpfe nicht einatmen. Schutzvorschriften (siehe Kapitel 7 und 8) beachten.

Umweltschutzmaßnahmen:

Nicht in die Kanalisation gelangen lassen. Bei der Verschmutzung von Flüssen, Seen oder Abwasserleitungen entsprechend den örtlichen Gesetzen die jeweils zuständigen Behörden in Kenntnis setzen.

Verfahren zur Reinigung:

Ausgetretenes Material mit unbrennbarem Aufsaugmittel (z.B. Sand, Erde, Kieselgur, Vermiculite) eingrenzen und zur Entsorgung nach den örtlichen Bestimmungen in den dafür vorgesehenen Behältern sammeln (siehe Kapitel 13). Vorzugsweise mit Reinigungsmittel säubern, möglichst keine Lösemittel benutzen.

7. Handhabung und Lagerung

Handhabung

Hinweise zum sicheren Umgang:

Die Bildung entzündlicher und explosionsfähiger Lösemitteldämpfe in der Luft und ein Überschreiten der Luftgrenzwerte vermeiden. Das Material nur an Orten verwenden, bei denen offenes Licht, Feuer und andere Zündquellen ferngehalten werden. Das Material kann sich elektrostatisch aufladen:

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072
Druckdatum : 03.03.11

KOMBI-METALLFIRNIS FARBLÖS
Überarbeitet am: 28.01.11

14624

Seite: 3/7

Beim Umfüllen ausschließlich geerdete Rohrleitungen benutzen. Das Tragen antistatischer Kleidung incl. Schuhwerk wird empfohlen. Funkensicheres Werkzeug verwenden. Kontakt mit den Augen und der Haut vermeiden. Dämpfe, Spritznebel und Schleifstäube nicht einatmen. Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen. Persönliche Schutzausrüstung siehe unter Kapitel 8. Gesetzliche Schutz- und Sicherheitsvorschriften befolgen.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz:

Lösemitteldämpfe sind schwerer als Luft und breiten sich über dem Boden aus. Dämpfe bilden zusammen mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch.

Lagerung

Anforderungen an Lagerräume und Behälter:

Sofern das Produkt nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV: leichtentzündlich oder entzündlich) bzw. nach der ehemaligen VbF klassifiziert ist (siehe Kapitel 15), müssen elektrische Einrichtungen den Vorschriften der DIN VDE 0165 entsprechen. Böden müssen den "Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" (BGR 132) entsprechen. Behälter dicht geschlossen halten. Behälter nicht mit Druck leeren, kein Druckbehälter! Rauchen verboten. Unbefugten Personen ist der Zutritt untersagt. Geöffnete Behälter sorgfältig verschließen und aufrecht lagern, um jegliches Auslaufen zu verhindern.

Zusammenlagerungshinweise:

Von stark sauren und alkalischen Materialien sowie Oxydationsmitteln fernhalten.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen:

Stets in Behältern aufbewahren, die dem Originalgebinde entsprechen. Hinweise auf dem Etikett beachten. Lagerung zwischen 15 und 25 °C an einem trockenen und gut gelüfteten Ort. Vor Hitze und direkter Sonneneinstrahlung schützen. Von Zündquellen fernhalten.

8. **Begrenzung und Überwachung der Exposition/persönliche Schutzausrüstung**

Zusätzliche Hinweise zur Gestaltung technischer Anlagen:

Für gute Lüftung sorgen. Dies kann durch lokale oder Raumabsaugung erreicht werden. Falls dies nicht ausreicht, um die Aerosol- und Lösemitteldampf-Konzentration unter den Luftgrenzwerten zu halten, muß ein zugelassenes Atemschutzgerät getragen werden.

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten:

EINECS-Nr.	Bezeichnung	Art	Wert	Einh.
215-535-7	Xylol, Isomerengemisch	AGW	100	ppm
202-849-4	Ethylbenzol	AGW	100	ppm
200-751-6	Butan-1-ol	AGW	100	ppm
203-539-1	1-Methoxy-2-propanol	AGW	100	ppm
204-658-1	n-Butylacetat	MAK	100	ppm
203-603-9	2-Methoxy-1-methylethylacetat	AGW	50	ppm

Zusätzliche Hinweise:

Die angegebenen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) sind der bei der Erstellung gültigen TRGS 900 entnommen. Die übrigen Angaben (MAK) wurden durch die TRGS 900 vom Januar 2006 aufgehoben mit dem Ziel der Überarbeitung. (Die aufgehobenen Luftgrenzwerte werden aber zur Information weiterhin mit angegeben.)

Persönliche Schutzausrüstung

Atemschutz:

BG-Regel 190 "Benutzung von Atemschutzgeräten" beachten. Liegt die Lösemittelkonzentration über den Luftgrenzwerten, so muß ein für diesen Zweck zugelassenes Atemschutzgerät getragen werden. Ein Verzeichnis zertifizierter Atemschutzgeräte existiert als BGI 693 beim Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaft.

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072 KOMBI-METALLFIRNIS FARBLÖS 14624
Druckdatum : 03.03.11 Überarbeitet am: 28.01.11 Seite: 4/7

Bei Handanstrich Gasfilter A2 (braun), beim Spritzverfahren Kombifilter A2P2 (braun-weiß) tragen.

Handschutz:

BG-Regel 195 "Einsatz von Schutzhandschuhen" beachten. Geeignet ist ein nach EN 374 geprüfter Chemikalienschutzhandschuh. Für den Kurzzeitkontakt (z.B. Spritzschutz) mit den im Produkt enthaltenen Inhaltsstoffen wird ein Handschuh aus LLDPE mit mindestens 0,4 mm Materialstärke.

Durchdringungszeit > 480 min empfohlen.

Bei massiver Benetzung mit Lösemitteln sollten Schutzhandschuhe umgehend gewechselt werden.

Der Schutzhandschuh sollte in jedem Fall auf seine arbeitsplatzspezifische Eignung (z.B. mechanische Beständigkeit, Produktverträglichkeit) geprüft werden. Anweisungen und Informationen des Handschuhherstellers zur Anwendung, Lagerung, Pflege und zum Austausch der Handschuhe befolgen. Die Schutzhandschuhe sollten bei Beschädigung oder ersten Abnutzungerscheinungen sofort ersetzt werden.

Arbeitsvorgänge so gestalten, daß nicht dauernd Handschuhe getragen werden müssen. Hautflächen, die mit dem Produkt in Kontakt kommen können, sollten mit Schutzcremes versehen werden.

Augenschutz:

BG-Regel 192 "Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz" beachten.

Zum Schutz gegen Lösemittelspritzer Schutzbrille tragen.

Körperschutz:

Tragen antistatischer Kleidung aus Naturfaser oder hitzebeständiger Synthetikfaser.

Schutz- und Hygienemaßnahmen:

Nach Kontakt Hautflächen gründlich mit Wasser und Seife reinigen oder geeignetes Reinigungsmittel benutzen. Keine organischen Lösemittel verwenden.

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

Erscheinungsbild

Form : flüssig

Farbe : siehe Handelsname

Geruch: arttypisch

Sicherheitsrelevante Angaben:

	Wert	Einheit	Methode
Flammpunkt:	> 23	°C	
Zündtemperatur:	272	°C	
Untere Ex-Grenze:	1.5	Vol. %	
Obere Ex-Grenze:	11.0	Vol. %	
Dampfdruck: bei 20 °C	7.86	mbar	
Dichte: bei 20 °C	0.90	g/cm³	
Wasserlöslichkeit:	UNLÖSLICH		
Viskosität: bei 20 °C	50 s 4 mm		DIN 53211
Lösemitteltrennprüfung:	< 3	%	nach ADR/RID
Lösemittelgehalt:	79	%	

10. Stabilität und Reaktivität

Zu vermeidende Bedingungen:

Bei Anwendung der empfohlenen Vorschriften zur Lagerung und Handhabung stabil (siehe Kapitel 7).

Zu vermeidende Stoffe:

Von stark sauren und alkalischen Materialien sowie Oxydationsmitteln fernhalten, um exotherme Reaktionen zu vermeiden.

Gefährliche Zersetzungsprodukte:

Bei hohen Temperaturen können gefährliche Zersetzungsprodukte wie z.B. Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Rauch, Stickoxide entstehen.

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072
Druckdatum : 03.03.11

KOMBI-METALLFIRNIS FARBLOS
Überarbeitet am: 28.01.11

14624
Seite: 5/7

11. Toxikologische Angaben

Erfahrungen aus der Praxis

Sonstige Beobachtungen:

Das Einatmen von Lösemittelanteilen oberhalb des Luftgrenzwertes kann zu Gesundheitsschäden führen, wie z.B. Reizung der Schleimhäute und Atmungsorgane, Schädigung von Leber, Nieren und des zentralen Nervensystems. Anzeichen dafür sind: Kopfschmerzen, Schwindel, Müdigkeit, Muskelschwäche, Benommenheit und in schweren Fällen Bewußtlosigkeit. Lösemittel können durch Hautresorption einige der vorgenannten Effekte verursachen. Längerer oder wiederholter Kontakt mit dem Produkt führt zum Entfetten der Haut und kann nichtallergische Kontakthautschäden (Kontaktdermatitis) und/oder Schadstoffresorption verursachen. Lösemittelspritzer können Reizungen und reversible Schäden am Auge verursachen.

Zusammenfassende Bewertung der CMR-Eigenschaften:

EINECS-Nr. Bezeichnung
 Einstufung
 REACH Registrierungsnummer

Die Inhaltsstoffe dieser Zubereitung erfüllen nicht die Kriterien für die CMR Kategorien 1 oder 2.

Allgemeine Bemerkungen

Das Produkt ist nicht als solches geprüft. Die Zubereitung ist nach der konventionellen Methode (Berechnungsverfahren der EU-Richtlinie 1999/45/EG) und entsprechend den toxikologischen Gefahren eingestuft (Einzelheiten s. Kapitel 3 und 15).

12. Umweltspezifische Angaben

Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.

Ergebnis der Ermittlung der PBT-Eigenschaften:

EINECS-Nr. Bezeichnung
 Einstufung
 REACH Registrierungsnummer

Die Inhaltsstoffe in dieser Zubereitung erfüllen nicht die Kriterien für eine Einstufung als PBT oder vPvB.

Die Zubereitung wurde anhand der konventionellen Methode der Zubereitungsrichtlinie (1999/45/EG) bewertet und nicht als umweltgefährlich eingestuft.

13. Hinweise zur Entsorgung

Produkt

Empfehlung:

Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.

Europäisches Abfallverzeichnis:

080111 Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten

Ungereinigte Verpackungen

Empfehlung:

Leere Behälter sind der Schrottverwertung bzw. Rekonditionierung zuzuführen. Nicht ordnungsgemäß entleerte Gebinde sind Sonderabfall.

14. Angaben zum Transport

Der Transport hat nur in Übereinstimmung mit ADR für Straße, RID für Eisenbahn, IMDG für See und ICAO/IATA für Luft zu erfolgen.

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072 KOMBI-METALLFIRNIS FARBLÖS
Druckdatum : 03.03.11 Überarbeitet am: 28.01.11

14624
Seite: 6/7

Straßen-/Schienenverkehr

ADR/RID Klasse: 3
Gefahrzettel: 3
UN-Nummer: 1263
Gefahrnummer: 30
Bezeichnung des Gutes: FARBE
Verpackungsgruppe: III
Tunnelbeschränkungscode: D/E

Seeverkehr

IMDG-Klasse: 3
Gefahrzettel: 3
EmS: F-E, S-E
UN-Nummer: 1263
Richtiger techn. Name: PAINT
Verpackungsgruppe: III
Marine pollutant: n.a.

Luftverkehr

ICAO/IATA-Klasse: 3
Gefahrzettel: 3
UN-Nummer: 1263
Richtiger techn. Name: Paint
Verpackungsgruppe: III

15. Angaben zu Rechtsvorschriften

Stoffsicherheitsbeurteilung:

EINECS-Nr. Bezeichnung
REACH Registrierungsnummer

Stoffsicherheitsbeurteilungen für Stoffe in dieser Zubereitung wurden nicht durchgeführt.

Kennzeichnung gemäß EU-Richtlinie 1999/45/EG

Kennbuchstabe und Gefahrenbezeichnung des Produktes:
Xn Gesundheitsschädlich

enthält

Xylol, Isomergemisch

R-Sätze:

10 Entzündlich.
20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
38 Reizt die Haut.
41 Gefahr ernster Augenschäden.

S-Sätze:

26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.
36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
38 Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen.
51 Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden.
23 Dampf nicht einatmen.

Besondere Kennzeichnung bestimmter Zubereitungen:

n.a.

Angaben zur VOC-Richtlinie:

VOC(g/l) DIN ISO 11890: 752.453
VOC(g/l) ASTM D-3960-1: 752.453

Sicherheitsdatenblatt gemäß Anhang II der EU-Verordnung 1907/2006

Produktname: NM-000072
Druckdatum : 03.03.11

KOMBI-METALLFIRNIS FARBLÖS
Überarbeitet am: 28.01.11

14624
Seite: 7/7

Nationale Vorschriften

Hinweise zur Beschäftigungsbeschränkung:

Mutterschutz- und Jugendarbeitsschutzgesetz sind zu beachten.

StörfallV:

Wassergefährdungsklasse : 2

(Mischungsregel gem. Anhang 4 der VwVwS)

Klassifizierung nach ehemaliger VbF : A II

Klassifizierung nach Betriebssicherheitsverordnung: Entzündlich.

Angaben gemäß TA Luft '86 in Zusammenhang mit der 31.BImSchV:

Klasse I: 0 % II: 30 % III: 49 %

TA-Luft (2002) Kapitel 5.2.5 Organische Stoffe

Insgesamt dürfen folgende Werte im Abgas

Massenstrom : 0,50 kg/h

oder

Massenkonzentration : 50 mg/m³

nicht überschritten werden.

Sonstige Vorschriften, Beschränkungen und Verbotsvorschriften:

- BGR 190 "Benutzung von Atemschutzgeräten"
- BGR 192 "Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz"
- BGR 195 "Einsatz von Schutzhandschuhen"

16. Sonstige Angaben

R-Sätze mit jeweiliger/n Kennziffer/n aus Kapitel 3:

- | | |
|-------|--|
| 10 | Entzündlich. |
| 20/21 | Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut. |
| 38 | Reizt die Haut. |
| 11 | Leichtentzündlich. |
| 20 | Gesundheitsschädlich beim Einatmen. |
| 22 | Gesundheitsschädlich beim Verschlucken. |
| 37/38 | Reizt die Atmungsorgane und die Haut. |
| 41 | Gefahr ernster Augenschäden. |
| 67 | Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. |
| 66 | Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen. |

Weitere Informationen

Die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt entsprechen unserem gegenwärtigen Wissensstand und genügen der nationalen sowie der EU-Gesetzgebung. Das Produkt darf ohne schriftliche Genehmigung keinem anderen, als dem in Kapitel 1 genannten Verwendungszweck zugeführt werden.

Der Verwender ist für die Einhaltung aller notwendigen gesetzlichen Bestimmungen verantwortlich. Die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt beschreiben die Sicherheitsanforderungen unseres Produktes und stellen keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar.

Die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt sind erforderlich nach § 6 der Gefahrstoffverordnung in Verbindung mit der Verordnung 1907/2006 (EG).

Verwendete Materialien

Regalrez 1126	Kremer Pigmente, Aichstetten
Paraloid B72	Kremer Pigmente, Aichstetten
Medium für Konsolidierung	Lascaux (Kremer Pigmente, Aichstetten)
Klucel E	Kremer Pigmente, Aichstetten
Kombi-Metallfirnis farblos, glänzend	Conrads® Lacke, Wuppertal
Hausenblase	Kremer Pigmente, Aichstetten
Archäocoll 2000N	Kremer Pigmente, Aichstetten
Hohlglaskügelchen, Scotchlite K1	Kremer Pigmente, Aichstetten
Gebleichtes Bienenwachs	Kremer Pigmente, Aichstetten
Perglanz Colibri Pigmente	Kremer Pigmente, Aichstetten
Metalle f. Oddytest	Rudolph Flume Technik GmbH