

Vom Stromversorger zum Industriedenkmal

Erhalt eines Deutz-Dieselmotors in einem Museum in Äthiopien

Bachelor - Arbeit

mit umfangreichem Bildmaterial im Anhang ab S. 80

B15 / MMTK / 779

Vorgelegt dem Fachbereich 5, Gestaltung
Studiengang Konservierung und Restaurierung / Grabungstechnik
Der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Von: Ronny Jaßmann
Berlin, 21.12. 2015

1. Gutachter/in:
Prof. Ruth Keller, M.A.

2. Gutachter/in:
Dipl.-Rest. MA Dietmar Linke

Jaßmann, Ronny:

Vom Stromerzeuger zum Industriedenkmal - Erhalt eines Deutz-Dieselmotors in einem Museum in Äthiopien

Bachelorarbeit: 21.12. 2015, Betreuer: Prof. Ruth Keller, Dipl.-Rest. MA Dietmar Linke.

Zusammenfassung

Um Strom für die Beleuchtung der Kleinstadt Wukro im Norden Äthiopiens zu erzeugen, haben sich die Bürger der Stadt in einem Selbsthilfeprojekt 1981 eine dieselbetriebene Generatorenanlage angeschafft, die nach nur 10 Jahren Betriebszeit durch einen Brand zerstört wurde. Im Zuge dieser Bachelorarbeit wurde der kleinere der beiden Dieselmotoren in einer zehnwöchigen Kampagne restauriert und konserviert. Ziel war es, die in diesem relativ kurzen Zeitraum durchführbaren Restaurierungsmaßnahmen zu realisieren. Somit konnte die einstige Funktion erfahrbar, die Zeitschichten des Objekts ablesbar und ein ästhetischer Eindruck hergestellt werden. Darüber hinaus wurde durch konservatorische Maßnahmen der Substanzerhalt gesichert.

Schlagworte: Generator, Dieselmotor, Deutz, Reinigung, Ergänzung, Plexiglas®, Festigung, Konservierung

Summary

In order to produce electricity for the lighting of Wukro, a town in northern Ethiopia, the citizens purchased a diesel-powered generator plant in 1981 as a self-help project. As part of this bachelor thesis the smaller of the two diesel generators has been restored and preserved in a ten-week campaign. The aim was to implement the feasibility of restoration measures in this relatively short period. Accordingly the former function has been experienced as well as the reading of the objects time layers. An aesthetic impression could also be achieved. Furthermore the substance preservation has been saved through conservation steps.

Keywords: generator, diesel engine, Deutz, cleaning, supplements, Plexiglas®, mounting, conservation

Danksagung

Für die Betreuung meiner Arbeit möchte ich mich bei Prof. Ruth Keller und Herrn Dipl. Rest. Dietmar MA Linke bedanken.

Bei der Gesellschaft zur Förderung von Museen in Äthiopien e.V. bedanke ich mich für die Möglichkeit, dieses spannende Projekt durchzuführen.

Den Mitarbeitern der tigrinischen Tourismusbehörde und des Wukro Museum danke ich für die Hilfe bei der Lösung von Problemen während der Durchführung des Projekts und für die Einblicke in die tigrinische Kultur.

Dem Laboringenieur des Studiengangs Industrial Design, Gerald Hanke, danke ich für die Unterstützung bei der Herstellung einer Plexiglas® Ergänzung.

Bei Laura Klein vom Studiengang Kommunikationsdesign und meinen Kommilitoninnen Tine Lippert, Lucy Schmidt und Bele Jenke bedanke ich mich für die tatkräftige Unterstützung bei der praktischen Arbeit vor Ort.

Prof. Katrin Hinz vom Studiengang Kommunikationsdesign danke ich für die organisatorische Unterstützung.

Nadja Krautschick und Sophie Schellbach möchte ich ganz herzlich für das Gegenlesen der Texte, die vielen kritischen Fragen, die konstruktiven Anregungen und vor allem für den seelischen Beistand danken.

1	Einleitung	8
1.1	Museum Wukro.....	9
1.2	Stromversorgung in Wukro	10
1.3	Geschichte des Deutz Dieselgenerators	11
2	Beschreibung und Zustandserfassung	13
2.1	Datenblatt	13
2.2	Formalästhetische Beschreibung	14
2.3	Beschreibung von Bauteile und Funktion	16
2.3.1	Motor.....	16
2.3.2	Generator.....	19
2.3.3	Funktion im Kontext der Gesamtanlage.....	21
2.4	Zustandsbeschreibung	22
2.4.1	Tank.....	22
2.4.2	Generator.....	23
2.4.3	Motor.....	25
3	Untersuchungen	29
3.1	Lackuntersuchungen	29
3.2	Leiterplattenfragment	30
3.3	Klimaerfassung	31
4	Historischer Kontext.....	33
4.1	Geschichte der Deutz AG.....	33
5	Konzept der Erhaltung	39
6	Planung der Maßnahmen.....	41
6.1	Demontage.....	41
6.2	Reinigung.....	41
6.3	Konservierung.....	42
6.4	Elastomere	43
6.5	Festigung des Leiterplattenfragments.....	44
6.6	Ergänzungen	46

6.6.1	Generatorsteuerung.....	47
6.6.2	Zylinderkopfhaube.....	48
6.6.3	Weitere Ergänzungen.....	48
7	Durchführung der Maßnahmen.....	49
7.1	Demontage.....	49
7.2	Reinigung.....	50
7.2.1	Tank innen.....	50
7.3	Konservierung.....	51
7.4	Elastomere.....	52
7.5	Ergänzungen.....	53
7.5.1	Generatorsteuerung.....	53
7.5.2	Zylinderkopphaube.....	55
7.5.3	Weitere Ergänzungen.....	56
7.5.4	Kabelisolierungen.....	57
8	Schlussbetrachtung/Ausblick.....	58
9	Verzeichnisse.....	59
10	Anhang.....	69

1 Einleitung

Thema dieser Arbeit ist der Erhalt eines Dieselgenerators als Industriedenkmal im musealen Kontext eines neuerrichteten Museums in Nordäthiopien. Das Museum umfasst, nebst einer für die Region bedeutenden archäologischen Ausstellung, ein Anfang der 1980er Jahre errichtetes Gebäude, in dem eine Generatoranlage untergebracht ist.

Die Generatorenhalle dient im musealen Kontext als Denkmal und als technisches Bildungszentrum, das Geschichte und Funktion der Motoren und Generatoren erfahrbar machen und die Erzeugung elektrischen Stroms veranschaulicht wird. Vor allem während der Regenzeit gehören wegen der ständigen Stromausfälle Notstromaggregate in der Region zu den alltäglichen Erfahrungen. Die im Museum erworbenen technischen Kompetenzen können also mit in den Alltag überführt werden. Ein Museum als technisches Denkmal und Bildungsträger ist für Äthiopien einmalig. Es wäre wünschenswert, dass dieses Konzept als Vorbild für weitere Projekte auf dem afrikanischen Kontinent dienen könnte.

Bei der Durchführung des Projekts stellten die lokalen Gegebenheiten eine besondere Herausforderung dar. Trotz des wirtschaftlichen Aufschwungs, welcher Äthiopien in den vergangenen zehn Jahren bewegte, zählt das Land nach wie vor zu den ärmsten der Welt. Die schlechte Verfügbarkeit von Werkzeugen und Materialien forderte eine besonders intensive Planungsphase.

In den ersten Kapiteln dieser Arbeit werden die Entstehung des Museums beschrieben und die Historie der Generatorenanlage dargelegt, soweit sie recherchiert werden konnte. Dem folgt eine Beschreibung des Objektes und seiner Funktion so wie die Erfassung des Erhaltungszustands. Zur eindeutigen Lokalisierung der Objektteile am Standort wird die Angabe der Himmelsrichtungen in die Beschreibungen mit einbezogen. Zusätzlich zu den fotografischen Abbildungen erleichtert das Verständnis der Objektbeschreibung. In Gesamtaufnahmen wurde der Hintergrund verblasst. So wirkt er nicht störend und der Kontext der Anlage bleibt erfassbar.

Ein Überblick der Geschichte der Deutz AG gibt Aufschluss über die Entwicklung der Verbrennungsmotoren. Die Zusammenhänge zwischen kulturhistorischem Kontext, der technikgeschichtlichen Einordnung des Objekts und dem Museumskonzept bilden die Grundlage für das Konzept zum Erhalt des Objektes. Eine weitere Basis dafür stellen Erkenntnisse aus naturwissenschaftlichen Untersuchungen und Recherchen zu den Materialien dar. Abschließend werden die aus dem Erhaltungskonzept abgeleiteten und durchgeführten restauratorischen und konservatorischen Maßnahmen dargelegt und begründet, bevor im letzten Kapitel mit einer Schlussbetrachtung die Arbeit abschließt.

1.1 Museum Wukro

Während einer Notgrabung in Wukro, einer Kleinstadt in der nordäthiopischen Provinz Tigräi, kamen 2007 bedeutende archäologische Funde zu Tage, die völlig neue Erkenntnisse der wenig erforschten äthio-Sabäischen Kultur (1. Jtsd. v. Chr.) zum Vorschein brachten. Daraufhin wurden zwischen 2008 und 2012 in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Archäologischen Institut (DAI), fünf weitere Grabungskampagnen durchgeführt. Die Notwendigkeit, die damit zahlreichen Funde sicher unterzubringen und der Wunsch, diese der Öffentlichkeit zu präsentieren, führten zu einer Initiative: Die Gesellschaft zur Förderung von Museen in Äthiopien e.V. (GFMÄ) wurde 2009 gegründet und konnte durch Gespräche mit der Tourismusbehörde der Region Tigray (CTA) und der Stadtverwaltung ein Grundstück für einen Museumsneubau im Osten Wukros finden. Darauf waren zwei Dieselgeneratoren in einem Anfang der 80er Jahre errichteten Gebäude untergebracht. Sie hatten die Stadt mit Elektrizität versorgt, bis die Anlage, die durch ein Selbsthilfeprojekt der Bevölkerung finanziert worden war, Anfang der neunziger Jahre im Bürgerkrieg zum Teil zerstört worden war.¹

Wegen der großen symbolischen Bedeutung für die Gemeinde Wukro, sind das renovierte Generatorenhaus und die konservierten Maschinen als Industriedenkmal erhalten und in das Museum integriert worden. Die drei zusätzlich neu errichteten Gebäude nehmen die archäologische Ausstellung, ein Depot und Büroräume der tigrinischen Tourismusbehörde auf. Das Museum leistet einen wichtigen Beitrag zur regionalen Entwicklung.² Neben Arbeitsplätzen bietet es die Möglichkeit, in Kooperation mit der Universität Mekelle Museumsfachkräfte auszubilden.



Abb. 1: Wukro Museum: Generatorenhaus (G), Ausstellung (A), Depot (D) und Büros (B)

¹ Museumskonzept GFMÄ.

² Ebenda.

Seit 2011 wurden in mehreren Kampagnen die archäologischen Funde und der Hauptgenerator (Abb. 2, hinten, Abb. 9) restauriert. Im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit wurde von August bis September 2015 der kleinere der beiden Generatoren, der sogenannte Hilfsgenerator (Abb. 2 - 4 und Abb. 9, Abb. 40), restauriert. Bei der feierlichen Eröffnung am 19.10.2015 wurde das Museum stellvertretend für die Bevölkerung der tigrinischen Tourismusbehörde übergeben.

1.2 Stromversorgung in Wukro

Die folgenden Informationen stammen aus einer Reihe von Interviews des tigrinischen Historikers Belay Desalegn mit Zeitzeugen der Geschichte der Generatorenanlage. Aus der unveröffentlichten Studie *"The Role of the Generator for the Modernization of Wuqero"* wurden vom Autor dieser Arbeit folgende Inhalte sinngemäß aus dem Englischen übersetzt. Die englische Version befindet sich im Anhang.

Der erste Generator, den die Stadt Wukro hatte, war in Privatbesitz. Seine Leistung war zu gering, um die ganze Stadt mit Strom zu versorgen. 1965 wurde ein zweiter, etwas größerer Generator in Betrieb genommen. Zehn Jahre lang versorgte er einen Teil der Bevölkerung mit Strom. Pro Glühbirne musste man 1,50 ETB (Äthiopische Birr) bezahlen.³

Die Bevölkerung hatte inzwischen die Vorzüge elektrischen Lichts erkannt. So kam die Idee auf, einen leistungsfähigeren Generator zu kaufen. 1977 bildete sich ein Komitee um die finanziellen Mittel zu organisieren und ein weiteres für die Konstruktion eines Gebäudes. In den Jahren 1977-1981 konnten 400 000 ETB gesammelt und ein Grundstück für das Generatorengebäude gefunden werden.

Die Komitees gaben der EELPA (Ethiopian Electric Light Power Authority) die Verantwortung, den Generator aus Japan zu kaufen und ihn nach Wukro zu transportieren. Der Generator wurde für 300 000 ETB gekauft, nachdem die Bevölkerung durch Exporte ausländische Währung (\$) erhalten hatte. Insgesamt beliefen sich die Kosten auf 900 000 ETB, inklusive Transport und Löhne für die Arbeiter.⁴

Ein Äthiopischer Birr (ETB) hatte 1981 einen Wert von etwa 0,94 Deutsche Mark (DM).⁵ Das Pro – Kopf - Einkommen lag bei etwa 330 DM im Jahr.⁶ Das Beschaffen der

³ Der Zeitraum der Zahlung wird nicht benannt.

⁴ Desalegn 2014.

⁵ <http://fxtop.com/de/historische-wechselkurse.php>, Stand 03.12.2015, 13:46 Uhr.

⁶ <http://de.tradingeconomics.com/ethiopia/gdp-per-capital>, Stand 03.12. 2015, 14:23 Uhr.

Gelder dürfte also große Anstrengungen bereitet haben und ist als enorme Leistung beim Streben nach Unabhängigkeit und Fortschritt zu werten.

1981 erreichte der Generator Wukro. Die örtlichen Techniker erhielten lediglich eine mündliche Anleitung für seine Bedienung. Die damals 23 000 - 24 000 Menschen zählende Bevölkerung Wukros konnte nun komplett mit elektrischem Licht versorgt werden. Ein zusätzlicher Spendenmarathon wurde organisiert, um Kraftstoff kaufen zu können. Für 3 ETB pro Glühbirne konnte man elektrisches Licht kaufen, der Generator lief bis Mitternacht, außer an Feiertagen, an denen er die ganze Nacht lief.⁷

Heute wird Wukro mit Elektrizität aus dem Wasserkraftwerk Tekeze versorgt. Die erneuerbaren Energien sind in Äthiopien auf dem Vormarsch und bieten dem einst armen Agrarland eine stabile Zukunftsperspektive.

Das Auswärtige Amt der BRD merkt zum Thema an: „Äthiopien exportiert seit Juni 2011 Strom nach Dschibuti und seit 2012 in den Sudan. Im Januar 2014 wurde ein Übereinkommen für Stromlieferungen nach Jemen abgeschlossen. Äthiopien plant weiterhin, schon in Kürze durch die Inbetriebnahme von weiteren Wasserkraftwerken zum wichtigsten Stromexporteur in der Region aufzusteigen.“⁸

1.3 Geschichte des Deutz Dieselgenerators

Während sich auf dem Generator kein Anhaltspunkt zu dessen Hersteller finden lässt, identifiziert das Typenschild auf dem Motor die Klöckner-Humboldt-Deutz AG als Hersteller, welche seit 1997 nur noch Deutz AG heißt. Die Kontaktaufnahme mit der Firma Deutz ergab ein paar wesentliche Informationen. Demnach wurde der Motor am 01.04. 1979 fertiggestellt und anschließend ohne Generator ausgeliefert. Zudem konnte die Information erhalten werden, dass Empfänger die Firma IBH Nordstedt mit Sitz in der Nähe von Hamburg gewesen war.

Die Firma IBH vertreibt Dieselmotoren der Deutz-AG und offeriert Serviceleistungen für diese. Weiterhin bietet IBH Stromgeneratoren des italienischen Herstellers Mecc Alte an. Auf der Website heißt es: „Die Stromgeneratoren von MECC ALTE kommen in vielen Bereichen zur Anwendung, wie z.B. auf Schiffen, im Industriebereich, Militär, Krankenhäuser, Flugzeugen, Schienenfahrzeuge und Landwirtschaft. Wegen ihrer Zuverlässigkeit werden die verschiedenen Generatoren von MECC ALTE auch gerne für Notstromanlagen verwendet. [...] Ein sehr beliebtes Produkt aus dem Hause MECC ALTE sind die Drehstrom-Synchron-Generatoren. In diesem Bereich ist das

⁷ Desalgn 2014.

⁸ http://www.auswaertigesamt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Aethiopien/Wirtschaft_node.html, Stand 03.12. 2015, 18:44 Uhr.

Unternehmen weltweit führend. Diese Stromgeneratoren gibt es in verschiedenen Ausführungen, damit sie einen sehr großen Einsatzbereich abdecken können.“⁹ Somit liegt die Vermutung nahe, dass es sich bei dem Hersteller des Generators um die italienische Firma Mecc Alte handelt. Ob Motor, Generator und Tank bei IBH in Norderstedt zusammengesetzt, oder erst vor Ort in Wukro montiert worden waren, kann nicht nachvollzogen werden. Aufgrund der Größe und des Gewichts ist die Montage vor Ort wahrscheinlich.

Genauso wenig lässt sich der Zeitraum der Inbetriebnahme exakt bestimmen. Die Funktion im Gefüge der Gesamtanlage lässt jedoch vermuten, dass der Deutz Generator zusammen mit dem Hauptgenerator im Jahr 1981 in Dienst gestellt worden war. (siehe Kapitel 2.3.3)

Nach nur zehn Jahren Betriebszeit wurden Teile der Anlage am Ende des Bürgerkrieges im Jahr 1991 durch ein Feuer zerstört. Der Brandanschlag auf die Stromversorgung Wukros wurde von der damaligen Rebellenarmee verübt. Die Maschinen blieben weitestgehend erhalten, jedoch sind große Teile der Kabel und Steuerelemente den Flammen zum Opfer gefallen.

Eine Nutzung des Gebäudes in den letzten 20 Jahren ist nicht bekannt. Jedoch wurden vermutlich einige Teile der Generatoranlage einer anderen Nutzung zugeführt als der ursprünglich vorgesehenen. Von beiden Luftfiltergehäusen fehlen die topfartigen Abdeckkappen. Es ist möglich, dass diese Teile demontiert und als Gefäße umgenutzt wurden. Zum Beispiel konnte ein Keramikisolator der Anlage bei einer Familie in der näheren Umgebung des Museums lokalisiert werden. Dort findet er bis heute als Weihrauchbrenner Verwendung. Er erfüllt seinen neuen Zweck sowohl praktisch als auch ästhetisch ausgezeichnet.

Mit der Eröffnung des Wukro Museum sind die Maschinen der Öffentlichkeit zugänglich. Als Industriedenkmal dienen sie jedoch nicht mehr zur Produktion elektrischer Energie, sondern als sozialhistorisches Denkmal und im museumspädagogischen Kontext als Lehrobjekte zur Veranschaulichung der einstigen Funktion.

⁹ <http://www.ibh-power.com/mecc-alte-generatoren/>, Stand 05.12. 2015, 13:24 Uhr.

2 Beschreibung und Zustandserfassung

2.1 Daten

Objekt	Dieseldgenerator
HTW Nummer	15062
Standort	Wuqro Museum, Tigrai, Nordäthiopien
Motor	Klößner-Humboldt-Deutz AG, F8L413, Luftgekühlter V8 mit Direkteinspritzung
Eigentümer	Wuqro Museum
Materialien	div. Metalle, Polymere
Baujahr	1979
Maße über alles LxBxH	Ca. 3m x 1,10m 2m
Gewicht	757 Kg
Motornummer	6088192
Leistung	125 PS/ 92 kW
Hubraum	11310cm ³
Schmierung	Druckumlaufschmierung
Generator	Keine belegten Daten vorliegend

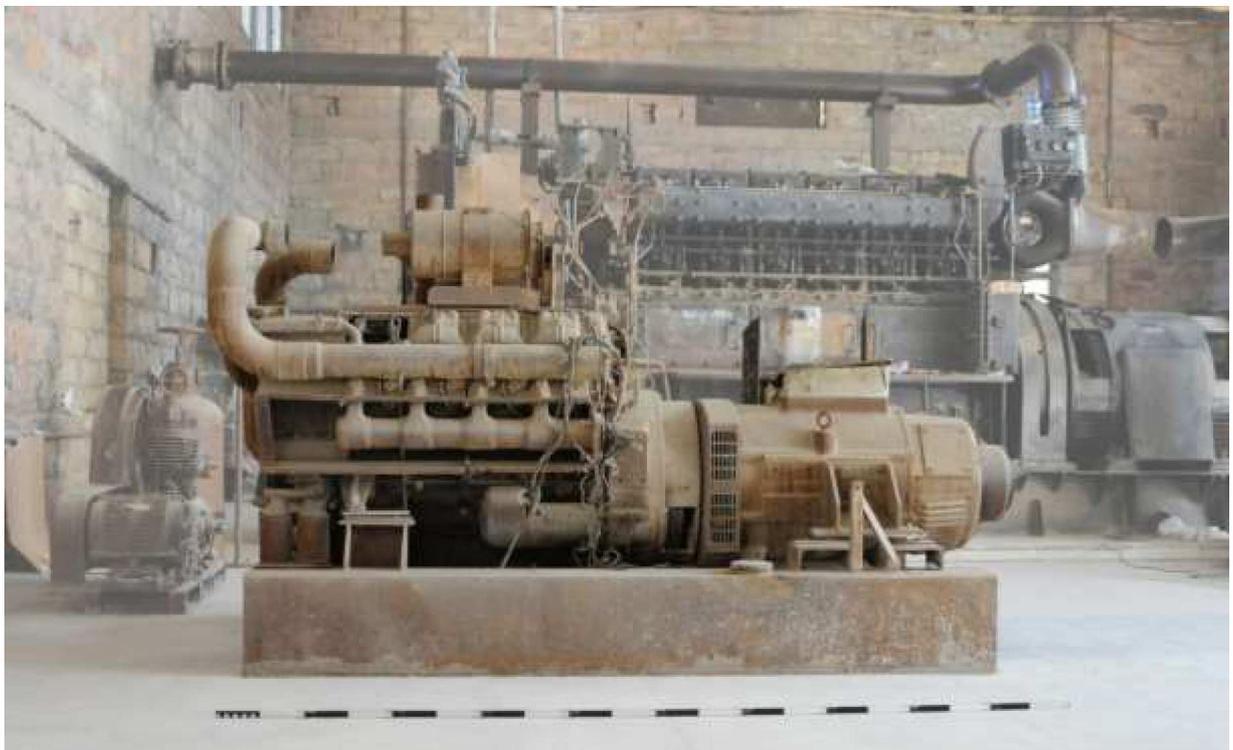


Abb. 2: Dieseldgenerator, Nordseite, Vorzustand, die Abgasrohre sind demontiert; Hauptgenerator blass im Hintergrund

2.2 Formalästhetische Beschreibung

Das Objekt lässt sich grundsätzlich in die drei Segmente Tank, Motor und Generator unterteilen. Die Basis bildet der Tank, welcher aus Kastenprofilen mit einer Querschnittsfläche von 20 cm x 30 cm gefertigt ist. In der Draufsicht, die durch Motor und Generator verdeckt ist, sind die Kastenprofile wie eine Leiter mit drei Stufen angeordnet. Dabei liegen die Querprofile, die die Stufen bilden, sie sind also um 90° gegenüber den Längsprofilen verdreht. In der Ansicht auf die Nord- und die Südseite erscheint der Tank als schmaler liegender Quader von ca. 2 m x 30 cm x 20 cm. Damit macht er nur ein Sechstel der Gesamthöhe des Objektes aus. Die Oberfläche ist eben und die oberen Längskanten der Profile sind gerundet. Aus dem südlichen Tankprofil ragen am westlichen Ende zwei Winkeleisen bis zu einer Höhe von 90 cm heraus.



Abb. 3: Dieselgenerator, Westseite, Vorzustand

Östlich über dem Tank ist der Motor und westlich der Generator angebracht. Der Generator scheint leicht über dem Tank zu schweben. Er hat eine zylindrische Form von ca. 90 cm Länge. Der Durchmesser beträgt zwischen 20 cm und 40 cm. Er verjüngt sich von der Schnittstelle zwischen Motor und Generator nach Westen hin in zwei Stufen. Auf den Längsseiten befindet sich an beiden Enden des Generators je ein Lüftungsgitter. Das östliche, längliche Lüftungsgitter gewährt einen Einblick und das

westliche, fast quadratische scheint durch schräggestellte Horizontallamellen geschlossen. Fast mittig ist auf beiden Längsseiten im oberen Drittel eine Öse mit einem ungefähren Durchmesser von 8 cm angebracht. Den höchsten Punkt des Generators, 90 cm über dem Bodenniveau, bildet ein Quader mit einer Grundfläche von 40 cm x 30 cm, der um 20 cm zentral aus der Oberseite herausragt.

Der Motor ragt anders als der Generator mit der Ölwanne, die seinen tiefsten Punkt bildet, zwischen die Längsträger des Tanks und schließt im Osten bündig mit diesen ab. Von der Ölwanne bis zur Motorabdeckung, also von unten nach oben, erweitert sich der Querschnitt des Motors von ca. 30 cm auf 70 cm. Während auf der Nordseite in der unteren Hälfte der Anlasser und der Doppelölfilter den Blick auf Ölwanne und Kurbelgehäuse zum Teil verwehren, ist der Blick auf diese in der Südansicht frei. Die beiden tonnenartigen Luftfilter bilden den oberen Abschluss des Motors.

In der Mitte ragen auf beiden Längsseiten die Abgaskrümmter seitlich etwas heraus. Die daran anschließenden etwa Armdicken Abgasrohre verlaufen senkrecht nach oben und knicken bei etwa zwei Metern Höhe um 90° Richtung Wand ab. Ungefähr einen Meter vor der Wand erweitert sich der Durchmesser auf 20 Zentimeter und verjüngt sich kurz vor der Wand wieder auf das ursprüngliche Maß. Unter der Abgasanlage ist ein Gestell aus Winkeleisen an der Wand befestigt auf dem die Schalldämpfer aufliegen.



Abb. 4: Dieselgenerator, Südseite, Nachzustand

2.3 Beschreibung der Bauteile und der Funktion

2.3.1 Motor

Der Klöckner-Humboldt-Deutz F8L413 ist ein luftgekühlter OHV Viertaktdieselmotor mit acht Zylindern in V Anordnung und Kraftstoffdirekteinspritzung. Ein OHV Motor ist ein „Oben gesteuerter Motor, bei dem die Nockenwelle unten im Kurbelgehäuse liegt und die Ventile über Stößel, Stößelstangen und Kipphebel betätigt werden (overhead valve = Über-Kopf-Ventil); bei deutschen Herstellern üblich.“¹⁰ Die Kopfsteuerung und die Zylinderanordnung geben dem Motor ein für diese Bauart typisches Erscheinungsbild. In der Typenbezeichnung steht das „F“ für die Bauart – „Motor mittlerer Größe“, die „8“ für die „Anzahl der Zylinder“ und „L“ für luftgekühlt. Im zweiten Abschnitt der Bezeichnung findet sich die Zahl 4 als Bezeichnung der Baureihe und 13 als Näherungswert für den Hub. Der F8L413 wurde seit ca. 1970 vorwiegend in Lastkraftwagen der Firma Klöckner-Humboldt-Deutz verbaut.

Der Dieselmotor erzeugt als Wärmekraftmaschine mechanische Energie durch die Verbrennung von Kraftstoff. Im ersten Takt, dem Ansaugtakt, strömt durch die bei der Abwärtsbewegung des Kolbens entstehende Sogwirkung Luft durch das geöffnete Einlassventil in den Brennraum. Die Luft wird vorab durch den Luftfilter gereinigt. Erreicht der Kolben den unteren Totpunkt, wird das Einlassventil geschlossen. „Als Totpunkt bezeichnet man den Umkehrpunkt des Kolbens nach oben (oberer Totpunkt - OT) oder nach unten (unterer Totpunkt - UT).“¹¹ Der zweite Takt wird Verdichtungstakt genannt. Die Luft wird im Zylinderraum durch Aufwärtsbewegung des Kolbens komprimiert und erhitzt sich dabei auf ca. 900°C. Der Dieselmotorkraftstoff wird kurz vor dem oberen Totpunkt von der Einspritzpumpe über die Einspritzdüsen in den Brennraum eingespritzt, vermischt sich mit der komprimierten heißen Luft und entzündet sich von selbst. Hier spricht man von Selbstzündung und innerer Gemischbildung, die es nur bei Dieselmotoren gibt.

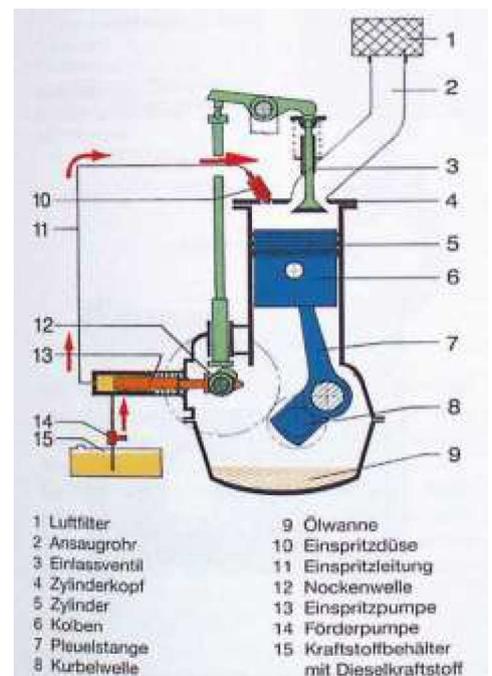


Abb. 5: schematischer Aufbau eines Dieselmotors

¹⁰ BRAUN; KOLB 2008, 242.

¹¹ BRAUN; KOLB 2008, 238.

Bei Ottomotoren mit Benzinbetrieb wird das Gemisch außerhalb des Brennraumes im Vergaser gebildet und durch eine Zündkerze fremdgezündet. Im dritten Takt, dem Arbeitstakt, wird der Kolben durch den Druck des explodierenden Kraftstoff-Luft-Gemisches nach unten bewegt und erzeugt so mechanische Energie. Diese wird über die Pleuelstange an die Kurbelwelle weitergegeben. Im vierten Takt, auch Auspufftakt genannt, bewegt sich der Kolben wieder nach oben und drückt die Abgase durch das geöffnete Auslassventil aus dem Brennraum. Der Weg, den der Kolben vom unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt zurücklegt, wird als Hub bezeichnet.

Abbildung 6, auf der folgenden Seite, zeigt einen F8L413 Motor in Schnittzeichnung. Der Motor des Diesel-Generators im Museum hat eine fast doppelt so lange Ölwanne. Dies weist darauf hin, dass er speziell für den stationären Betrieb vorgesehen wurde. Kürzere Ölwannen ermöglichen größere Motorschräglagen und finden im mobilen Bereich Anwendung.¹²

¹² Bedienungsanleitung Deutz F8L413, 6.

Motorbeschreibung

Description of Engine

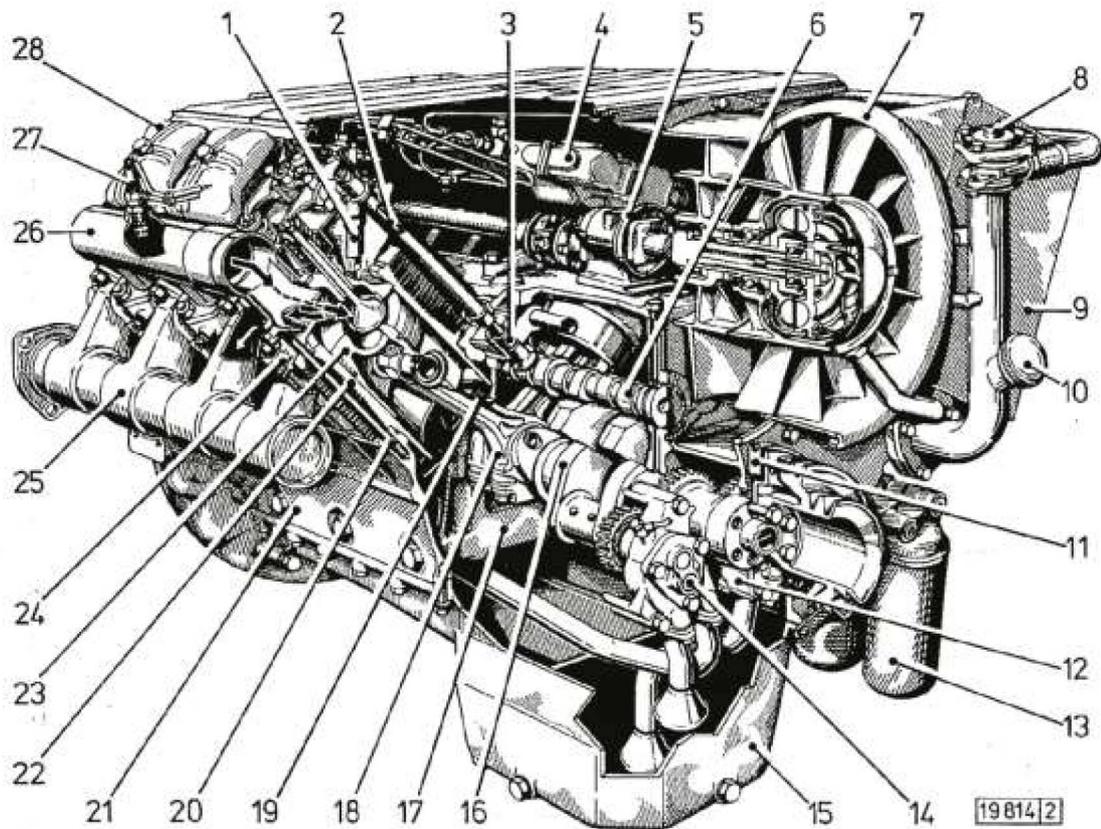


Abb. 6: Teilschnittzeichnung, Deutz F8L413

Position	Bezeichnung	Position	Bezeichnung
1	Einspritzventil	16	Kurbelwelle
2	Stoßstange	17	Lagerdeckel
3	Stößel	18	Pleuelstange
4	Reiheneinspritzpumpe	19	Spritzdüse für Kolbenkühlung
5	Zweiradgetriebe	20	Zylinderkopf-Dehnschraube
6	Nockenwelle	21	Kurbelgehäuse (Gusseisen)
7	Kühlgebläse	22	Rippenzylinder
8	Entlüftungsventil	23	Leichtmetallkolben
9	Ölkühler	24	Leichtmetallzylinderkopf
10	Öleinfüllung	25	Auspuffsammelrohr
11	Drehschwingungsdämpfer	26	Luftansaugrohr
12	Schmierölpumpe	27	Flammglühkerze
13	Ölwechselfilter	28	Zylinderkopfhaube
14	Absaugpumpe	29	Anlasser (ohne Abbildung)
15	Ölwanne	30	Lichtmaschine (ohne Abbildung)

Tabelle 1: Bezeichnung der Bauteile des Deutz F8L413

2.3.2 Generator

Ein Generator ist eine rotierende elektrische Maschine, die mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt. Generatoren können aber auch in der anderen Energieflussrichtung als Elektromotoren arbeiten.¹³ Die Kenntnisse über den vermutlichen Hersteller und die sichtbaren Bauteile des Generators lassen darauf schließen, dass es sich bei der Maschine im Museum um einen Drehstrom Synchrongenerator handelt. Bestärkt wird diese Vermutung durch HOSEMANN und BOECK. Demnach werden zur Erzeugung elektrischer Energie fast ausschließlich Drehstrom-Synchrongeneratoren verwendet.¹⁴ „Synchronmaschinen sind Drehfeldmaschinen. Sie sind durch das mit gleicher Drehzahl (synchron=zeitlich übereinstimmend) umlaufende Ständer und Läuferfeld gekennzeichnet und können als Generator und als Motor eingesetzt werden.“¹⁵

Die Hauptelemente des Generators sind der Stator und der Rotor. Der Rotor besitzt entweder einen Dauermagneten oder es wird ein Magnetfeld erregt. Der Stator besteht aus Blechpaketen, die den magnetisch aktiven Teil bilden. In diese sind isolierte Leiter eingelegt, die zur Drehstromwicklung zusammenschaltet werden.¹⁶ Durch die Kräfte in den Magnetfeldern liegt ein Drehmoment an. Der Rotor ist über eine Welle mit dem Motor verbunden. Wird der Rotor im Stator gedreht, so wird unter Nutzung elektromagnetischer Wechselwirkungen in den Induktionsspulen des Stator eine Spannung induziert. Diese wird über Klemmen in das Stromnetz eingespeist.¹⁷ Abbildung 7 zeigt schematisch eine vierpolige Schenkelpolmaschine. Der Generator im Museum ist vermutlich gleicher Bauart. Schenkelpolgeneratoren arbeiten im Regelfall mit einer Drehzahl von 1500 U/min.¹⁸ Der Deutz Dieselmotor arbeitet ebenfalls mit dieser Drehzahl.

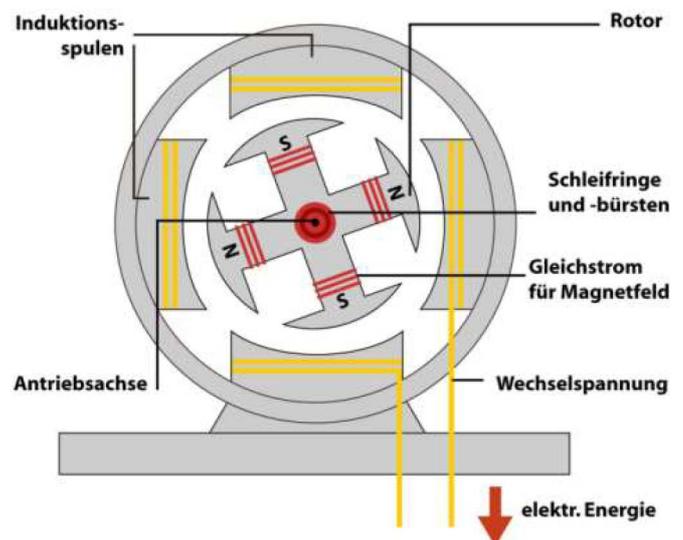


Abb. 7: Schematischer Aufbau einer vierpoligen Schenkelpolmaschine

¹³ MÜLLER 1985, 178.

¹⁴ HOSEMANN; BOECK 1991, 125.

¹⁵ GIERSCH et al. 2003, 322.

¹⁶ NOAK 2003, 196ff.

¹⁷ MÜLLER 1985, 179.

¹⁸ HOSEMANN; BOECK 1991 133.

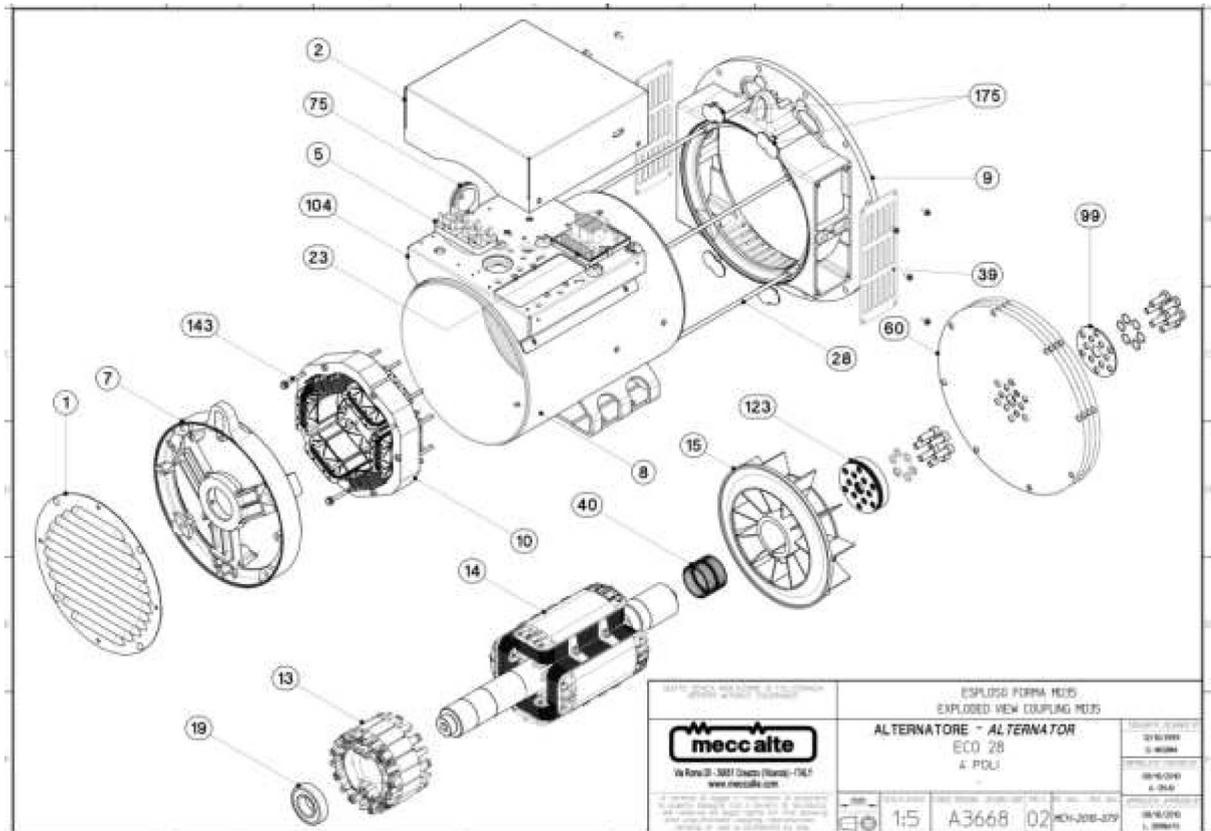


Abb. 8: Explosionszeichnung eines bauartähnlichen Schenkelpolgenerators der Firma Mecc Alte

Position	Bezeichnung	Position	Bezeichnung
1	Deckel	23	Elektronischer Regler
2	Klemmkastendeckel	28	Stehbolzen
5	Klemmenbrett	39	Schutzgitter
7	Hinteres Gehäuse	40	Kompensatorring
8	Gehäuse mit Stator	60	Scheibenkupplung
9	Vorderes Gehäuse	75	Gummauge
10	Erregerstator	99	Spannringdistanzscheiben
13	Erregeranker	104	Komponentenblechtafel
14	Rotor	123	Abstandring
15	Lüfterrad	143	Stehbolzen Erreger
17	Vorderes Lager	175	Stöpsel für Gehäuse
19	Hinteres Lager		

Tabelle 2: Teilebezeichnung Schenkelpolgenerator

2.3.3 Funktion im Kontext der Gesamtanlage

Abbildung 9 zeigt die Generatorenanlage nach der Restaurierung. Links im Bild befindet sich der Deutz-Dieselmotor (1), rechts dahinter, etwas verdeckt ein Kompressor (2). Daneben befindet sich ein Lufttank (3) und rechts im Bild ist der Hauptgenerator (4).

Der Deutz-Generator wurde mittels Batterie und Anlasser gestartet und mit dem erzeugten Strom der Kompressor betrieben. Dieser hat den Lufttank befüllt. Mit der Druckluft wurde schließlich der Hauptgenerator angelassen. Der erzeugte Strom beider Generatoren wurde über Transformatoren und Schaltschränke in das Netz eingespeist. Der Streifen mit dunklen Fußbodenplatten markiert den Kabelgraben, der Generatoren und Schaltschränke einst verbunden hatte.

Da zur Zeit der Nutzung vermutlich kein weiteres Kraftwerk Energie an das Stromnetz lieferte, kann man von einer Energieversorgungsanlage im Inselbetrieb sprechen. „Um den Verbrauchern im Inselbetrieb des Generators eine konstante Spannung zur Verfügung zu stellen, muss die Erregung bei Wirkbelastung geringfügig, bei induktiver Belastung wesentlich verstärkt und bei kapazitiver Belastung verringert werden.“¹⁹ Dies stellt einen hohen Regelbedarf dar, der vermutlich von der Generatorsteuerung geleistet wurde.

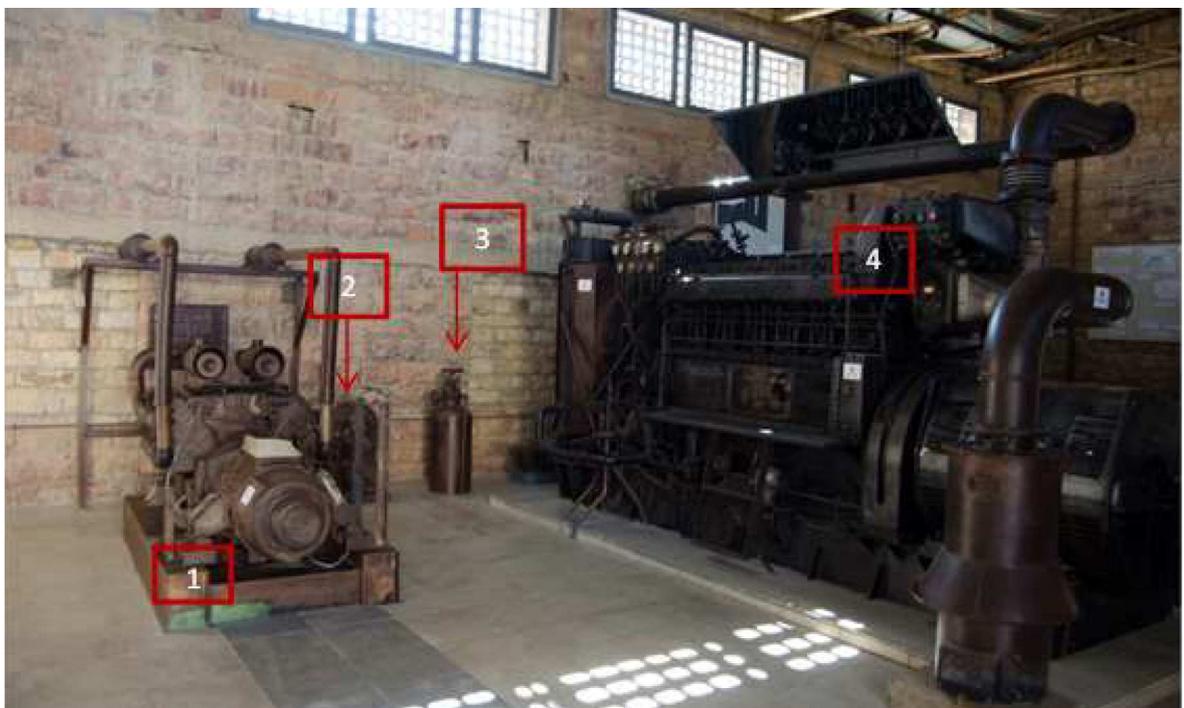


Abb. 9: Gesamtanlage im Generatorenhaus nach der Restaurierung und Konservierung

¹⁹ GIERSCH et al. 2003, 333.

2.4 Zustandsbeschreibung

2.4.1 Tank

Auf allen Flächen liegen gelblich - sandfarbene Stäube auf, die in einigen Bereichen zu einer fest haftenden Schmutzschicht verdichtet sind. Die Schichtdicke ist auf den horizontalen Flächen deutlich größer als auf den Vertikalflächen. Die Oberfläche weist dünne, graue Schichten von fest anhaftendem Zementmörtel auf. Dieser befindet sich umlaufend im unteren Bereich in einer Höhe von 1 bis 8 cm und stammt eindeutig von den Fußbodenverlegearbeiten im Museum. Des weiteren befinden sich vor allem im Nordwesten zahlreiche weiße Spritzer, die zum Teil von dem grauen Zementmörtel überlagert sind. Diese Spritzer sind auch schon auf den ersten Fotos von 2011 zu erkennen.

Im Bereich der nördlichen Kraftstoffeinfüllöffnung ist in einem Durchmesser von ca. 30 cm ölgebundener Schmutz zu erkennen. Das östliche und das mittlere Querprofil des Tanks sind stark verölt. In das Öl sind Schmutz und einige Vogelfedern eingebunden.

Der Tankdeckel auf der Südseite und die Füllstandanzeige sind nicht mehr vorhanden, wobei letztere vermutlich nur aus einem einfachen Glasröhrchen bestand. Der Bereich um die fehlende Füllstandanzeige ist ölig und stark verschmutzt. Die Oberfläche weist fast vollständig ebene Korrosionserscheinungen auf.

Die Beschichtung ist nur noch fragmentarisch erhalten. Größere zusammenhängende Beschichtungsflächen befinden sich lediglich an den Stirnseiten der Längsprofile, an der Westseite des Tanks sowie im Tankinneren. Soweit dies ersichtlich ist, scheint hier die schwarze Beschichtung größtenteils erhalten zu sein.



Abb. 10: fehlende Füllstandanzeige, Westseite



Abb. 11: Tank, innen, Nordseite

Es kann nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, ob die Beschichtung ursprünglich schwarz war oder ob die Schwarzfärbung Resultat des Brandes ist. Lediglich an der Oberseite der Tankinnenwandung sind vereinzelt Korrosionserscheinungen sichtbar. Der Boden ist mit einer schmierigen Substanz, die vermutlich aus Kraftstoffresten und Ablagerungen besteht, bedeckt. Auf dem nördlichen Tank sind im Bereich des Generators zwei ca. 30 cm lange Winkeleisen angeschweißt. Möglicherweise war hier eine Batteriehalterung angebracht. Einer der Winkel ist abgeknickt und verdreht.

2.4.2 Generator

Das gusseiserne Statorgehäuse hat eine für das Material typische strukturierte Oberfläche. Vor allem auf der Oberseite sind vollflächig Auflagerungen zu erkennen. Auf dem Gehäuse ist so gut wie keine Beschichtung erhalten. Lediglich auf den Lüftungsgittern, der Generatorhalterung, die am Tank befestigt ist, und dem hinteren Gehäuse, an der Westseite befinden sich einige Lackreste. Auf der Oberfläche des Generators finden sich ebenfalls viele weiße Spritzer. Diese sind fest mit der Oberfläche verbunden.



Abb. 12: weiße Spritzer auf dem Statorgehäuse



Das kleine Gehäuse am Westende, in dem der Rotor gelagert ist, wurde in einer vorhergehenden Kampagne bereits bearbeitet. Es wurde mechanisch gereinigt und zu Testzwecken mit gebrauchtem Motoröl konserviert. (Abb.13)

Die beiden Leichtmetallkästen der Generatorsteuerung sind beim Brand partiell geschmolzen und nur noch fragmentarisch erhalten. Ein Teil des abgeschmolzenen Materials wurde unter der Maschine gefunden. Im unteren Steuerungskasten ist ein Fragment der Leiterplatte erhalten, die ursprünglich aus einem Harz-Glasfaser-Laminat bestand. Alle organischen Bestandteile sind verbrannt. Erhalten sind ein Teil des Gewebes, das aus mehreren übereinanderliegenden Schichten besteht sowie einige Kondensatoren und Widerstände. (Abb.14)



Abb. 13: westlicher Teil des Generators mit kleinem Gehäuse und geschmolzenem Kasten der Generatorsteuerung



Abb. 14: Leiterplattenfragment, Vorzustand

Die Generatorhalterungen waren durch die zwischen zwei Stahlplatten gelagerten Gummipuffer gegen Vibrationen vom Tank isoliert. Das Gummi ist fast vollständig verbrannt. Die Stahlplatten sind zum Teil aus der ursprünglichen Position gedreht. Unter der nördlichen Generatorhalterung wurden ein verzinkter Blechstreifen, der nicht zum Objekt gehört, und ein Leichtmetallklumpen gefunden. Das Leichtmetall stammt vermutlich von dem oberen Generatorsteuerungskasten.



Abb. 15: nördliche Generatorhalterung

Nach der Demontage der Lüftungsgitter ist zum Teil ein Blick in das Innenleben möglich. Die Isolierung der Kabel im Inneren ist stellenweise völlig verbrannt, an einigen Stellen verkohlt, aber in großen Bereichen, vor allem an den Spulen noch erhalten. Das hinter den vertikalen Lüftungsgittern im Bereich der Schnittstelle zwischen Motor und Generator befindliche Lüfterrad besteht aus einer Leichtmetalllegierung. Es ist mit einer dicken Staubschicht bedeckt. Die äußeren Enden sind beim Brand geschmolzen. Das abgetropfte Material befindet sich im Statorgehäuse direkt unter dem Rad.

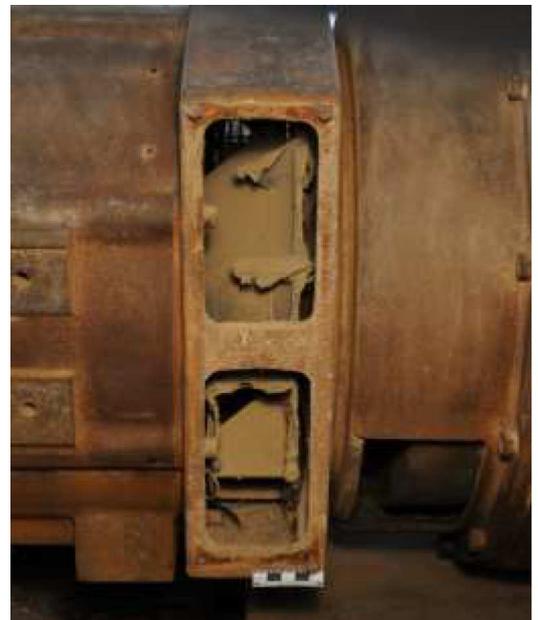


Abb.16: geschmolzenes Lüfterrad im Generator

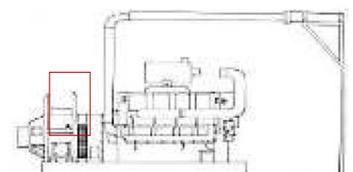


Abbildung 17 zeigt die Südseite im Vorzustand. Die „H“ förmige Winkelkonstruktion auf dem Tank ist vermutlich die Halterung eines Schaltkastens. Dieser fehlt komplett.



Abb. 17: Gesamtansicht Südseite, Vorzustand

2.4.3 Motor

Die aus Leichtmetall bestehende Ölwanne bildet den tiefsten Punkt des Motors. Sie ist umlaufend mit einer öligen Schicht bedeckt, in die Schmutz und einige Vogelfedern eingebunden sind. Der ölige Film zieht sich auch etwa 10 Zentimeter hoch um den gusseisernen Motorblock, der oberhalb der Ölwanne anschließt. Der mittlere Teil des Motorblocks weist gleichmäßige Korrosionserscheinungen auf, während im oberen Bereich schwarzer Lack fragmentarisch erhalten ist. An einigen Stellen besitzt der Lack Risse und es stehen einige Lackschollen ab.

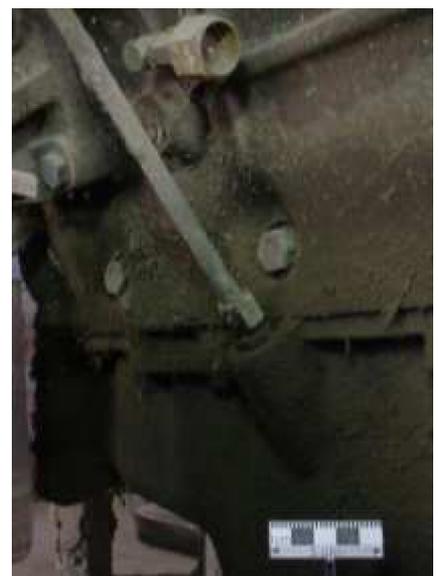


Abb. 18: ölige Auflagerungen auf Motorblock und Ölwanne

Wie auf dem Tank und dem Generator liegt eine ockerfarbene Staubschicht auf dem Motor. Vor allem auf den horizontalen Flächen ist diese stark verdichtet und innig mit dem Objekt verbunden. Die Ansaugsammelrohre bestehen aus zwei Teilen, die mit Gummischläuchen verbunden waren. Der Gummi ist fast vollständig verbrannt, nur unter den Befestigungsschellen sind verkohlte Reste vorhanden.

Die Verbindungen zwischen Ansaugsammelrohren und Luftfiltergehäusen bestanden vermutlich auch aus Gummischläuchen, welche nicht mehr vorhanden sind. Weiterhin fehlen die seitlichen Verschlusskappen der Luftfiltergehäuse und die in der Regel pilzkopfartig ausgeführten oberen Kappen, durch die die Luft angesaugt wird.

Ein Ventildeckel auf der Nordseite fehlt und die Kipphebelmechanik liegt frei. Sie ist verschmutzt und ölig. Nach der Demontage der Ventildeckel zeigte sich, dass Korrosionserscheinungen an den nördlichen Kipphebeln durch aufliegendes Öl nur geringfügig auftreten. Die Kipphebel auf der Südseite dagegen sind deutlich stärker korrodiert. Hier befand sich kein Öl mehr, da es vermutlich verbrannt ist.



Abb.19: Nordseite, oberer Teil des Motors, Vorzustand

Nach der Demontage der Luftfiltergehäuse und der Motorabdeckung ist der Motorraum zugänglich. Der gesamte Bereich ist gleichmäßig mit Auflagerungen bedeckt. Die Kraftstoffpumpe weist östlich einen etwa 10 Zentimeter messenden öligen Fleck auf. Dieser setzt sich auf dem gesamten Motorblock unter der Pumpe fort. Auch auf den Stoßstangen sind die unteren 10 Zentimeter mit öligen Auflagerungen bedeckt. Die oberen Dichtungen der Stoßstangen bestehen aus einem schwarzen Gummi. Dieser ist versprödet und weist diverse Brüche und Risse auf. Etwa 50% der Dichtungen sind nicht mehr vorhanden. Die unteren Dichtungen der Stoßstangen, zum Motorblock hin, bestehen aus einem weißen Gummi. Sie sind alle erhalten und in gutem Zustand. In den unteren Kühlrippen der Zylinder und auf dem gesamten Motorblock befindet sich Kot eines Nagetiers, der Größe nach zu urteilen wahrscheinlich einer Maus.



Abb. 20: Zylinder und Stoßstangen, Vorzustand

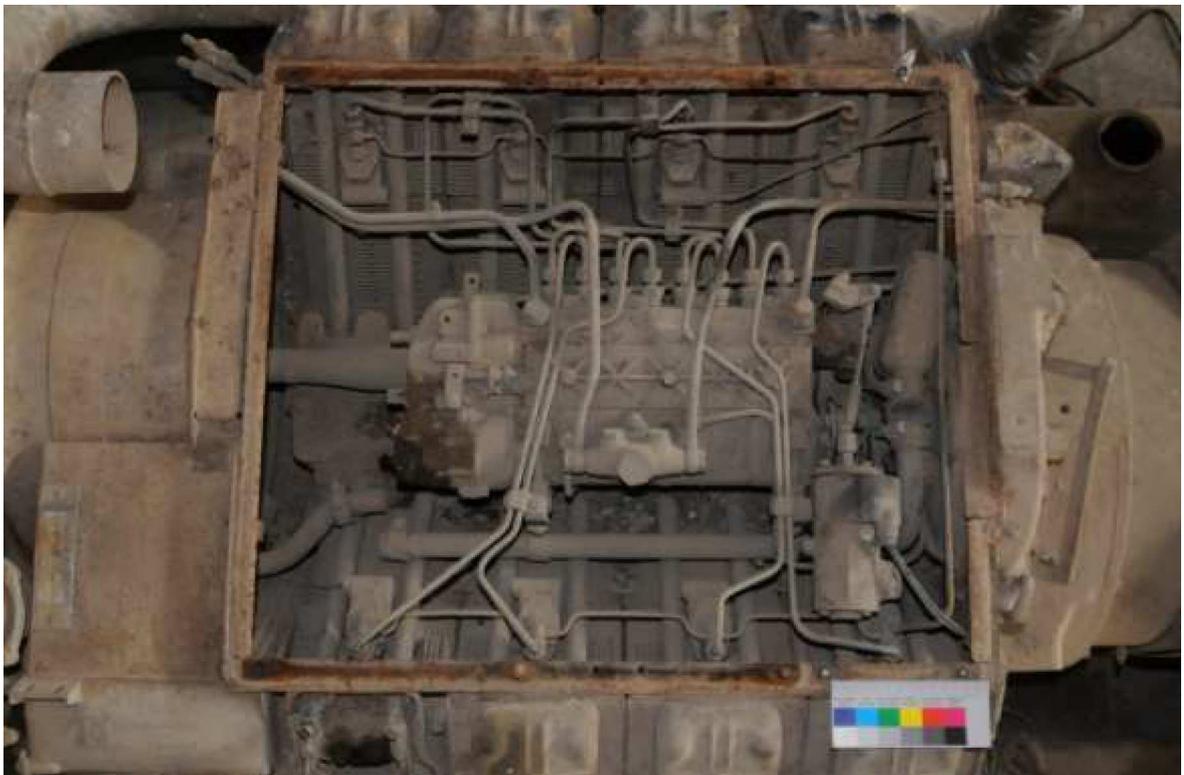


Abb. 21: Blick in den Motorraum auf Zylinder und Kraftstoffpumpe

Auf der Ostseite befinden sich der Doppelölfilter, darüber der Öleinfüllstutzen und daneben die Riemenscheibe und das Kühlgebläse. Die Oberflächen sind gleichmäßig korrodiert. Sie weisen an einigen Stellen schwarze Lackreste auf. Die Halterungen des Motors waren ebenso wie die des Generators mit Gummipuffern vibrationsgedämpft. Auch hier ist der Gummi verbrannt und die Stahlplatten sind verdreht.

Auf der Riemenscheibe befinden sich Reste eines Keilriemens. Diese sind verkohlt und brüchig. Der Riemen hat vermutlich eine Lichtmaschine betrieben, die während des Betriebs die Batterie aufgeladen hat. Die Lichtmaschine fehlt, stattdessen befinden sich an der dafür vorgesehenen Halterung zwei Schrauben und Reste geschmolzenen Leichtmetalls. Die Lichtmaschine wurde vermutlich beim Brand zerstört.

Der Leichtmetalldeckel des Kühlgebläses ist durch Wärmeeinwirkung leicht verformt. Die Schaufeln weisen keine Verformungen auf. Auf ihnen ist fragmentarisch ein schwarzer Lack erhalten. Nach der Demontage des Kühlgebläses zeigten sich weiße, festsitzende Korrosionsprodukte auf dem sich darunter befindenden Leichtmetallaufleger. Dabei handelt es sich vermutlich um das Ergebnis einer Kontaktkorrosion, die durch die Berührung der beiden unterschiedlichen Metalle ausgelöst wurde.²⁰ Hinter dem Kühlgebläse ist der Lack im Vergleich zu den anderen Flächen relativ gut erhalten.



Abb. 22: Motor, Ostseite, Vorzustand



Abb. 23: Riemenscheibe mit Resten des verbrannten Keilriemens

²⁰ KOESLING 1999, 132.

3 Untersuchungen

3.1 Lackuntersuchungen

Um den Beschichtungsaufbau zu dokumentieren, wurden exemplarisch einige Lackproben entnommen und untersucht. Die Proben wurden von der Westseite des Tanks, der Ostseite des Motorblocks und vom Ölkühler entnommen. Die wenigen Lackreste auf dem Tank sind zum größten Teil grün. In einigen Bereichen scheint die grüne von einer schwarzen Farbe überdeckt zu sein. Vereinzelt sind gelblich/weiße Beschichtungsreste auszumachen. Die Abbildungen 24 und 25 zeigen Querschliffe von Lackschollen, die am Westende des Tanks entnommen wurden. Mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) wurden in beiden Proben die Elemente Calcium, Titan, Zink, Blei, Kupfer, Chrom, Eisen und Schwefel nachgewiesen.²¹ Durch mikrochemische Analysen zu Pigmenten nach SCHRAMM/HERING²² konnte Kreide als Bestandteil aller Proben nachgewiesen werden.

Bestimmungsversuche von Litophone, ZnS, um den mittels RFA nachgewiesenen Schwefel zu erklären, blieben ohne Ergebnis. Auch das Grünpigment der vermutlichen Deckbeschichtung auf dem Tank konnte nicht zweifelsfrei identifiziert werden. Untersuchungen auf das basische Kupfercarbonat Malachit verliefen negativ. Malachit ist gegen Sulfide nicht beständig und verfärbt sich schwarz.²³

Es bestand die Vermutung, dass sich die grüne Beschichtung unter Einfluss von Schwefelverbindungen verfärbt hat. Der Schwefel könnte bei dem Brand der Kabel in der Generatorenhalle frei gesetzt worden sein. Es liegt die Vermutung nahe, dass es sich bei der grünen Beschichtung um einen Lack mit Chromoxidgrün Pigment handelt. Das Bindemittel konnte mikrochemisch nicht bestimmt werden.

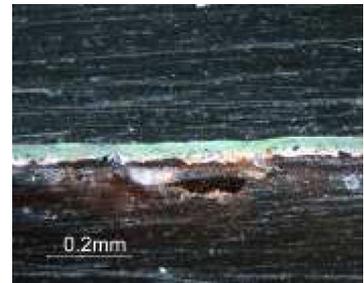


Abb.24: Probe 1; Tank West, unten links

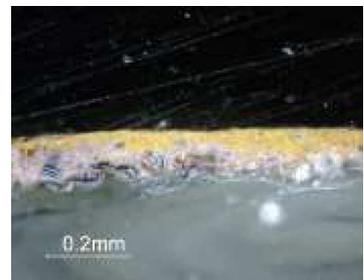


Abb.25: Probe 2; Tank West, oben links

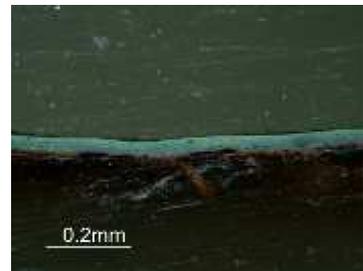


Abb.26: Probe 3, Motor Ost



Abb.27: Probe 4, Ölkühler

²¹ Die entsprechenden Spectren befinden sich im Anhang.

²² SCHRAMM; HERING 2000.

²³ SCHRAMM; HERING 2000, 61.

Die Pigmentzusammensetzung der weißen Grundierung konnte nicht zweifelsfrei ermittelt werden. Ein Bindemittelnachweis auf Cellulosenitrat verlief positiv.

Der Schichtaufbau aller Proben ist ähnlich. Auf eine weiße Grundierung folgt eine grüne Schicht. Die Proben 3 und 4 zeigen zudem eine schwarze Deckschicht.

Die Beschichtung des Objektes bestand also aus einer weißen Cellulosenitratgrundierung, einer verhältnismäßig dicken grünen Lackschicht und einer dünnen schwarzen Deckschicht.

3.2 Leiterplattenfragment

Aufgrund des Erscheinungsbildes der Reste der Leiterplatte liegt die Vermutung nahe, dass es sich um ein Glasfasergewebe handelt. Nach ULLMANN finden aber auch Asbestfasern in der Elektroindustrie Verwendung.²⁴ Zur Identifizierung der Fasern wurden diese mikroskopiert und mit anderen Mineralfasern verglichen. Abbildung 28 zeigt Glasfasern, die einer handelsüblichen Gewebematte entnommen wurden. Die Fasern aus Abbildung 29 stammen von dem Leiterplattenfragment der Generatorsteuerung. Außer einigen Anhaftungen an den Fasern der Leiterplatte sind keine Unterschiede zu erkennen. Es handelt sich zweifelsfrei um Glasfasern.

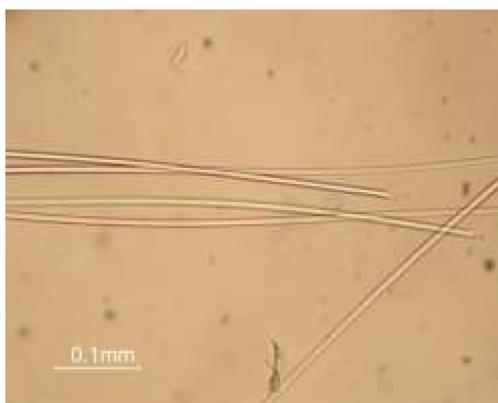


Abb.28: Glasfasern

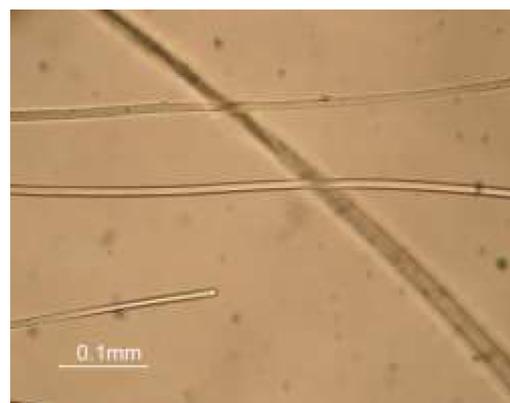


Abb.29: Fasern, Leiterplattenfragment

²⁴ ULLMANN 1953, 56.

3.3 Klimaerfassung

Zwischen 10.08. und 24.10. 2015 wurden die Klimadaten im Generatorengebäude mittels Datenlogger des Herstellers Froggit®, vom Typ DS 100, erfasst. Die Messintervalle betragen zehn Minuten. Ein Logger wurde über der Eingangstür und einer direkt am Deutz-Generator platziert. Trotz des ständigen Durchgangsverkehrs und dem damit verbundenen Öffnen der Tür, unterscheiden sich die Aufzeichnungen der beiden Logger nur unwesentlich.

Abbildung 30 zeigt den Temperaturverlauf am Objekt. Die Temperaturkurve verläuft relativ konstant zwischen 21°C und 26°C. Die geringen Schwankungen ergeben sich aus den Tag/Nacht Werten. Der Temperaturanstieg am 18.10. 2015 ist auf die Vorbereitungen zur Eröffnung des Museums zurückzuführen. An diesem Tag standen die drei Türen des Generatorengebäudes durchgehend offen. Bei Außentemperaturen um die 30°C hat sich die Raumtemperatur weitestgehend angepasst.

Die Elastomere an den Objekten unterliegen im Zuge der Alterung chemischen Abbauprozessen. Diese werden durch erhöhte Temperaturen begünstigt. Eine Temperaturerhöhung um 10°C kann die Reaktionsgeschwindigkeit um das Doppelte bis Dreifache beschleunigen.²⁵ Die optimale Lagerungstemperatur liegt bei etwa 15°C. 25°C sollten nicht überschritten werden.²⁶ Optimalwerte für die Objekte sind im Museum sicher nicht zu erreichen. Werte zwischen 20°C und 25°C sind jedoch, auch im Hinblick auf das Behagen der Besucher, akzeptabel.²⁷ Durch das weitestgehend geschlossen halten der Türen kann die Raumtemperatur in diesen Grenzen gehalten werden. Das ist dem Erhalt der Elastomere an den Objekten zuträglich.

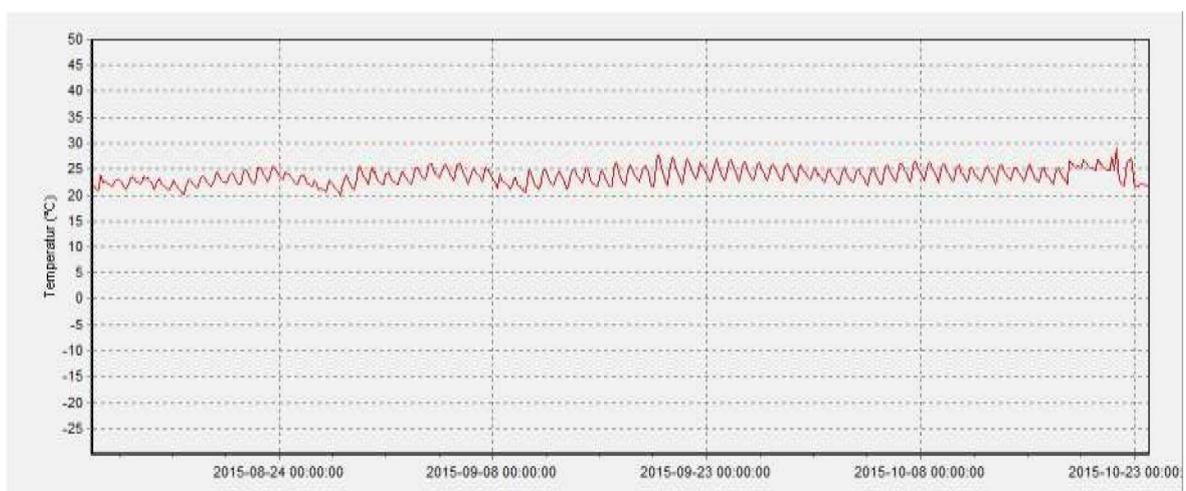


Abb.30: Temperaturverlauf in der Generatorenhalle vom 10.08. bis 24.10. 2015

²⁵ EHRENSTEIN et al.2007, 36.

²⁶ NAGDI 2002, 125.

²⁷ KOESLING 1999, 36.

Die relative Feuchte nimmt im Erfassungszeitraum unter heftigen Schwankungen stetig ab. Der August, Beginn der Aufzeichnungen, ist der niederschlagsreichste Monat in der Region. Ab September gehen die Niederschläge deutlich zurück.²⁸ Die äußeren Wettererscheinungen haben unmittelbaren Einfluss auf das Klima im Museum.

Für die relative Feuchte der Raumluft in Museen wird ein Sicherheitsbereich zwischen 35% und 65% empfohlen.²⁹ Um Schäden an den Objekten zu vermeiden, sollte der eigentliche Wert in diesen Grenzen nicht zu sehr schwanken.³⁰

Die Feuchtemessungen zeigen Anfang August einen Höchstwert von 73%, der niedrigste aufgezeichnete Wert liegt Ende September bei 18%. Die dazwischenliegenden Schwankungen sind enorm.

Die Hauptmaterialgruppe der Objekte in der Generatorenhalle sind Metalle. Diese sollten möglichst trocken, also unter 55% Luftfeuchte lagern, um Korrosionsprozesse zu verlangsamen. Die Elastomere sollten bei einer Feuchte zwischen 30%-50% gelagert werden.³¹ Die Messungen zeigen äußerst ungünstige Bedingungen für die Objekte. Eine Konservierung der Metallteile mit einer schützenden Beschichtung ist zu deren langfristigen Erhalt unabdingbar. Durch die Beschichtung werden Feuchten von über 55% akzeptabel.³²

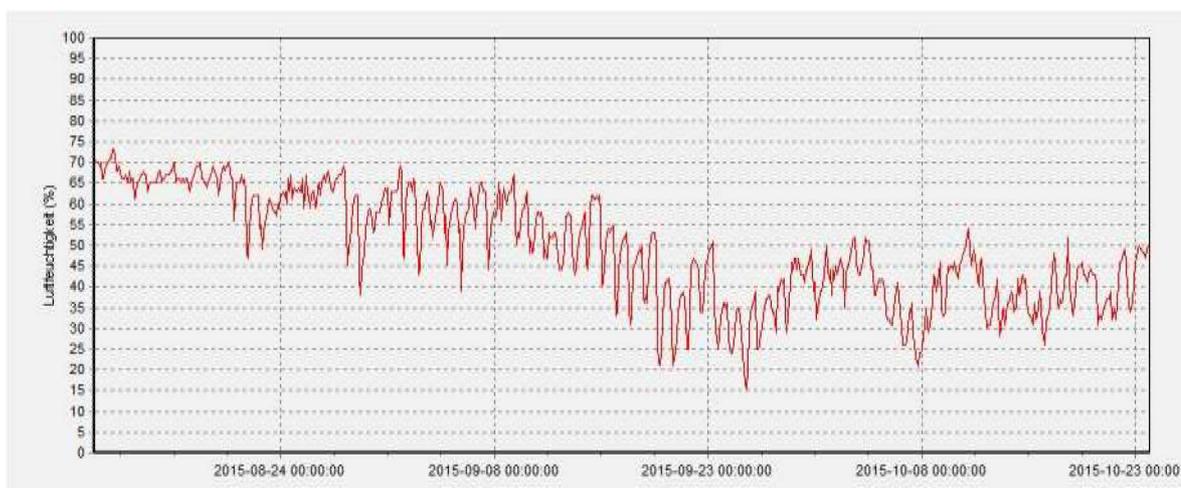


Abb.31: Verlauf der relativen Feuchte vom 10.08. bis 24.10. 2015

²⁸ <http://de.climate-data.org/location/46069/>, Stand 16.12. 2015, 23:20 Uhr.

²⁹ KILIAN 2007, 33.

³⁰ KOESLING 1999, 32.

³¹ KOESLING 1999, 32f.

³² KOESLING 1999, 32.

4 Historischer Kontext

4.1 Geschichte der Deutz AG

Die Geschichte der heutigen Deutz AG ist eng mit dem Erfinder Nicolaus August Otto und damit der Motorisierung der Welt verknüpft. Die Beziehungen zwischen Otto, der Deutz AG und Rudolf Diesel, dem Erfinder des Dieselmotors, werden in diesem Kapitel aufgezeigt. Der Einfluss der Deutz AG auf die Verbreitung des Dieselmotors wird dadurch verdeutlicht.

Der gelernte Kaufmann Nicolaus August Otto, gilt als Erfinder des modernen Verbrennungsmotors und Vater des Viertaktprinzips. Tatsächlich wurde der Verbrennungsmotor jedoch nicht von ihm erfunden, sondern lediglich weiterentwickelt. Er erfuhr 1860 von einem von Jean-Joseph Etienne Lenoir entwickelten Leuchtgas-Verbrennungsmotor.³³ „Lenoirs Wundermaschine hatte in Otto eine Vision entstehen lassen, die ihn mehr und mehr fesselte. [...] Aus dem klugen Autodidakten wurde schon bald einer der genialsten Erfinder der Technikgeschichte.“³⁴ Auf der Suche nach Geldgebern fand Otto 1864 in dem Industriellen Eugen Langen einen geeigneten Partner. „Am 31. März 1864 gründeten die beiden Männer die erste Motorenfabrik der Welt - die Wiege der heutigen DEUTZ AG. Damit legten sie den Grundstein für die 150-jährige Erfolgsgeschichte der Motorisierung.“³⁵ 1867 stellte Otto seinen ersten Motor auf der Weltausstellung in Paris vor und gewann die höchste zu vergebene Auszeichnung, die goldene Medaille. „Seinen Einsatz fand der Weltausstellungsmotor sieben Jahre lang als Antrieb für Maschinen zur Herstellung astronomischer Geräte, bis ihn Langen 1875 wieder zurückkaufte und damit den Grundstein für die Motorensammlung der heutigen DEUTZ AG legte.“³⁶

Die N. A. Otto & Compagnie wurde Anfang 1869 aufgelöst und unter dem Namen „Langen, Otto und Roosen“ am 13. März des selben Jahres neu gegründet. Der Hamburger Geschäftsmann Ludwig August Roosen brachte neues Kapital in die Firma ein. „Am 25. November 1869 wurde der Firmensitz mit neuen, modernen Fabrikhallen offiziell von Köln über den Rhein in die damals noch selbstständige Stadt Deutz verlegt. Im Jahr des Umzugs prangte auch zum ersten Mal der Namenszug „DEUTZ“ auf den Typenschildern.“³⁷ Nach einer erneuten Neugründung, mit neuen Teilhabern

³³ TODE et al. 2014, 18f.

³⁴ TODE et al. 2014, 19.

³⁵ TODE et al. 2014, 21.

³⁶ TODE et al. 2014, 24f.

³⁷ TODE et al. 2014, 25.

des Unternehmens am 5. Januar 1872, wurde die Firma in „Gasmotoren-Fabrik Deutz AG“ umbenannt. Dieser Name blieb die nächsten Jahrzehnte unverändert.³⁸

In Zusammenarbeit mit den Ingenieuren Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach, die seit 1873 im Unternehmen beschäftigt waren, arbeitete Otto an der Entwicklung eines leistungsfähigeren Motors. „1876 war es soweit: Die Gasmotoren-Fabrik Deutz konnte einen neuen und stärkeren Motor präsentieren [...] Bereits 1880 waren 132 der neuen Motoren für elektrische Lichtmaschinen im Einsatz, 353 für Aufzüge und Krane, 254 erleichterten die Arbeit im Maschinenbau und in mechanischen Werkstätten, 307 wurden für Pumpen und Bewässerungsanlagen verwendet und 211 für die Holzbearbeitung. Ein wichtiger Abnehmer blieben auch die Buchdruckereien, in denen 1880 allein 1396 Maschinen liefen.“³⁹ Hier ist die Geburtsstunde des Otto-Motors mit Vier-Takt Prinzip und der Beginn seiner Erfolgsgeschichte zu sehen. Der Ottomotor wurde dringend benötigt und mehr und mehr in fast allen Industriebereichen eingesetzt. Die Gasmotoren-Fabrik Deutz wurde weltbekannt. 1876 unterhielt die Deutz-AG Filialen in Paris, Mailand und Wien. In Philadelphia wurde 1877 die erste Motorenfabrik der USA errichtet.⁴⁰ „Mit seiner revolutionären Erfindung leitete Otto die Motorisierung der Welt ein. Motoren, bei denen die Verbrennung des verdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches durch zeitlich gesteuerte Fremdzündung eingeleitet wird, werden noch heute als „Ottomotoren“ bezeichnet. Dieselmotoren, Zweitaktmotoren und selbst der Wankel-Kreiskolbenmotor wären ohne Ottos Leistung nicht denkbar.“⁴¹

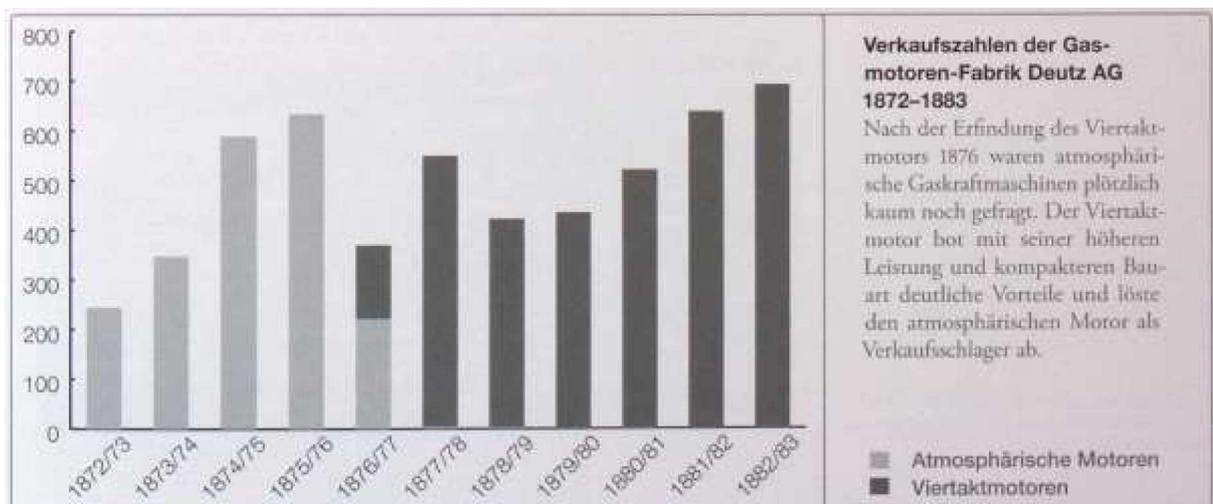


Abb.32: Verkaufszahlen der Deutz-AG 1872-1883

³⁸ TODE et al. 2014, 25.

³⁹ TODE et al. 2014, 35.

⁴⁰ TODE et al. 2014, 33.

⁴¹ TODE et al. 2014, 34.

Die von der Deutz-AG gebauten Motoren wurden mit Gas betrieben, und waren durch ihre Abhängigkeit von Gasversorgungsnetz standortgebunden. Auf der Grundlage des 1866 von Werner Siemens entdeckten dynamoelektrischen Prinzips entwickelte Otto die Niederspannungsmagnetzündung. Im Jahr 1884 präsentierte er diese und die Gasmotoren konnten nun auch mit Flüssigtreibstoff betrieben werden.⁴² „Der von der Gasmotoren-Fabrik Deutz erfundene elektrisch gezündete Benzinmotor wurde 1885 auf der Weltausstellung in Antwerpen hoch ausgezeichnet. Die Kraft der vier Takte war endlich auch für die mobile Anwendung auf der Straße nutzbar. 25 Jahre nach Ottos Vision, einen flüssigkeitsbetriebenen Verbrennungsmotor zu bauen, war dies die Krönung seines Schaffens.“⁴³ Nicolaus August Otto starb 1891.

Im Jahr 1893 bot der Ingenieur Rudolf Diesel der Deutz AG die Zusammenarbeit bei der Entwicklung eines auf dem Vier-Takt Verfahren basierenden selbstzündenden Motors an. Eugen Langens Ablehnung stellte sich als Fehlentscheidung heraus. Mit Unterstützung des Industriellen Krupp brachte Diesel Anfang 1897 seinen Motor zur Serienreife. Noch im Juli desselben Jahres erstand die Gasmotoren-Fabrik die Lizenz zur Nutzung der neuen Technologie und konnte nur ein Jahr später den ersten Dieselmotor aus dem Hause Deutz ausliefern. Die Weiterentwicklung und Produktion von Dieselmotoren entwickelte sich zu einem der wichtigsten Zweige des Unternehmens.⁴⁴

Der Dieselmotor hat einen höheren Wirkungsgrad und damit einen niedrigeren Kraftstoffverbrauch als der Ottomotor. Wegen der geringen Ölvorkommen in Europa gewann er vor allem dort zu Beginn des 20. Jahrhunderts zunehmend an Bedeutung. Durch den bei den Selbstzündern auftretenden hohen Druck mussten Bauteile robuster ausgelegt werden, was die Konstruktion schwerer machte. Dieser Nachteil ist der Grund, weshalb die Motoren zunächst nur stationär in der Industrie, in Lokomotiven und als Schiffsmotoren eingesetzt wurden.⁴⁵ In U-Booten fanden sie ab 1906 Verwendung. „Sie dienten als Antrieb bei der Überwasserfahrt und luden gleichzeitig die Akkumulatorbatterien für die Elektromotoren zur Unterwasserfahrt auf.“⁴⁶

Als Langen 1895 starb, übernahmen seine Nachkommen die Leitung der Firma. Hauptgeschäft war immer noch die Motorenproduktion. Die Herstellung von Landmaschinen und Lokomotiven gewann ab ca. 1905 zunehmend an Bedeutung, während die PKW- Produktion erfolglos blieb und 1912 eingestellt wurde. Deutz baute

⁴² TODE et al. 2014, 43ff.

⁴³ TODE et al. 2014, 45.

⁴⁴ TODE et al. 2014, 52ff.

⁴⁵ BRAUN; KAISER 1997, 118.

⁴⁶ BRAUN; KAISER 1997, 198f.

1897 die erste Grubenlokomotive der Welt mit Verbrennungsmotor. 1911 wurde bereits die 1000. Lokomotive ausgeliefert.⁴⁷

Weltbekannt wurde die Firma Deutz schließlich durch die Weiterentwicklung des Dieselmotors. „Für die heutige DEUTZ AG ist das Sparwunder seit über 100 Jahren ein wichtiger Eckpfeiler des Erfolgs.“⁴⁸ Der erste nach dem Patent von Rudolf Diesel gebaute Motor verließ 1898 das Werk.⁴⁹ Nachdem Diesels Patent 1907 auslief, wurden bei Deutz Dieselmotoren in Serie gebaut. Haupteinsatzgebiet war der Antrieb von Schiffen und von Generatoren zur Stromerzeugung. Ein bedeutender technologischer Fortschritt war 1911 die Entwicklung der Direkteinspritzung. Vormalig wurde der Kraftstoff mit relativ großen Kompressoren in den Brennraum eingeblasen. Durch die Direkteinspritzung konnten die Motoren, die zum Teil über zwei Tonnen wogen, nun deutlich leichter konstruiert werden. Das trug wesentlich zur Weiterverbreitung bei.⁵⁰

Während des ersten Weltkrieges hatte Deutz die Umsätze wesentlich steigern können. Die Herstellung von Granaten und Feldbahnlokomotiven belebten das Geschäft. Die Jahre nach dem Krieg waren dagegen weniger erfolgreich. Nur langsam lief das Geschäft wieder an. Stützpfeiler war fortan die Produktion von Traktoren mit Dieselmotor.⁵¹ „Bis zum Verkauf der Landmaschinenproduktion 1995 konnten mehr als eine Million Traktoren aus dem Hause DEUTZ verkauft werden.“⁵²

Die Weltwirtschaftskrise 1924 machte auch der „Gasmotoren-Fabrik-Deutz“, die bereits 1921 in „Motorenfabrik Deutz AG“ umbenannt wurde, zu schaffen. Das Überleben der Krise war dem Großindustriellen Peter Klöckner, der seit 1907 im Aufsichtsrat saß, zu verdanken. Nach einer sechsjährigen Kooperation von Deutz mit der Maschinenbau-Anstalt Humboldt AG fusionierten die beiden Unternehmen 1930 unter dem Namen „Humboldt-Deutzmotoren AG.“⁵³

Ab 1933 verzeichnete die Humboldt-Deutzmotoren AG ein reges Wachstum. „Insbesondere die Arbeitsbeschaffungsprogramme der Nationalsozialisten wie der Reichsautobahnbau führten zu einem Mehrbedarf an Motoren.“⁵⁴ So wurden bis 1936 19000 Traktoren und allein im Jahr 1934 fast 15000 Motoren verkauft. Auf die steigende Nachfrage nach Lastkraftwagen reagierte Deutz 1936 mit der Fusionierung mit der Ulmer Lastwagenfabrik C.D. Magirus. Nur zwei Jahre später führte Peter

⁴⁷ TODE et al. 2014, 55.

⁴⁸ TODE et al. 2014, 58.

⁴⁹ TODE et al. 2014, 55f.

⁵⁰ TODE et al. 2014, 59ff.

⁵¹ TODE et al. 2014, 69ff.

⁵² TODE et al. 2014, 71.

⁵³ TODE et al. 2014, 75.

⁵⁴ TODE et al. 2014, 84.

Klößner die Klößner-Werke, sein Stahlhandelsunternehmen, und die Humboldt-Deutzmotoren AG zusammen. Der daraus entstandene Konzern „Klößner-Humboldt-Deutz“ (KHD) hatte 1938 über 18000 Mitarbeiter und war damit zum größten Dieselmotorenhersteller Deutschlands geworden.⁵⁵

Deutz führte damals luftgekühlte Dieselmotoren ein und verwendete diese ausschließlich. „Die Erfahrungen sowohl in den russischen Wintern als auch in der Hitze Afrikas sprachen dafür, das laute, damals noch sehr laute Motorengeräusch aber erwies sich als ein wichtiges Negativmerkmal.“⁵⁶ Durch die stetige Weiterentwicklung konnten die Nachteile weitestgehend beseitigt werden. Es entstand eine breite Palette luftgekühlter Dieselmotoren. Die der Marktlage folgende Entwicklung leistungsstärkerer Motoren machte immer größere Fahrzeuge möglich.⁵⁷

In den ersten Jahren des zweiten Weltkriegs brachen die Umsätze der Auslandsgeschäfte ein. Überschüssige Kapazitäten wurden für den Bau von Geschossen und Bomben genutzt. Zudem waren 1940 etwa fünfzehn Prozent der Belegschaft zum Kriegsdienst eingezogen. Der Verlust an Arbeitskräften wurde durch Erhöhung der Arbeitszeit und durch Zwangsarbeiter ausgeglichen. Motoren für den privaten Gebrauch wurden kaum mehr gebaut. Stattdessen begann die KHD AG 1940 mit dem Bau von Großmotoren für U-Boote. Trotzdem KHD 1942 zum Rüstungsbetrieb erklärt wurde, sanken die Umsätze weiter. Das lag an der Materialverknappung und an dem Lieferstopp für zivile Abnehmer aus Industrie und Landwirtschaft. Nachdem Anfang Juli 1943 große Teile der Deutz Werke durch Bombenangriffe der Royal Air Force zerstört wurden, war die weitere Produktion bis zum Ende des Krieges extrem eingeschränkt.⁵⁸

Der Wiederaufbau verlief für Deutz zunächst schleppend. Erst ab 1949 konnte die Produktion des ursprünglichen Repertoires wieder aufgenommen werden. In den folgenden Jahren steigerte sich der Gewinn enorm. Auch KHD profitierte vom Wirtschaftswunder. Bis 1954 liefen 100 000 luftgekühlte Dieselmotoren vom Band und die Auslandsumsätze wuchsen rapide. Fast 50% der Einnahmen resultierten aus dem Motorenbau. 1959 fusionierte Deutz mit der Vereinigten Deutschen Waggonfabriken AG und nahm nun neben der bestehenden Produktion von Traktoren, Nutzfahrzeugen und Lokomotiven auch die Produktion von Eisenbahnwaggons auf.⁵⁹

⁵⁵ TODE et al. 2014, 85ff.

⁵⁶ OSWALD 1993, 448.

⁵⁷ OSWALD 1993, 448.

⁵⁸ TODE et al. 2014, 94ff.

⁵⁹ TODE et al. 2014, 108ff.

In den 1970er und 80er Jahren baute die Sowjetunion die Baikal-Amur-Magistrale quer durch Sibirien. Die über 4000 km lange Bahnstrecke verläuft nördlich der Transsibirischen Eisenbahn. Für die Bauarbeiten wurden zuverlässige LKW benötigt, die es mit den unwirklichen Bedingungen aufnehmen konnten. Die Temperaturen zwischen minus 55°C und plus 55°C, das schwere Gelände mit Gebirgszügen, Wüste und Sümpfen stellen eine riesige Herausforderung für jede Maschine dar. Die Sowjets testeten vier Jahre lang ausgiebig einige LKW der KHD AG vom Typ 290D26K.⁶⁰ Diese waren mit luftgekühlten Motoren der Baureihe F8L413 ausgestattet.⁶¹ Dies ist der selbe Typ wie im Wukro Museum. Die jahrzehntelange Erfahrung von Deutz mit den luftgekühlten Dieseldirekteinspritzern machte sich bezahlt. Die Sowjets waren von der zuverlässigen Technik überzeugt. 1974 orderten sie 10000 Fahrzeuge, ein Milliardenauftrag. Noch heute ringen viele der damals gelieferten LKW mit den widrigen Bedingungen Sibiriens.⁶²

Die Nutzfahrzeugsparte der Klöckner-Humbolt-Deutz AG, Magirus-Deutz, machte etwa 60% der Umsätze mit Baumaschinen. Als dieser Markt ab Anfang der 70iger Jahre stagnierte, gab es wirtschaftliche Schwierigkeiten. 1975 wurde die Nutzfahrzeugsektion zu 80% und 1982 die restlichen 20% an den italienischen Konzern Fiat verkauft. Bis 1984 lieferte Deutz weiterhin die luftgekühlten Selbstzünder, die nun unter dem Namen IVECO ihren Dienst verrichteten.⁶³

⁶⁰ TODE et al. 2014, 132ff.

⁶¹ OSWALD 1993, 517.

⁶² TODE et al. 2014, 132ff.

⁶³ TODE et al. 2014, 132ff.

5 Konzept der Erhaltung

In diesem Kapitel werden Aspekte der Geschichte der Generatoranlage, Faktoren des Museumskonzepts, konservatorische und ästhetische Aspekte dargelegt und gegeneinander abgewogen. Nur so kann das anzustrebende Erscheinungsbild des Objekts unter Berücksichtigung restaurierungsethischer Standards evaluiert und die erforderlichen Maßnahmen daraus abgeleitet werden.

Wie und wann der Hilfsgenerator nach Wukro kam, konnte bislang nicht geklärt werden. Die Funktion im Zusammenhang der Gesamtanlage lässt vermuten, dass er zeitgleich mit dem Hauptgenerator montiert und in Betrieb genommen wurde. (siehe 1.3) Nach nur ca. 10 Jahren der Nutzung wurde die Anlage gegen Ende des Bürgerkriegs durch ein Feuer teilweise zerstört. Das Ende des Bürgerkrieges, im Mai 1991, stellt ein wichtiges Ereignis in der Geschichte Äthiopiens dar. Er hatte fast zwanzig Jahre angedauert und über zweieinhalb Millionen Menschen in einem der ärmsten Länder der Welt das Leben gekostet.⁶⁴

Es ist von großer Wichtigkeit, die Erinnerung an solche Ereignisse zu bewahren und so den Menschen die Möglichkeit zu schaffen, sich aktiv mit ihrer Geschichte auseinanderzusetzen. Dabei darf die Nutzungsebene des Objektes, nämlich als Erzeuger elektrischer Energie, nicht vernachlässigt werden. Die unter großen Anstrengungen errichtete Anlage, welche im Rahmen des Selbsthilfeprojektes (siehe 1.2) erfolgte, zeigt, dass die Bevölkerung nach Eigenständigkeit und Fortschritt strebte. Die lokale Bevölkerung kann sich dadurch mit den nun zu Museumsobjekten gewordenen Maschinen identifizieren. Außerdem wird deutlich, dass auch schwierige Projekte realisierbar sind, wenn die Menschen zusammenarbeiten.

„Ziel der Konservierung und Restaurierung von Denkmälern ist ebenso die Erhaltung des Kunstwerks wie die Bewahrung des geschichtlichen Zeugnisses.“⁶⁵ Die Substanz ist also gleichermaßen wie die Spuren der Geschichte zu erhalten. Die Spuren des Brandes werden als Zeugnis des Bürgerkrieges für erhaltenswert eingestuft. Sie stehen für Krieg und Tod, aber auch für die Befreiung und Frieden. Durch die lange Zeit der Nichtnutzung werden die Spuren der Zerstörung durch Spuren der Vernachlässigung, in Form von Schmutz, überlagert. Aus restaurierungsethischer Sicht sind die Auflagerungen soweit zu entfernen, bis die Spuren des Brandes und die Materialität des Objektes wieder wahrnehmbar sind. Dabei muss sich ein ästhetisches Gesamtbild ergeben. Auch unter konservatorischen Aspekten ist eine Reinigung notwendig. Die Auflagerungen und Korrosionsprodukte der Metallteile sind

⁶⁴ <http://www.zeit.de/1991/33/befreit-von-kaisertum-und-kommunismus>.

⁶⁵ Charta von Venedig, Artikel 3.

hygroskopisch und fördern weitere Korrosion. Deshalb ist es zum Erhalt des Objekts dringend notwendig, diese abzunehmen.⁶⁶

Um die Authentizität zu wahren, darf die Oberfläche nicht überreingt werden. Es wird keine werkfrische Erscheinung der Maschine angestrebt. Sofern es konservatorisch und ästhetisch vertretbar ist, kann also ein Teil der Auflagerungen auf dem Objekt verbleiben.

Die Spuren des Brandes sind größtenteils nicht mehr vorhanden. So konnten bei der Zustandserfassung zum Beispiel keine Rußspuren oder verbrannter Lack festgestellt werden, die es zweifellos gegeben haben muss. Der geringe Bestand an Lack auf der Oberfläche ist vermutlich nicht nur das Resultat von Korrosionserscheinungen. Er ist auch als Konsequenz des Brandes zu deuten und damit ein wichtiges Indiz für die Geschichte des Objekts. Eine großflächige Retusche der Lackfehlstellen erscheint damit nicht zweckmäßig. Retuschiert werden darf nur, und auch dann in geringstmöglichem Maße, wenn sich nach der Reinigung zu hohe Kontraste zwischen den unterschiedlichen Oberflächen ergeben und damit ein ästhetisches Erscheinungsbild gestört wird.

Die geschmolzenen Leichtmetallteile sind als eindeutige Spuren des Brandes zu erhalten. Dabei dürfen sie nicht in den Vordergrund treten und müssen sich in das komplexe ästhetische Gefüge des Objektes einordnen. Die Legierung der Leichtmetallteile enthält überwiegend Aluminium. Aluminium bildet an der Atmosphäre eine stabile Oxidschicht, eine Konservierung ist daher nicht zwingend notwendig. An den Grenzflächen zwischen Aluminium und Stahlteilen kann sich jedoch aufgrund der elektrochemischen Potentialunterschiede verstärkt Korrosion bilden. Die Stahlteile sind mit einem geeigneten Konservierungsmittel zu konservieren. Sofern es möglich ist, müssen Stahl und Aluminiumteile an den Kontaktflächen getrennt werden.

Im Kontext des Technischen Bildungszentrums im Museum tritt die Funktion des Objektes in den Vordergrund. Um die Funktion des Generators zu verdeutlichen und nachvollziehbar zu machen, müssen einige geschmolzene Leichtmetallteile im Bereich der Generatorsteuerung ergänzt werden. „Die Elemente, welche fehlende Teile ersetzen sollen, müssen sich dem Ganzen harmonisch einfügen und vom Originalbestand unterscheidbar sein, damit die Restaurierung den Wert des Denkmals als Kunst- und Geschichtsdokument nicht verfälscht.“⁶⁷ Es muss also darauf geachtet werden, dass die zu ergänzenden Teile wahrnehmbar sind, aber in den Hintergrund treten und so die Spuren des Brandes nicht verwischen. Des weiteren können die Ergänzungen nur im Rahmen des tatsächlich überlieferten Bestandes ausgeführt

⁶⁶ JÄGERS 2006, 29.

⁶⁷ Charta von Venedig, Artikel 12.

werden. Sie finden dort Ihre Grenze, wo die Hypothese beginnt.⁶⁸ Die Form und die Dimensionen müssen also eindeutig nachvollziehbar sein, um eine Ergänzung zu rechtfertigen.

6 Planung der Maßnahmen

6.1 Demontage

Einige Bereiche des Objektes sind nur schwer oder gar nicht zugänglich. Die Demontage einiger Teile ist notwendig, um möglichst große Bereiche der Maschine bearbeiten zu können. Zudem folgt aus einem gut überlegten Teilrückbau eine Zeitersparnis. Welche Teile demontiert werden und inwieweit sich daraus ergebende Folgen wie z.B. zerstörte Schrauben akzeptieren lassen, muss bei der Ausführung der Arbeiten abgewogen und entschieden werden. Abgerissene Schrauben werden mit Tamponstahl gestiftet und mit Hartlot gefügt. Hartlotverbindungen weisen eine hohe Festigkeit auf, die jedoch unterhalb der Festigkeit von Stahl liegt. Die gelöteten Verbindungen stellen eine Sollbruchstelle dar und schützen somit die Originalsubstanz bei erneuter Überlastung.

6.2 Reinigung

„Vor jeder Reinigung sollte als erster Schritt ein auf das jeweilige Objekt individuell abgestimmtes Reinigungsziel festgelegt werden.“⁶⁹ Das Ziel der Reinigung wurde im Konzept der Erhaltung bereits evaluiert. Die Reinigung stellt eine Gratwanderung zwischen dem angestrebten ästhetischen Erscheinungsbild und dem Erhalt des Informationsgehaltes dar.

In Anbetracht der Größe der zu reinigenden Flächen und des kurzen Zeitfensters der Kampagne muss effektiv gearbeitet werden. Reinigungsversuche haben ergeben, dass der größte Teil der nicht öligen Auflagerungen mechanisch entfernt werden kann. Dabei muss zuerst mit einer weichen Bürste die lose aufliegende Staubschicht entfernt werden. Im Weiteren wird mit Nylonbürsten zunehmender Härtegrade je ein Reinigungsdurchgang erfolgen. Nur so kann sich langsam der eigentlichen Oberfläche angenähert werden, die von den Auflagerungen verdeckt ist.

Die öligen Auflagerungen auf Motor, Ölwanne und Tank werden zunächst mit Holzstäbchen ausgedünnt. Anschließend erfolgt die Reinigung mit Benzin und Baumwollputzlappen. Wattestäbchen werden aufgrund der Flächengröße nur in

⁶⁸ Charta von Venedig, Artikel 9.

⁶⁹ STERMSCHLAG 2013, 254.

Bereichen eingesetzt die mit einem Putzlappen nicht erreichbar sind. (Hinterschneidungen, Schraubenlöcher etc.)

Die optische Erscheinung der Oberfläche ist sehr stark von den zahlreichen Korrosionsprodukten geprägt. Diese komplett bis auf das blanke Metall zu entfernen ist jedoch aus konservatorischer und aus ästhetischer Sicht weder notwendig noch vertretbar.

Es genügt die Korrosionsprodukte auszudünnen und damit die Oberfläche zu glätten und zu verdichten. Dafür werden Drahtbürsten mit Stahldraht eingesetzt. Diese sind in verschiedenen Härtegraden erhältlich, welche sich durch unterschiedliche Drahtdurchmesser ergeben. Zunächst erfolgt die Reinigung mit einer weichen Bürste und muss bei Bedarf stellenweise mit einer härteren wiederholt werden, bis ein gleichmäßiges Gesamtbild entsteht.

Einige Bauteile werden für die Reinigung demontiert und an einem Arbeitsplatz im Außenbereich des Museums bearbeitet. Damit alle Teile nach der Bearbeitung den gleichen Reinigungsgrad und damit korrespondierende Oberflächen aufweisen, ist ein stetiger Vergleich mit den Oberflächen an Motor und Generator notwendig. Dies ist zudem erforderlich, da die Reinigung nicht von einer einzelnen Person, sondern als Teamarbeit ausgeführt wird.

Die Leichtmetallteile sind trocken mit Nylonbürsten oder Holzstäbchen zu reinigen. Auf Stahlwolle und Eisendrahtbürsten ist wegen der korrosionsfördernden Wirkung zu verzichten. Ölige Auflagerungen sind mittels Benzin und einem weichen Tuch zu entfernen.⁷⁰ Anstelle von Stahlwolle kann Schleiffließ verwendet werden. Dieses besteht aus einer Kunststoffmatrix, in die Schleifkörper eingebunden sind und ist in diversen Feinheitsgraden erhältlich.

6.3 Konservierung

Um weitere Korrosionsprozesse zu unterbinden, müssen die metallischen Oberflächen konserviert werden. Für transparente Beschichtungen werden in der Restaurierung Öle, Lacke und Wachse eingesetzt. Wachsbeschichtungen sind widerstandsfähiger als Öle und haben eine den Lacken ähnliche Lebensdauer.⁷¹ Die Beschichtung mit einem mikrokristallinen Wachs ist zweckdienlich. Auch die Metalloberflächen der anderen Objekte im Generatorengelände wurden mit Wachs beschichtet. Es ist sinnvoll im gleichen System zu arbeiten.

⁷⁰ KOESLING 1999, 200.

⁷¹ KOESLING 1999, 157.

Zur Konservierung der gereinigten Metallteile wird das mikrokristalline Wachs Cosmoloid H 80 verwendet. Dieses ist schwefel- und säurefrei. Der Erstarrungspunkt liegt bei etwa 80°C.⁷² Da die am Objekt gemessenen Temperaturen unterhalb 30°C liegen, kann ausgeschlossen werden, dass die Wachsbeschichtung erweicht und Schmutz- bzw. Staubpartikel einschließt. Das Wachs wird unter Wärmezufuhr in Benzin gelöst und auf die Objektteile aufgetragen. Beim Verdunsten des Lösemittels entstehen Poren in der Beschichtung. Durch diese kann Wasserdampf eindringen und Korrosion auslösen. Zum Verschließen der Poren wird die Beschichtung nach vollständiger Verdunstung des Lösemittels mit einer Naturhaarbürste verdichtet. An schwer zugänglichen Stellen können die Poren durch kurzzeitiges Schmelzen des Wachsfilms mittels Heißluftgebläse beseitigt werden.

6.4 Elastomere

Die Fragmente der oberen Stoßstangendichtungen müssen gesichert werden, da sonst ihr Verlust droht. Die Bruchstücke werden untereinander verklebt und Risse stabilisiert. Die Klebungen müssen am Objekt erfolgen, die Stoßstangen können nicht ohne erheblichen Aufwand demontiert werden. Einige für die Klebung von Elastomeren geeignete Klebstoffe wurden von LINKE⁷³ getestet. Darunter die Acrylemulsion D 498-M der Firma Lascaux®. Diese trocknet transparent, besitzt eine hohe Elastizität, sehr gute Adhäsion und wird daher für die Klebungen verwendet.



Abb.33: Dichtung einer Stoßstange

Die verkohlten Reste des Keilriemens auf der Riemenscheibe (Abb.23) sind brüchig und äußerst instabil. Nach der Reinigung mittels kleinem Ziegenhaarpinsel werden auch diese mit der Acrylemulsion Lascaux® D 498-M gesichert. Damit der Klebstoff möglichst tief eindringt, wird dieser mit Wasser stark verdünnt. Der Auftrag erfolgt bis zur Sättigung. So kann die Emulsion durch Kapillarkraft in die vielen feinen Risse eindringen und die Bruchstücke untereinander verkleben. Der Klebstoff muss vor dem trocknen weitestgehend von der Oberfläche abgenommen werden, da sonst ein glänzender Film entsteht. Dies geschieht mit feuchten Wattestäbchen.

⁷² Kremer Pigmente, Produktdatenblatt Cosmoloid H 80.

⁷³ LINKE 2015, 56.

6.5 Festigung des Leiterplattenfragments

Das Leiterplattenfragment der Generatorsteuerung muss gereinigt und gefestigt werden.

Die Reinigung erfolgt mittels feinem Ziegenhaarpinsel unter Staubabsaugung und Benutzung einer FFP 3 Feinstaubmaske.⁷⁴ Da abgebaute Mineralfasern karzinogen wirken können, und dadurch eine Gefährdung für die Gesundheit darstellen⁷⁵, wären zudem die Nutzung eines Staubsaugers mit HEPA-Filter⁷⁶ und ein Vollkörperanzug, welcher direkt nach



Abb.34: Leiterplattenfragment, Vorzustand

Beendigung der Arbeit entsorgt wird, optimal. Aufgrund der erschwerten Bedingungen vor Ort ist dies nicht möglich.

Das Ziel der Festigung ist zum einen der Substanzerhalt und zum anderen eine Minimierung des gesundheitlichen Risikos. In der Diplomarbeit von Torsten Lange wurde eine umfassende Probereihe zur Festigung von Asbestfasern durchgeführt.⁷⁷ Zweifelsohne sind die Ergebnisse nicht 1:1 auf das Leiterplattenfragment übertragbar. Die gewonnenen Erkenntnisse können bei der Evaluation eines geeigneten Bindemittels jedoch genutzt werden.

Die Anforderungen an die durchzuführende Festigung sind neben der Langzeitstabilität das vollständige Umschließen der Fasern bei ausreichender Eindringtiefe, Flexibilität, Reversibilität und eine möglichst geringe Veränderung des Erscheinungsbildes bezüglich Glanzgrad und Oberflächenstruktur. Die in der Restaurierung häufig verwendeten Acrylate stuft LANGE als nicht geeignet ein. Dafür war vor allem die visuelle Veränderung der Proben verantwortlich. Unter anderen wurden auch Glutinleim, die Hydroxypropylcellulose Klucel E, Dammar, Tragant und Stärkekleister getestet. Lange bestimmte Weizenstärkekleister als am geeignetsten für seine Anforderungen. Zugleich verwies er darauf, dass dieser feuchteempfindlich ist und zu mikrobiellem Befall neigt. Im Wukro Museum ist keine Klimatisierung möglich und die Schwankungen der relativen Feuchte sind erheblich, zum Teil liegt diese über 70%.

⁷⁴ Atemschutzmasken der Schutzklasse FFP3 filtern 99% der Partikel aus der Atemluft.

⁷⁵ Frdl. mündl. Mitteilung Andreas Ohde, 27.11. 2015.

⁷⁶ High Efficiency-Particulate Airfilter (HEPA) filtern 99,9% lungengängiger Stäube bis zu einer Größe von 0,3 Mikrometer.

⁷⁷ LANGE 1997, 64ff.

Die Temperaturen in der Generatorenhalle bieten ebenfalls optimale Bedingungen für viele Schimmelpilzarten.⁷⁸ Da die Bildung von mikrobiellem Befall also nicht ausgeschlossen werden kann, wird die Festigung mit Stärkekleister nicht in Betracht gezogen.

Einige Bruchstücke des Gewebes konnten ihrer Position am Fragment nicht eindeutig zugeordnet werden. An diesen wurden Festigungsversuche mit Klucel E, 2% in Ethanol gelöst, durchgeführt. Diese waren zufriedenstellend. Die Fasern wurden in ausreichender Form umschlossen und die erzielte Flexibilität des Laminats war überraschend hoch. Die Eindringtiefe zeigte sich als sehr zufriedenstellend, was auf das dafür günstige kapillare System des Gewebes und die Bindemittel - Lösemittelkombination zurückzuführen ist. Klucel® E besitzt mit 7 mPas aufgrund seiner geringen Kettenlänge eine sehr niedrige Viskosität⁷⁹ und das mittlere Eindringvermögen von Ethanol⁸⁰ erwies sich als günstig.

Die Oberflächenstruktur zeigt nach den Festigungsversuchen keine Veränderung, da sich das Festigungsmittel nur um die Fasern herum anreicherte und die Zwischenräume des Gewebes nicht verschlossen wurden. Die Oberfläche blieb relativ matt. Eine leichte Verdunkelung wird als zweitrangig betrachtet und aufgrund der überwiegenden Vorteile toleriert.

Die Versuche zeigten, dass ein mindestens dreimaliger Auftrag bis zur Sättigung, mit dazwischenliegenden Trockenzeiten, notwendig ist, um die Fasern ausreichend zu umschließen. Nach etwa sechsmaligem Auftrag begann sich das Bindemittel in den Zwischenräumen des Gewebes anzulagern und die Oberfläche wurde leicht glänzend. Außerdem bildete sich auf der unter den Probestücken befindlichen Hostaphan® Folie ein zusammenhängender Film. Dies wird als Anzeichen für die Sättigung der Kapillaren mit dem Bindemittel interpretiert. Das Leiterplattenfragment besteht jedoch im Gegensatz zu den Probestücken aus diversen Schichten, wodurch eine Sättigung des Gewebes vermutlich erst nach mehr als sechsmaligem Auftrag erreicht werden kann. Ein möglichst hoher Bindemittelintrag wird angestrebt, um das Abbrechen von Fasern bei mechanischer Belastung weitestgehend zu vermeiden und ein möglichst stabiles Laminat zu erzielen.

⁷⁸ KÜCK et al. 2009, 37.

⁷⁹ HORIE 2010, 209.

⁸⁰ PIETSCH 2005, 63.

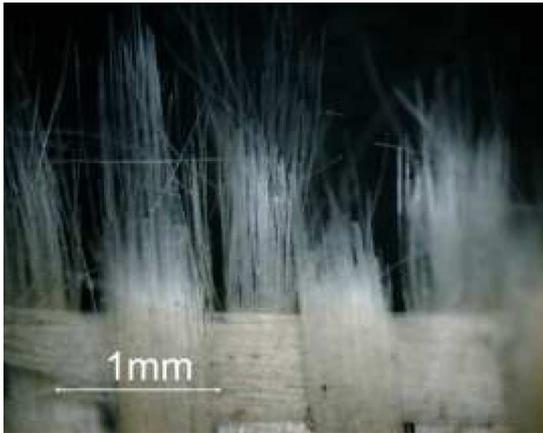


Abb.35: Gewebe vor Reinigung und Festigung

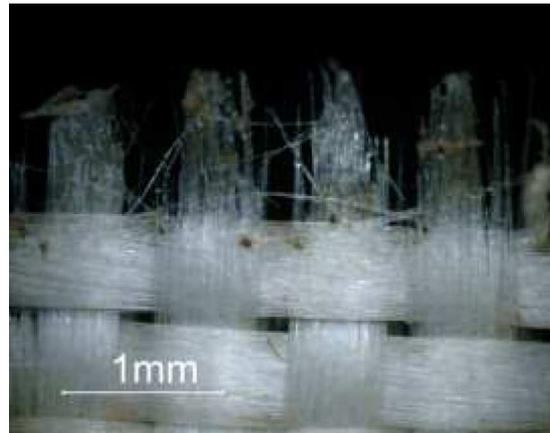


Abb.36: Gewebe nach Reinigung und Festigung, einige Faserenden sind bei der Reinigung abgebrochen

6.6 Ergänzungen

Als Material für die notwendigen Ergänzungen ist ein transparenter Werkstoff am geeignetsten. Somit treten die hinzugefügten Teile nicht in den Vordergrund, sind dennoch präsent und der Einblick auf die Bauteile unter den Ergänzungen ist gegeben. Damit fügen sie sich in das Konzept der Erhaltung ein.

Wechselwirkungen des Ergänzungsmaterials mit dem Objekt müssen ausgeschlossen werden. Sowohl das Polymethylmethacrylat Plexiglas®, als auch das Polycarbonat Makrolon®, erfüllen diese Anforderung. Plexiglas® und Makrolon® sind transparent und weisen beide eine gute Alterungsbeständigkeit auf, wobei Makrolon® durch Absorption von UV Licht vor allem bei Einsatz im Außenbereich im Laufe der Zeit vergilbt. Im Außeneinsatz sollte nur UV-stabilisiertes Polycarbonat verwendet werden.⁸¹ Beide Materialien lassen sich mechanisch gut bearbeiten und sind thermoplastisch umformbar. Das erleichtert das Anpassen der Ergänzungen an den vorhandenen Bestand. Sowohl Plexiglas® als auch Makrolon® sind Spannungsrisisanfällig und sollten nach der Bearbeitung getempert werden.⁸²

Es ist damit zu rechnen, dass die Besucher im Museum die Ergänzungen anfassen. Außerdem lagert sich durch die elektrostatischen Eigenschaften beider Materialien Staub auf der Oberfläche an, der regelmäßig entfernt werden muss. Dadurch wird es unweigerlich zu Kratzern kommen. Plexiglas® ist kratzfester als Makrolon®⁸³ und lässt sich einfacher bearbeiten. Aus diesen Gründen wird Plexiglas® für die Ergänzungen verwendet. Die Materialstärke wurde empirisch auf 1,5 mm festgelegt.

⁸¹ SCHWARZ et al. 2005, 126.

⁸² SCHWARZ et al. 2005, 102, 125.

⁸³ SCHWARZ et al. 2005, 99ff.

6.6.1 Generatorsteuerung

Die geschmolzenen Bereiche der Leichtmetallkästen der Generatorsteuerung müssen geschlossen werden. So kann der Staubeintrag in die darunter befindlichen Bauteile minimiert und die erhaltenen Steuerungselemente vor Diebstahl gesichert werden. Zudem wird die Form der Steuerungskästen wieder wahrnehmbar.

Die Vorgehensweise ist bei beiden Steuerungskästen identisch. Aus Plexiglas werden Streifen zugeschnitten, die der Höhe der Kästen entsprechen. Diese werden anschließend zu einem Kasten verklebt. Die noch vorhandenen Deckel der Sicherungskästen werden ebenfalls durch Plexiglas® Platten ergänzt. Somit ist der Einblick auf die Steuerungselemente gegeben. Die Befestigung erfolgt mittels der vorhandenen Stehbolzen und unter Nutzung der sich im Statorgehäuse befindenden Innengewinde.

Zum Zuschneiden wird das Plexiglas® mit einem Kuttermesser geritzt und anschließend gebrochen. Platten aus Plexiglas lassen sich bis 3 mm Stärke Ritzenbrechen. Dieses Verfahren erzeugt gegenüber spanenden Trennverfahren spannungsarme Bruchflächen und erspart das anschließende Tempern.⁸⁴ Die zugeschnittenen Streifen werden mit einem Heißluftfön auf Umformtemperatur erwärmt und den Konturen des Bestandes weitestgehend angepasst. Die Warmformtemperatur beträgt etwa 130°C.⁸⁵ Da die Temperatur bei dieser Methode nicht genau bestimmt werden kann, muss vor Ort experimentiert und nach dem Verhalten des Materials empirisch gehandelt werden. Nach dem Anpassen der Konturen werden die Streifen auf das den Seitenlängen der Steuerungskästen entsprechende Maß gekürzt und anschließend untereinander verklebt. Als Klebstoff wurde der 1-Komponenten-Polymerisationsklebstoff ACRIFIX® 1 R 0192 des Herstellers EVONIK Industries gewählt. Dieser Klebstoff wurde speziell für Klebungen von transparentem Plexiglas® entwickelt. Er besteht aus einer Lösung eines Acrylharzes in Methacrylsäuremethylester und polymerisiert unter Einfluss von Licht.⁸⁶

⁸⁴ EVONIK Verarbeitungsrichtlinien für Plexiglas®.

⁸⁵ SCHWARZ et al. 2005, 101.

⁸⁶ EVONIK Produktdatenblatt ACRIFIX® 1R 0192.

6.6.2 Zylinderkopfhaube

Auch die fehlende Kopfhaube an Zylinder 4 wird ebenfalls mit einem transparenten Material ergänzt. So kann die darunter befindliche Kipphebelmechanik vor Staub geschützt und der Blick auf die Mechanik erhalten werden. Bei der vorhergehenden Kampagne im März 2015 wurde die Haube an Zylinder 5 demontiert und an die HTW Berlin überführt. An ihr wurden Reinigungs- und Nachformungsversuche unternommen. Durch die komplexe Form ist der manuelle Nachbau aus Halbzeugen ausgeschlossen. Versuche, die Haube abzuformen und in Acrylharz nachzugießen, stellten sich als äußerst schwierig heraus und blieben ohne Erfolg. Die Form des Bauteils legt die Vermutung nahe, dass es im Tiefziehverfahren hergestellt wurde. Durch Tiefziehen werden mittels Stempel und Ziehring in mehreren Stufen einseitig offene Hohlkörper hergestellt. Dieses Umformverfahren ist nur bei großen Stückzahlen wirtschaftlich.⁸⁷ Die Motoren der FL 413 Klasse wurden von Deutz in großen Stückzahlen gebaut.

Auch die thermoplastischen Werkstoffe Plexiglas® und Makrolon® können durch Tiefziehen warm umgeformt werden. Der Studiengang Industrial Design der HTW Berlin besitzt eine Tiefziehmaschine für Thermoplaste. Diese konnte nach Rücksprache mit dem verantwortlichen Laboringenieur zur Abformung der Zylinderkopfhaube genutzt werden.

6.6.3 Weitere Ergänzungen

Die Abdeckhauben der Luftfiltergehäuse, sowie die Verbindungsschläuche zu den Luftansaugrohren fehlen. Durch die Öffnungen der Ansaugrohre ist eine Maus ins Innere gelangt, die dort ihre Spuren hinterlassen hat. Um dies in Zukunft zu verhindern und den Staubeintrag zu unterbinden, müssen die Öffnungen verschlossen werden. Auch die zum Teil geschmolzene Leichtmetallabdeckung an der Westseite des Motors wird aus diesen Gründen ergänzt. Für diese Ergänzungen wird ebenfalls Plexiglas® verwendet. Somit sind die Öffnungen verschlossen und die Maßnahme ist kaum sichtbar.

⁸⁷ HILLE et al. 1990, 24f.

7 Durchführung der Maßnahmen

7.1 Demontage

Alle Anbauteile des Motors wurden demontiert und beschriftet. So konnten die Teile effektiv bearbeitet und der Zugang zu schwer erreichbaren Bereichen des Motors gewährt werden. Vier Schrauben waren durch die Volumenvergrößerung der Korrosionsprodukte im Gewinde so fest, dass sie abgerissen sind. Diese konnten nicht wie geplant mittels Hartlot gefügt werden, da die hierzu benötigten Materialien das Wukro Museum über den Versandweg nicht erreichten. Stattdessen wurden die Schrauben mit Tamponstahl gestiftet und mit dem Epoxidklebstoff UHU® Plus Endfest 300 geklebt. Unter den zur Verfügung stehenden Alternativen war dies die einzige Möglichkeit die Originalschrauben wieder zu montieren.



Abb. 37: Demontierte Teile vor der Montage

7.2 Reinigung

Die Reinigung der Oberflächen wurde wie geplant durchgeführt. In einigen Bereichen hafteten die Auflagerungen so fest, dass sie mit Bürsten nicht in ausreichendem Maße entfernt werden konnten. Hier wurde partiell mit feinem Schleiffließ gearbeitet. Für einige lackierte Bereiche zeigte sich dieses als zu grob, da es feine Kratzer erzeugte. Stattdessen wurde mit dem Peggy Perfect® Mr. Wonder Radierschwamm gereinigt. Dies ist ein offenporiger Melaminharz-Schaumstoff der von der Firma BASF unter dem Namen Basotect® hergestellt wird. Der Radierschwamm wirkt abrasiv, vergleichbar mit sehr feinem Schleifpapier.⁸⁸



Abb. 38: Ostseite, Nachzustand

7.2.1 Tank innen

Die zur Reinigung der Tankinnenräume vorgesehene Rohrreinigungsspirale hat das Museum auf dem Versandweg nicht erreicht. Es musste improvisiert werden. Einige auf dem Gelände gefundene PVC Rohre konnten thermoplastisch bearbeitet und so ein geeignetes Werkzeug hergestellt werden. Die Ablagerungen wurden mit einem Kratzer zur Tanköffnung befördert und entfernt. Anschließend wurde der Boden des Tanks mit Normalbenzin und an das Werkzeug angebrachte Baumwolllappen gereinigt. Die Konservierung konnte nicht durchgeführt werden, da auch das dafür vorgesehene Konservierungsmittel nicht im Museum eingetroffen ist.



Abb. 39: Tank, innen, Nordseite, Nachzustand

⁸⁸ Produktdatenblatt Basotect®.

7.3 Konservierung

20 Volumenteile Wachs wurden unter Wärmezufuhr in Benzin gelöst. Die nach dem Abkühlen entstandene Dispersion wurde mit einem Pinsel vollflächig auf die Objektteile aufgetragen und nach zwei Tagen mittels Naturhaarbürste verdichtet. Die lange Wartezeit zwischen den Arbeitsschritten war notwendig, um sicher zu stellen, dass das Lösemittel vollständig aus dem Wachsfilm verdunstet ist.

Als Lösemittel wurde Normalbenzin von der Tankstelle in Wukro verwendet. Dieses ist ein komplexes Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe. Es enthält unter anderen Alkane, verschiedene Ether, höhere Alkohole, Aromaten und Amine.⁸⁹ Um die Zeit der vollständigen Verdunstung zu ermitteln, wurden einige Tropfen des Benzins auf einen Objektträger gegeben. Erst nach etwa 24 Stunden war es restlos verdunstet. Da das Benzin etwas in die korrodierten Oberflächen eindringt und zudem der Wachsfilm die Verdunstung verzögert, wurden 48 Stunden Trockenzeit vor dem Verdichten der Beschichtung als sinnvoll angesehen.

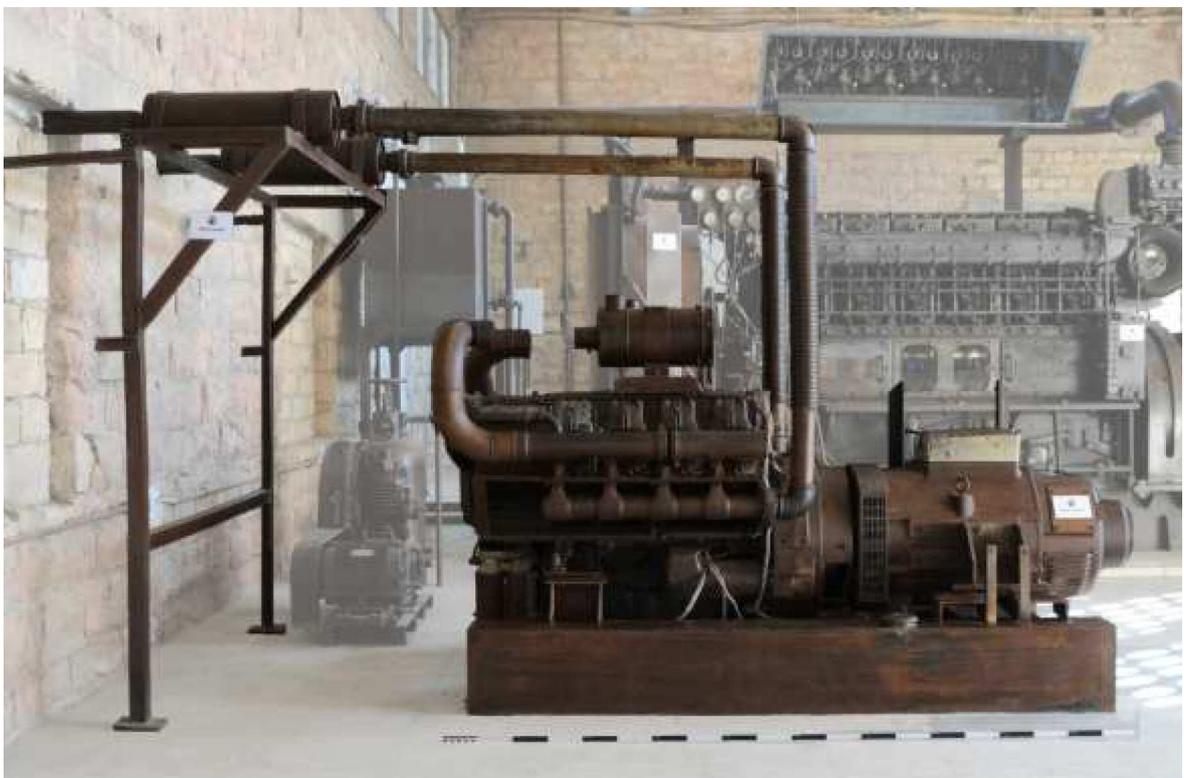


Abb.40: Nordansicht, Nachzustand

⁸⁹ <http://www.chemie.de/lexikon/Benzin.html>, Stand 14.12. 2015 15:43 Uhr.

7.4 Elastomere

Elastomere lassen sich durch die Migration von Inhaltsstoffen an die Oberfläche schlecht kleben. Zudem wird die Klebung durch die hohe Elastizität enorm beansprucht.⁹⁰ Umso wichtiger ist die gründliche Reinigung der Klebestellen. Die Fragmente wurden entnommen und mit Benzin gereinigt. In einem vorhergehenden Lösemitteltest wurde die Beständigkeit des Gummi gegen das verwendete Benzin bestätigt. Es ist davon auszugehen, dass im Motorenbau polare, mineralölbeständige Elastomere verwendet werden.

Die Fragmente wurden so untereinander verklebt, dass zwei Teilstücke mit ungefähren Winkeln von 180° entstanden. Diese wurden um die Stoßstangen gelegt und miteinander verklebt. Es wurde darauf verzichtet, die Teile zu 100% in Position zu bringen, da dadurch Spannungen auftreten und sich negativ auf das gealterte Material auswirken können. Als Klebstoff wurde Lascaux® D 498-M benutzt. Mit diesem wurden auch einige Risse an den Dichtungen stabilisiert. Dafür wurde der Klebstoff mit Wasser verdünnt und mit einem feinen Pinsel in die Risse eingebracht.

Die Sicherung der Reste des Keilriemens, konnte wie unter 6.4. geplant, durchgeführt werden.

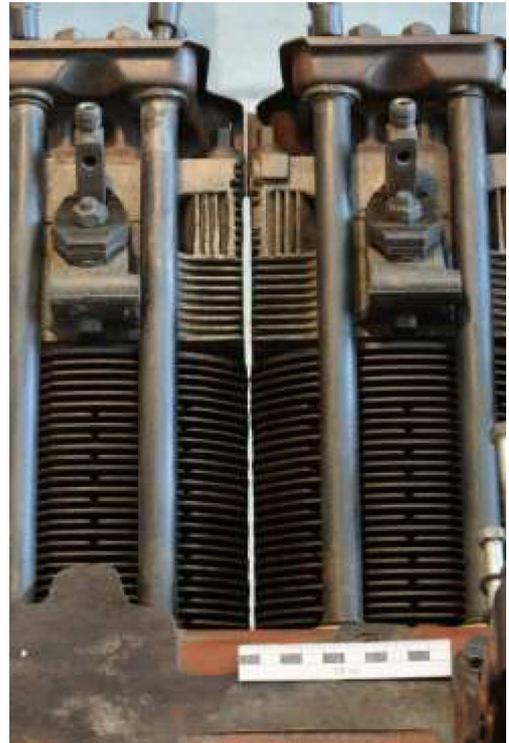


Abb.41: Zylinder, und Stoßstangen mit Dichtungen Nachzustand



Abb.42: Keilriemenreste Nachzustand

⁹⁰ LINKE 2015, 56.

7.5 Ergänzungen

7.5.1 Generatorsteuerung

Die Ergänzungen der Kästen der Generatorsteuerung konnten weitestgehend wie geplant durchgeführt werden. Da der dafür vorgesehene Klebstoff auf dem Versandweg nicht im Wukro Museum angekommen ist, musste alternativ mit dem Epoxidharzklebstoff UHU® Endfest 300 geklebt werden. Auch die Plexiglas® Abdeckplatte für die obere Generatorsteuerung hat das Museum nicht erreicht. So musste hier die vorhandene Blechplatte wieder montiert werden.

Das gefestigte Leiterplattenfragment wurde in der Ergänzung des unteren Steuerkastens montiert. Für die Montage konnten die vorhandenen Stehbolzen genutzt werden. Hierbei musste der untere Stehbolzen um 7 mm verlängert werden, da dieser bei der Demontage abgerissen war. Dazu wurde ein verzinkter M6 Bolzen auf Maß geschnitten und mittels UHU® Endfest 300 mit dem Stehbolzen verklebt. Zudem wurden beide Elemente mit Tamponstahl gestiftet. Da keine Muttern aus dem Originalbestand vorhanden waren, fanden verzinkte M6 Muttern Verwendung. Auf eine farbliche Angleichung wurde verzichtet. Die hinzugefügten Muttern unterscheiden sich deutlich vom Originalbestand.



Abb.43: Ergänzung der unteren Generatorsteuerung mit Leiterplattenfragment

Die vorhandenen Stehbolzen der oberen Generatorsteuerung konnten für die Befestigung der Ergänzung nicht genutzt werden. Diese sind zu stark verformt. Eine Rückformung war mit den vor Ort gegebenen Möglichkeiten nicht durchführbar. In den örtlich ansässigen Baufachgeschäften konnten nach langwieriger Suche drei verzinkte 70 mm M 10 Bolzen erworben werden. Aus diesen wurden durch Stiftung mit Tamponstahl und Klebung mit UHU® Endfest 300 zwei Stehbolzen hergestellt. Diese wurden in die am Generator vorhandenen Gewinde eingeschraubt und die Ergänzung montiert. Die zur Steuerung gehörenden erhaltenen Elemente wie Widerstände und Kondensatoren konnten aus Zeitgründen nicht bearbeitet werden. Diese wurden beschriftet und verpackt und in das der Generatorenhalle gegenübergelegene Magazin verbracht.



Abb.44: Obere Generatorsteuerung, Nachzustand

7.5.2 Zylinderkopphaube

Nach der Reinigung und der Konservierung der nach Berlin mitgebrachten Zylinderkopphaube mit mikrokristallinem Wachs, wurde diese in den unteren Bereich der Tiefziehmaschine eingelegt. Eine Plexiglas® Platte wurde eingespannt und mittels der integrierten Infrarotstrahler auf Umformtemperatur erwärmt. Diese liegt bei etwa 130°C. Nachdem das Material erweicht war, wurde die Zylinderkopphaube durch eine Mechanik von unten hineingedrückt. Durch Unterdruck wurde schließlich das Werkstück an die Form angesaugt. Die so entstandene Abformung ist um eine Materialstärke, also 1,5 mm größer als die Zylinderkopphaube. Diese Tatsache wird als nebensächlich betrachtet. In den engen Radien der Abformung kam es aufgrund von Feuchte im Material zu Blasenbildung⁹¹, welche die Transparenz erheblich einschränkte.

Versuche mit Makrolon® ergaben eine geringere Blasenbildung. Die Abformgenauigkeit war etwas geringer. Das ist auf Ringstrukturen im Kettenverband zurückzuführen, die die Beweglichkeit der Makromoleküle einschränken.⁹²

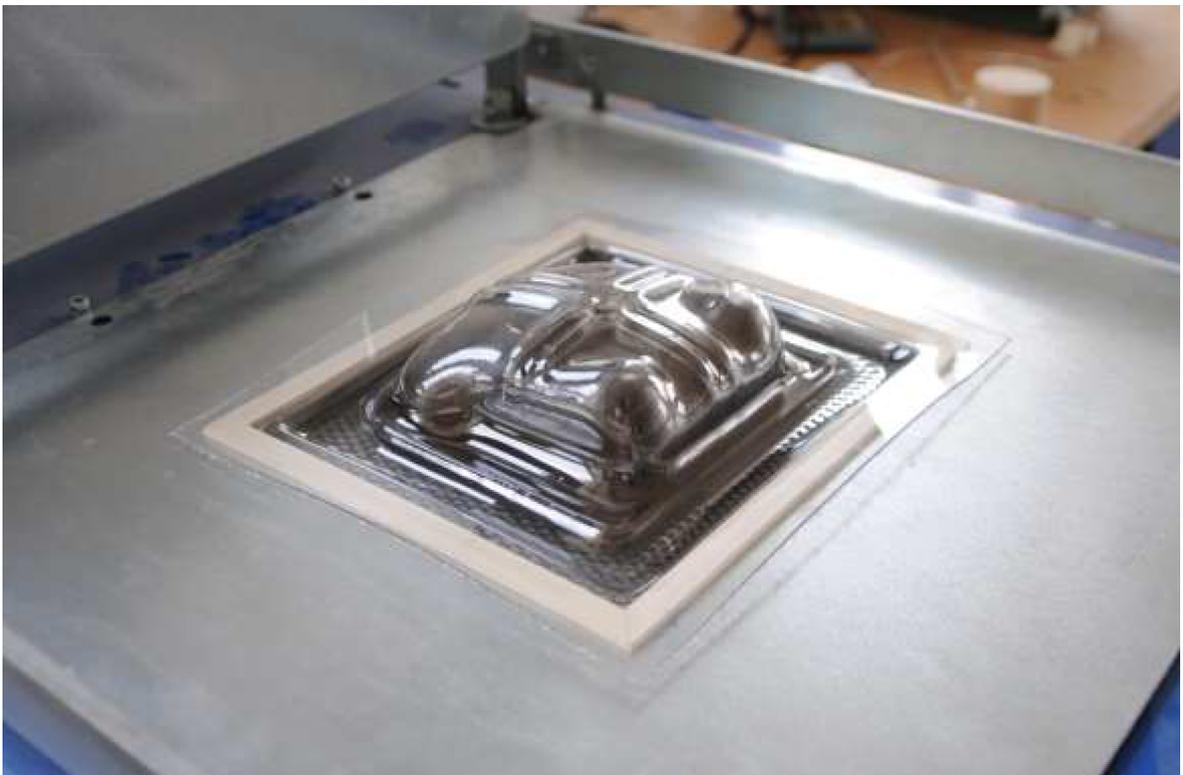


Abb.45: Zylinderkopphaube und Abformung in der Tiefziehmaschine

⁹¹ EVONIK Umformen von Plexiglas®.

⁹² SCHWARZ et al. 2005, 124.

Um Blasenbildung zu vermeiden, empfehlen die Hersteller beider Produkte, die Platten vor dem Warmumformen in einem Umluftofen zu trocknen. Die empfohlenen Trocknungstemperaturen liegen etwa 30 °C unter den Glasübergangstemperaturen.⁹³ Zum Trocknen wurden jeweils 4 Platten in einen handelsüblichen elektrischen Backofen mit Umluftfunktion verbracht und dort 3 Stunden getrocknet. Der Temperaturverlauf wurde mittels Laborthermometer überwacht. Die so getrockneten Platten wurden wie unter 6.7.2 beschrieben zur Abformung verwendet. Bei Plexiglas® kam es abermals zu Blasenbildung, zwar etwas schwächer ausgeprägt, jedoch ausreichend um die Transparenz zu beeinflussen. Die Abformungen mit Makrolon® zeigten dagegen kaum Blasenbildung. Das beste Bauteil wurde bei 110°C getempert⁹⁴ und als Ergänzung montiert.

7.5.3 Weitere Ergänzungen

Zum Verschließen der größeren Öffnungen am Motor wurden Ronden mittels Laubsäge ausgesägt. Die Durchmesser waren etwa 0,5 mm größer als die jeweilige Öffnung gewählt worden. Mit feinem Schleifpapier, Körnung 240, werden nun die Ronden angepasst bis sie formschlüssig in die Öffnungen passen. Bei dem Verschließen der zum Teil geschmolzenen Abdeckung auf der Westseite des Motors konnte ein vorhandenes Schraubloch zur Befestigung der Plexiglas® Abdeckung genutzt werden.

Die Füllstandanzeige an der Westseite des Tanks wurde mit einem Plexiglas® Rohr ergänzt. Das ursprünglich vorgesehene Rohr hat das Wukro Museum auf dem Versandweg nicht erreicht. Stattdessen wurde als Kompromiss ein Rohr geringeren Durchmessers, welches bei den Arbeiten am Hauptgenerator übrig blieb, montiert.



Abb.46: geschmolzene Abdeckung mit Ergänzung



Abb.47: ergänzte Füllstandanzeige

⁹³ Die Angaben wurden den Materialdatenblättern der Hersteller entnommen.

⁹⁴ SCHWARZ et al. 2005, 125.

Der fehlende Tankdeckel auf der Südseite wurde durch eine Plexiglas® Scheibe ergänzt. An diese wurden mit UHU® Endfest 300 zwei im rechten Winkel gebogene Plexiglas® Streifen angeklebt. Somit konnte die Scheibe durch Drehen arretiert werden.



Abb.48: ergänzter Tankdeckel

7.5.4 Kabelisolierungen

Die fehlenden Kabelisolierungen wurden durch transparente Schrumpfschläuche ergänzt. Diese bestehen aus einer Mischung von Polyolefinen. Sie finden in Handwerk und Industrie bei der Ummantelung von Kabeln Anwendung.

Die am Objekt befindlichen Kupferkabel wurden demontiert und mit Kunststoffbürsten gereinigt. Anschließend wurden die Drähte durch vorsichtiges Verdrehen in etwa in die ursprüngliche Form gebracht. Die Schrumpfschläuche wurden abgelängt, aufgeschoben und mittels Heißluftfön erwärmt, bis das Schrumpfmaß erreicht wurde. Die Kabel sind vor Staub und Feuchtigkeit geschützt und es ergibt sich ein geordnetes Gesamtbild. Die Ergänzungen sind als solche zu erkennen und stehen mit den Plexiglas® Ergänzungen im Einklang.



Abb.49: Anlasser mit Kabeln, Vorzustand



Abb.50: Anlasser mit Kabeln, Nachzustand

8 Schlussbetrachtung/Ausblick

In dieser Arbeit wurden unter Berücksichtigung restaurierungsethischer und konservatorischer Aspekte Maßnahmen zum Erhalt des Dieselmotors im Museumskontext evaluiert und deren Durchführung dargelegt.

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten war eine intensive Planung vor der Reise notwendig. Alle benötigten Materialien und Werkzeuge mussten aus Deutschland mitgebracht werden. Da die Gepäckmenge limitiert war, musste sich auf das notwendigste beschränkt werden. Einige Materialien wurden über den Versandweg nach Wukro verschickt. Zwei von drei Paketen haben das Museum erst einen Tag nach der Abreise erreicht. Das dritte ist gar nicht angekommen. So musste mit den gegebenen Möglichkeiten zum Teil improvisiert werden. Trotz der Probleme konnten fast alle Maßnahmen wie geplant durchgeführt werden. Die Motorabdeckung sollte durch eine Plexiglas® Scheibe ersetzt werden. Damit sollte der Einblick in den Motorraum ermöglicht werden. Dies und die Abdeckung der großen Öffnungen der Luftfiltergehäuse konnte nicht durchgeführt werden. Die dafür vorhergesehenen Materialien befinden sich im Magazin gegenüber der Generatorenhalle.

Einen Tag nach der Beendigung der Arbeiten am Objekt wurde der Fußboden in der Generatorenhalle gewischt. Dabei wurde der Tank im unteren Bereich verschmutzt. Hier wird deutlich, dass die durchgeführten Restaurierungsmaßnahmen zum langfristigen Erhalt der Objekte nicht genügen. Die Mitarbeiter des Museums müssen sensibilisiert und geschult werden.



Abb. 51: Wischspuren auf dem Tank nach der Fußbodenreinigung

Nur durch eine angemessene Pflege der Objekte kann der restaurierte Zustand möglichst lange beibehalten und weitere, teure Maßnahmen vermieden werden. Die Reinigung des Gebäudes und das regelmäßige Entfernen loser Staubschichten von den Objekten stellen wichtige präventive Maßnahmen dar, die von geschulten Mitarbeitern sachgemäß ausgeführt werden können. Zur Prävention gehört ebenso, so banal es auch klingen mag, die Türen geschlossen zu halten um den Staubeintrag zu minimieren. Dies war, soweit während der Arbeiten im Museum beobachtet werden konnte, leider nicht selbstverständlich für die Mitarbeiter. Hier besteht noch Verbesserungsbedarf.

9 Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
m	Meter
km	Kilometer
°C	Grad Celsius
Ps	Pferdestärken
OHV	Over Head Valve
AG	Aktiengesellschaft
Ca.	Zirka
z.B.	Zum Beispiel
Bzw.	beziehungsweise
ETB	Äthiopische Birr
DM	Deutsche Mark
\$	Dollar
GFMÄ	Gesellschaft zur Förderung von Museen in Äthiopien
CTA	Culture and Tourism Agency
<i>EELPA</i>	Ethiopian Electric Light Power Authority

Abbildungsverzeichnis

Abb.-Nr.	Titel	Autor/Quelle	Seite	Bildnummer
1	Wukro Museum	Ronny Jaßmann	9	15062_001
2	Dieselmotor, Nordseite, Vorzustand, die Abgasrohre sind demontiert	Ronny Jaßmann	13	15062_002
3	Dieselmotor, Westseite, Vorzustand	Ronny Jaßmann	14	15062_003
4	Dieselmotor, Südseite, Nachzustand	Ronny Jaßmann	15	15062_004
5	Schematischer Aufbau eines Dieselmotors	BRAUN; KOLB 2008, 239.	16	15062_005
6	Teilschnittzeichnung, Deutz F8L413	Bedienungsanleitung, Deutz F8L413, 2.	18	15062_006
7	Schematischer Aufbau einer vierpoligen Schenkelpolmaschine	https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Generator#/media/File:Generator.png	19	15062_007
8	Explosionszeichnung eines bauartähnlichen Schenkelpolgenerators der Firma Mecc Alte	http://support.meccalte.com/actions/search.php?s=1&target=step_by_step&categoria=4%20POLE&sottocategoria=Three-phase%20-%20Brushless%20-%20Electronic%20regulation&famiglia=ECO28N/4&modello=ECO28-VL/4&__utma=78523784.1424412721.1448739691.1448739691.1448739691.1&__utmc=78523784&__utmz=78523784.1448739691.1.1.utmcsr=meccalte.de utmccn=%28referral%29 utmcmd=referral utmctt=/index.ht	20	15062_008

		ml&PHPSESSID=f173ec799e5854334972d9d5f08e0f8b&__utmb=268505203.26.10.1448748010&__utmt=1&i18n=DE#spare-part		
9	Gesamtanlage im Generatorenhaus nach der Restaurierung und Konservierung	Anja Groß	21	15062_009
10	Fehlende Füllstandanzeige, Westseite	Laura Klein	22	15062_010
11	Tank, innen, Nordseite, Vorzustand	Ronny Jaßmann	22	15062_011
12	Weißer Spritzer auf dem Statorgehäuse	Ronny Jaßmann	23	15062_012
13	Westlicher Teil des Generators mit kleinem Gehäuse und geschmolzenem Kasten der Generatorsteuerung	Ronny Jaßmann	24	15062_013
14	Leiterplattenfragment, Vorzustand	Unbekannt, 2011	24	15062_014
15	Nördliche Generatorhalterung	Laura Klein	24	15062_015
16	Geschmolzenes Lüfterrad im Generator	Ronny Jaßmann	24	15062_016
17	Gesamtansicht Südseite, Vorzustand	Laura Klein	25	15062_017
18	Ölige Auflagerungen auf Motorblock und Ölwanne	Laura Klein	25	15062_018
19	Nordseite, oberer Teil des Motors, Vorzustand	Ronny Jaßmann	26	15062_019
20	Zylinder und Stoßstangen, Vorzustand	Laura Klein	27	15062_020
21	Blick in den Motorraum auf Zylinder und	Ronny Jaßmann	27	15062_021

	Kraftstoffpumpe			
22	Motor, Ostseite, Vorzustand	Laura Klein	28	15062_022
23	Riemenscheibe mit Resten des verbrannten Keilriemens	Laura Klein	28	15062_023
24	Probe 1; Lack Tank West, unten links	Ronny Jaßmann	29	15062_024
25	Probe 2; Lack Tank West, oben links	Ronny Jaßmann	29	15062_025
26	Probe 3, Lack Motor Ost	Ronny Jaßmann	29	15062_026
27	Probe 4, Lack Ölkühler	Ronny Jaßmann	29	15062_027
28	Glasfasern	Ronny Jaßmann	30	15062_028
29	Fasern, Leiterplattenfragment	Ronny Jaßmann	30	15062_029
30	Temperaturverlauf in der Generatorenhalle vom 10.08. bis 24.10. 2015	Ronny Jaßmann	31	15062_030
31	Verlauf der relativen Feuchte vom 10.08. bis 24.10. 2015	Ronny Jaßmann	32	15062_031
32	Verkaufszahlen der Deutz-AG 1872-1883	TODE et al. 2014, 37.	34	15062_032
33	Dichtung einer Stoßstange	Ronny Jaßmann	43	15062_033
34	Leiterplattenfragment, Vorzustand	Ronny Jaßmann	44	15062_034
35	Gewebe vor Reinigung und Festigung	Ronny Jaßmann	46	15062_035
36	Gewebe Nach Reinigung und Festigung, einige Faserenden sind bei der Reinigung abgebrochen	Ronny Jaßmann	46	15062_036
37	Demontierte Teile vor der Montage	Ronny Jaßmann	49	15062_037

38	Ostseite, Nachzustand	Ronny Jaßmann	50	15062_038
39	Tank, innen, Nordseite, Nachzustand	Ronny Jaßmann	50	15062_039
40	Nordansicht, Nachzustand	Ronny Jaßmann	51	15062_040
41	Zylinder, und Stoßstangen mit Dichtungen Nachzustand	Ronny Jaßmann	52	15062_041
42	Keilriemenreste Nachzustand	Ronny Jaßmann	52	15062_042
43	Ergänzung der unteren Generatorsteuerung mit Leiterplattenfragment	Ronny Jaßmann	53	15062_043
44	Obere Generatorsteuerung, Nachzustand	Ronny Jaßmann	54	15062_044
45	Zylinderkopfhaube und Abformung in der Tiefziehmaschine	Ronny Jaßmann	55	15062_045
46	Geschmolzene Abdeckung mit Ergänzung	Ronny Jaßmann	56	15062_046
47	Ergänzte Füllstandanzeige	Ronny Jaßmann	56	15062_047
48	Ergänzter Tankdeckel	Ronny Jaßmann	57	15062_048
49	Anlasser mit Kabeln, Vorzustand	Ronny Jaßmann	57	15062_049
50	Anlasser mit Kabeln, Nachzustand	Ronny Jaßmann	57	15062_050
51	Wischspuren auf dem Tank nach der Fußbodenreinigung	Ronny Jaßmann	58	15062_051
52	Abgassammelrohr, Vorzustand	Laura Klein	Auf CD	15062_052
53	Abgassammelrohr, Nachzustand	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_053
54	Abgassammelrohr Detail, Vorzustand	Laura Klein	Auf CD	15062_054

55	Abgassammelrohr Nachzustand	Detail,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_055
56	Ansaugsammelrohr, Vorzustand		Laura Klein	Auf CD	15062_056
57	Ansaugsammelrohr, Nachzustand		Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_057
58	Ansaugsammelrohr Vorzustand	2,	Laura Klein	Auf CD	15062_058
59	Ansaugsammelrohr Nachzustand	2,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_059
60	Ansaugsammelrohr 2 Vorzustand	Detail,	Laura Klein	Auf CD	15062_060
61	Ansaugsammelrohr 2 Nachzustand	detail,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_061
62	Anlasser Vorzustand	montiert,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_062
63	Anlasser Nachzustand	montiert,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_063
64	Draufsicht Vorzustand	gesamt,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_064
65	Draufsicht Nachzustand	gesamt,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_065
66	Kraftstoffpumpe, Vorzustand		Laura Klein	Auf CD	15062_066
67	Kraftstoffpumpe, Nachzustand		Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_067
68	Kraftstoffpumpe, Vorzustand	Detail,	Laura Klein	Auf CD	15062_068
69	Kraftstoffpumpe, Nachzustand	Detail,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_069
70	Kühlgebläsegehäuse, Vorzustand		Laura Klein	Auf CD	15062_070
71	Kühlgebläsegehäuse, Nachzustand		Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_071
72	Kraftstoffleitungen, Vorzustand		Laura Klein	Auf CD	15062_072
73	Kraftstoffleitungen, Nachzustand		Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_073
74	Luftleitblech, Vorzustand		Laura Klein	Auf CD	15062_074
75	Luftleitblech, Nachzustand		Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_075
76	Luftleitblech 2, Vorzustand		Laura Klein	Auf CD	15062_076
77	Luftleitblech 2, Nachzustand		Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_077
78	Typenschild, Nachzustand	Motor,	Ronny Jaßmann	Auf CD	15062_078

Verwendete Materialien

Bezeichnung	Artikelnummer	Bezugsquelle
Normalbenzin		Tankstelle Wukro
Cosmoloid H 80	62800	Kremer Pigmente Hauptstr. 41-17 D-88317 Aichstetten
Ethanol, vergällt		Apotheke Wukro
UHU® Endfest 300		Bauhaus Berlin Alboinstraße 18, 12103 Berlin
Plexiglas®		BS Kunststoffe Berlin
Makrolon®		BS Kunststoffe Berlin
Schrumpfschlauch transparent		Aus dem Bestand von Dietmar Linke
Lacaux® D 498-M	81010	Kremer Pigmente Hauptstr. 41-17 D-88317 Aichstetten
Klucel E	63700	Kremer Pigmente Hauptstr. 41-17 D-88317 Aichstetten

Literaturverzeichnis:

Desalegn 2014: Belay Desalegn, The Role of the Generator for the Modernization of Wukro, Wukro 2014 – Kopie siehe Anhang.

Braun; Kaiser; 1997: Hans-Joachim Braun; Walter Kaiser; Propyläen Technik Geschichte - Energiewirtschaft Automatisierung Information seit 1914; Berlin 1997

BRAUN; KOLB 2008: Heribert Braun; Günter Kolb, LKW ein Lehrbuch und Nachschlagewerk, Saarwellingen, 2008.

Charta von Venedig 1964: Internationale Charta über die Konservierung und Restaurierung von Denkmälern und Ensembles, in: ICOMOS – Hefte des Deutschen Nationalkomitees X, S. 45-49, München 1992.

EHRENSTEIN et al. 2007: Gottfried W. Ehrenstein; Sonja Pongratz, Beständigkeit von Kunststoffen, Band 1, München 2007.

GIERSCH et al. : Hans-Ulrich Giersch, Hans Harthus, Norbert Vogelsang, Elektrische Maschinen, Wiesbaden 2003.

HILLE et al. 1990: Helmut Hille; Manfred Lauenstein, Technik und Produktion in Übersichten, Berlin 1990.

HORIE 2010: Velson Horie, Materials for Conservation, New York, 2010.

HOSEMANN; BOECK 1991: Gerhard Hosemann; Wolfram Boeck, Grundlagen der elektrischen Enegietechnik, Berlin 1991.

JÄGERS 2006: Elisabeth Jägers, Oberflächenreinigung, - Eine systematische Annäherung, in VDR Schriftenreihe 2- Beiträge der Tagung „Oberflächenreinigung -Material und Methoden“, Düsseldorf 29. September-04. Oktober 2003, Stuttgart 2006.

KILIAN 2007: Ralf Kilian, Umgang mit Klimadaten im Vergleich zwischen Museen und Denkmalpflege, in Preventive Conservation – Beiträge des Workshops „Preventive Conservation“ am 1. März 2007 an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, München, 2001.

KOESLING 1999: Volker Koesling, Von Feuerstein zum Bakelit, AdR – Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik Band 5/6.

KÜCK et al. 2009: Ulrich Kück; Minou Nowrousian; Birgit Hoff; Ines Engh, Schimmelpilze – Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung, Berlin 2009.

Lange 1997: Thorsten Lange; Die Restaurierung einer "Kinobox B" unter besonderer Berücksichtigung der vorliegenden Asbestproblematik; unveröff. Diplomarbeit der FHTW Berlin; Berlin 1997.

LINKE 2015: Dietmar Linke; Kleben von Elastomeren und Kunststoffen; in Klebstoffe in der Restaurierung - Materialien aus dem LWL-Museumsamt für Westfalen; Band 9; Münster 2015.

MATTEINI et al. 1990: Mauro Matteini; Arcangelo Moels, Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden in der Restaurierung, München, 1991.

MÜLLER 1985: Gernar Müller, Elektrische Maschinen- Grundlagen, Aufbau und Wirkungsweise, Berlin 1985.

NAGDI 2002: Khairi Nagdi, Gummi-Werkstoffe, Ein Ratgeber für Anwender, Rathingen, 2002.

NOACK 2003: Friedhelm Noack, Einführung in die elektrische Energietechnik, München 2003.

OSWALD 1993: Werner Oswald, Lastwagen Lieferwagen Transporter 1945-1988, Stuttgart 1993.

PIETSCH 2002: Annik Pietsch, Lösemittel. Ein Leitfaden für die restauratorische Praxis, VDR-Schriftenreihe zur Restaurierung Band 7, Stuttgart, 2002.

PORTSTEFFEN 2006: Hans Portsteffen, Oberflächenreinigung – eine Einführung, in VDR Schriftenreihe zur Restaurierung Band 2 – Beiträge der Tagung „Oberflächenreinigung - Material und Methoden“, Düsseldorf 29. September-04. Oktober 2003, Stuttgart 2006.

SCHÖNBURG 2006: Kurt Schönburg, Historische Beschichtungstechniken, Berlin 2006.

SCHRAMM; HERING 2000: Hans Peter Schramm; Bernd Hering, Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung, Reprint, Stuttgart, 2000.

STERMSCHLAG 2013: Martina Griesser-Stermschlag, in Handbuch der Oberflächenreinigung, 3. Auflage, München 2013.

SCHWARZ et al. 2005: Otto Schwarz; Friedrich-Wolfhard Ebeling; Harald Huberth; Harald Schirber; Norbert Schlör, Kunststoffkunde, 8. Auflage, Würzburg, 2005.

TODE et al. 2014: Sven Tode; Marco Hölscher; Beate John, Innovation Motor. Vier Takte bewegen die Welt., Köln 2014.

ULLMANN 1953: Ullmans Enzyklopädie der technischen Chemie, München, 1953.

Quellenverzeichnis

EVONIK Produktdatenblatt ACRIFIX® 1R 0192: Als PDF Download verfügbar, <http://www.acrifix.com/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/ACRIFIX/de/391-20-ACRIFIX-1R-0192-de.pdf>, Stand 23.07. 2015 12:54 Uhr.

EVONIK Verarbeitungsrichtlinien für Plexiglas®: Als PDF Download verfügbar, https://roehmschweiz.ch/fileadmin/Roehm/PDF_Plexiglas/311-1_Bearbeiten_von_PLEXIGLAS_de.pdf, Stand 30.06.2015 08:39 Uhr.

EVONIK Umformen von Plexiglas®: als PDF Download verfügbar, https://roehmschweiz.ch/fileadmin/Roehm/PDF_Plexiglas/311-2_Umformen_von_PLEXIGLAS_de.pdf, Stand 12.12. 2015 19:33 Uhr.

Museumskonzept GFMAE: http://www.museums-in-ethiopia.org/de-society-reports_files/GFMAE_Konzept.pdf, Stand 05.12.2015 18:35 Uhr.

Produktdatenblatt Basotec®:
16.<http://productfinder.basf.com/group/corporate/product-finder/de/literature-document:/Marke+Basotect-Brosch%C3%BCre-Europa-Deutsch.pdf>, Stand 15.12. 2015 01:31 Uhr.

10 Anhang

Interviewreihe zur Geschichte der Stromversorgung in Wukro

returned back after 40 years in the 1930s. Hence, the road from Wuqro to Mäqällä became functional as part of the Asmara-Addis-Ababa.²⁸ Though, their intention was for facilitating their colonial adventure in the horn of Africa, that laid down the foundation for the future road network of the region in particular and the country in general. However, there was shortage of service giving cars and drivers for much of the periods even in the post-Italy period. In the later periods of the emperor however, both types of cars public transport and Lorries were available. For example: Ford, Lon chino, Hajji *Abdo*, *Wällo Färäs*, *'Agonafir*, *Setayo* and *Təgrəto* were some of the type of cars visible in the town. The transport cost from Wuqro to 'Agula'ə and Mäqällä was 0.25 and 0.75 cents respectively in the 1960s. Besides, there was one Bus that gave public service owned and driven by *Aytä Wäldäsäläsé Mäläs* and *Aytä Kābādä Şāgay* respectively. As supplementary to the main road, the gravel road from Wuqro to Aşbi and to Mäqällä through Mäsäbo (because formerly the road was from Mai-Mäkdän through Quaha to Mäqällä) was constructed by the governor general of Təgray and the architect *Ras Səyoum Māngäşa* where the people have great honor towards him and district governors *Fitawrari Mu'az* and *Däjjach Kassa*.²⁹ The Wuqro-Aşbi road was constructed with a total cost of 100,000 birr collected from the people of Aşbi (50,000 birr), Şa'ada Emba (25,000 birr and Şara'ə (25,000 birr) in 1966.³⁰ Even his attempt to connect the town with Şikät (in Afar) remained successful. The rest radial roads that connects Wuqro with the neighboring villages of Awula'əlo were constructed by the existing regime. That created a strategic advantage for Wuqro to become a center of commerce, politics and administration. Today, Wuqro is a seat of a number of governmental and non-governmental organizations, hotels ranging from high quality to middle ones, internet access and a center of radial roads diverging to neighboring *wärädas* and villages surrounded by the mountain chains of Aşbi and Gäräalta. Generally, it is a town where everyone is deserved to see.³¹

4. The Role of the Generator as Part of the modernization of Wuqro

In the history of Wuqro town, the first electric light was introduced by a privately owned generator of Aytä Bərhanä Bärhé. But the generator's capacity to produce sufficient amount of power was limited. Hence, it only provides light for not more than 30 houses and for short periods.³² Houses, only beyond Wäyzäro Almaz had an access to light. For one thing the power provided by the generator was insufficient, for another thing, as half cast of Awula'əlo and Agamé, Bərhanə favored the people of Agamé instead, for a third reason there was unhealthy competition between Bərhanä and Gərazmach

²⁸ Interview with: Qabatu Mäzğäbä, Bərhanä Gəbräyäsus, Dämoz Səyoum and Bälay Bärhé, Wuqro, 20/07/2014.

²⁹ Interview with: Gəbräegziabher Gəzahāgn, Gəbräşadiq Gəbru and Tadəl Woräs, Wuqro, 18/07/2014.

³⁰ Interview with: Tadəl Yigzaw, Gəbräegziabher Gəzahāgn and Dästa Däbäs, Wuqro, 23/07/2014.

³¹ Discover Tigray: The Open Air Museum. The Bulletin of Tigray Tourism Agency, Mekelle, 2012. P. 27.

³² Interview with: Bərhanä Bärhé, Gəbräşadiq Gəbru, Qabatu Mäzğäbä and Dämoz Səyoum, Wuqro, 19/07/2014.

Haläfom, for a forth reason, even though, Haläfom invested in all parts of Təgray, he has a stand of paying tribute to his home town, Wuqəro under a motto “ግብር ለገገሬ” which literary means “tax for my home town”.³³ Having understood this fact, the governor general of Təgray, Ras Səyoum Māngāsha, gave chance of selling electric light to Gərazmach Haläfom Dästa in 1965. His generator was planted in 01 *qäbälé* in the compound of Wäyzäro Məhrät Kahsay around the old Mosque.³⁴ The generator gave service for the community for about 10 years (1965-1976) with a payment of 1.50 birr per a single electric bulb.³⁵ The generator has a potential of generating 120 kilo watt electric power. The residents described that event in their own words as follows:

“ግለጭ ደስታ ይገብካ እንጂራ “Oh! Gərazmach Haläfom may God gave you wealth
 ወዮ አድና ጌይሩዋ አስግራ” For you made our town like that of Asmara³⁶

This implies, Asmara has better electric supply than Wuqəro before that event as explained by many of my informants.

However, the generator was not able to give full service for the whole residents of the town still related to the expansion and increment of the population. That brought another assignment up on the inhabitants and local elders of the town to look for another and sustainable alternative. Since they realized the benefits of electric light, the community began to discuss the issue of buying another source of energy.

The third and the largest of all generators before the town received power from a hydro electric appeared in the year's between 1977-1981. In 1977 the communities organized two committees, one fund raising and purchasing committee and the other construction committee. The members of purchasing committee were: Tadäl Woräs, Ḥaylu Worqu Edu, Mohammed Abdäla, Hussein Bello, Abdurrahman Ahmäd, Tafäsä Täsfay, Həluf Abay and Amdämaryam Zäray. A minimum of four telethons were organized by this body. Whereas the members of construction committee include: Dästa Aräfayné, Tadäl Woräs, Dästa Kiro and Tadäl Yigzaw. Among them, Tadäl Woräs was the chairman of the fundraising group. The purchasing committee however was chaired by Ḥaylu Worqu Edu. The next step was collecting the fund through different means. From these means: increasing the price of sugar to be consumed by the residents of the town, direct contribution of the inhabitants of the

³³ Interview with: Dästa Aräfayné, Alämayähu Aräfayné, Bälay Bärhé and Tadäl Woräs, Wuqəro, 25/07/2014.

³⁴ Interview with: Bälay Bärhé, Tadäl Yigzaw and Takubät Räda, Wuqəro, 24/07/2014.

³⁵ Interview with: Tadäl Yigzaw, Gäbräşadiq Gäbru, Qabat u Mäzğäbbä, Dämoz Səyoum, Dästa Aräfayné and Tadäl Woräs, Wuqəro, 23/07/2014.

³⁶ Interview with: Tadäl Yigzaw, Takubät Räda, Täsfay Arägäl and Arägawi Bärhé, Wuqəro, 20/07/2014.

four provinces (Wuqaro, Aşbi, Şa'əda İmba and Şəra'ə) which made the Kəltä-Awula'əlo district were the important ones.³⁷

For the year's between 1977-1981, the committee gathered more than 400,000 birr. Side by side with collecting many, they selected the site and laid down the foundation of the house for which the generator has to be seated in 1978.³⁸ The place where the generator resides is called *Afa Şäbib* literary means 'narrow mouth' (part of a village named Gəra-Ḥuşa).³⁹ It is called *Afa Şäbib* because the water from the nearby highland areas gathered and passed through it since the physical feature is lower in elevation. Today the flow of the water is diverted to pass through the left flank and direction of the agricultural college. The idea of having better electric power was supported by the periodic district and regional governors, Tädäsä Bəwəle and Şäläqä Täfära respectively. Now everything including the money and the building became available, thus the committee gave full responsibility for Ethiopian Electric Light and Power Authority (EELPA) to buy and transport the generator. Without any external support, a new engine was bought with 300,000 birr from Japan though there was rumor for being delayed for two years.⁴⁰ Concerning the delay a clarification was given by the regional governor, Şäläqä Täfära. He made clear for the committee that buying a generator from abroad directly was impossible. That can only be possible after selling coffee and exporting and getting foreign exchange (dollar). The foreign currency would be used to buy any item from outside. All of the informants insisted that, the total cost meaning price of the generator, the building of the house, cost of transport and transformer works was about 900,000 birr. Probably, the generator was the second largest next to Harir from those found in Ethiopia. With a technical staff of Tädäl Yigzaw (experienced former motorist, working with Gərazmach Haläfom), Aytä Gidäy, Aytä Täsfamaryam (Eritrean born experienced technician), Gäbrähiwot Gäbrämädhən, 'Arägai Bärhə and Dästa Aräfaynə the generator became operational in the month of May 1981.⁴¹ They were also supported by two technicians who came from the center named; Söläşi and 'Alämsägäd. In this context, the local technicians got instructions about how to operate the engine orally. There was no manual or handbook prepared to give training for the technicians. Initially, the task of maintenance was authorized to Aytä Täsfamaryam. Later, it was given to Haläqä Tädäl Yigzaw (served since the engine was burnt) and

³⁷ Interview with: Tädäl Woräs, Dästa Aräfaynə, Tädäl Yigzaw, Dämoz Sayoum, Alämayähu Aräfaynə and Bälay Bärhə, Wuqaro, 25/07/2014.

³⁸ Interview with: Takubät Räda and Täsfa Arägai, Wuqaro, 18/07/2014.

³⁹ Interview with: Gäbräşadiq Gäbru, Qəbatu Mäzgäbbä and Tädäl Yigzaw, Wuqaro, 19/07/2014.

⁴⁰ Interview with: Gäbrähiwot Gäbrämädhan, Arägai Bärhə, Tädäl Yigzaw, Bälay Bärhə and Barhanə Gäbräyäsus, Wuqaro, 23/07/2014.

⁴¹ Interview with: Ataklt Tädla, Tädäl Woräs, Dästa Däbäs and Bälay Bärhə, Wuqaro, 21/07/2014.

Aytä Gidäy. The power supply was used for electric light solely. Let alone using the energy for other purposes, it has no system to charge it battery. The chance of having electric light was given for all residents. At that time, the town's population was estimated to be between 23, 000-24, 000.

The generator arrived safe in the town without disassembling it via 'Assäb through 'Addis 'Abäbä using ship and truck respectively.⁴² Landing it was made possible under the support of a crane. Since the road from Addis 'Abäbä to Wuqäro and from Wuqäro to Aşbi was already constructed before there is no need of building another road. The date by which the engine arrived was celebrated where additional telethon was undertaken to use that money for buying fuel as well as reserve purposes. There were two independent motors. One larger in size the other. That is why each of have a capacity of generating 150 and 80 kilo watt power respectively. The tanker (a capacity of holding 15,000 liter) for fuel reservoir was systematically buried underground where it can fill the generator through simple manual operation.⁴³ Here, be reminding that the fuel was directly transported from 'Assäb by the committee under permission from EELPA. To start the engine a manual operated pump was used that helped the system to be activated. For security reasons the generator was laid down on the ground of a concrete house tied four big screws. Houses numbered 450-500 have in Wuqäro and 100 in 'Agula'o got electric light with a payment of 3 birr for bulb per month. It gave light until midnight with the exception of religious holyday where it works for a full night. Secondly, the area around the generator was a military camp of *Därg*. Therefore, the people assumed that an ill-targeted mortar may cause the damage. It was not only the generator but also the camp of Red Cross Society and a kindergarten which was bombarded on the occasion of the celebration of Good Friday. To normalize the situation and pacify the people as well as a compensation for the burnt generator, the new government gave 30,000 birr in the hand of Mohammed 'Abdäla.⁴⁴ It is told that money was used for the re-construction of Wuqäro hospital.⁴⁵ From the beginning to its end, there was no as such pronounced financial and organizational problem that hinders its operation with the exception of slight auditing problems. Because of the availability of electric light, new houses were built that expanded the town, support students to study hard and score good grades since it was contemporaneous with the opening of a high school, people were able to move and refresh themselves without strong treat and people feel proud of

⁴² Interview with: Tadäi Yigzaw, Dästa Aräfayné and Tadäi Woräs, Wuqäro, 17/07/2014

⁴³ Interview with: Gäbrähiwot Gäbrämädhan, Arägai Bärhé and Tadäi Yigzaw, Wuqäro, 22/07/2014.

⁴⁴ Interview with: Gäbräsalasé Täfäri, Ambachäw Tadäsä and Tadäi Woräs, Wuqäro, 18/07/2014.

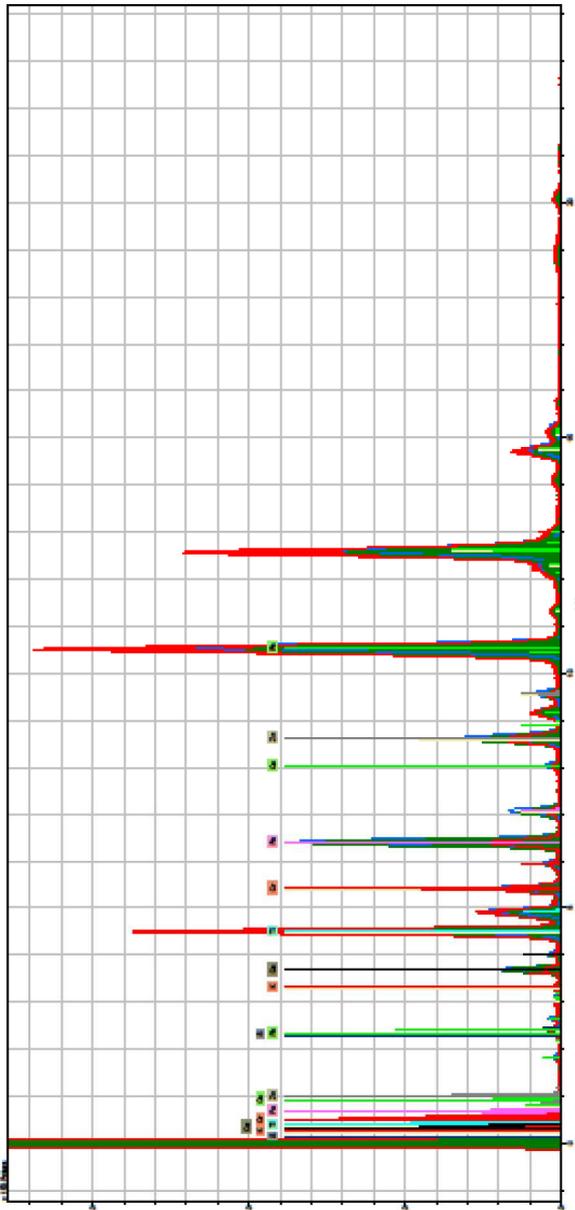
⁴⁵ Interview with: Tadäi Woräs and Basrat Araya, Wuqäro, 23/07/2014

being beneficiaries of electric light. All these facts added with the present accelerated urban growth created a confidence on the public to assume as if their home town is always on the forefront. As my informants suggested, the museum should be designed in such a way that address the real cultural values of not only the town but also the region. Another point it has also to contain the historical artifacts of the adjacent area to be easily displayed for the public. More importantly, so far many historical elements and sites have been discovered, the museum should not only display them, but has also been source that gives clue to conduct further studies in the nearby areas.

6. Conclusion

Təgray is a region endowed with ancient culture and antiquities for which many foreign tourists have been attracted in it. As part of Təgrya, Wuqəro is also a town which became a center of trade, administration and tourism for the last two decades. Its proximity to the regional capital, agricultural potential and easy access to construction materials enabled the town to grow at a faster rate. Like many of Ethiopian town, the establishment of Wuqəro is directly related to the period of fascist occupation. The road, main administrative buildings and modern urban elements were introduced by the Italians. Following their withdrawal, the town began to experience additional modern institutions like; electric light, pure water supply, modern education and health services. Among others, the residents were very conscious about the benefit of electric light and were able to buy a huge generator meant to provide sufficient power for the community. The post-1991 period relative peace and stability help the town one of the towns which are growing at a faster rate. Hence, the town is becoming so amazing one has to visit it.

Projekt: Bachelor Wukro Museum	Name: Ronny Jafmann	Semester: 7	Foto:
Operator: Stadelmann/Hofmann	Datum: 16.12.2015	Schwerpunkt: MMTK	
Probe: Motorblock - Ost	Spektrum:		



μ-XRF Spectrometer
ARTAX 400

Parameter:

Anode	Rh
Spannung [kV]	50
Strom [μA]	700
Excitation Energy [keV]	50
Filter	Sn
Live Time [sec]	60
Atmosphäre	air
Collimator [mm]	0,05

Projekt: Bachelor Wukro Museum	Name: Ronny Jabmann	Semester: 7	Foto:
Operator: Stadelmann	Datum: 16.12.2015	Schwerpunkt: MMTK	
Probe: Ölkuhler	Spektrum:		

μ-XRF Spectrometer ARTAX 400	
Parameter:	
Anode	Rh
Spannung [kV]	50
Strom [μA]	700
Excitation Energy [keV]	50
Filter	no
Live Time [sec]	60
Atmosphäre	air
Collimator [mm]	0.65

Projekt: Bachelor Wukro Museum	Name: Ronny Jabmann	Semester: 7	Foto:
Operator: Stadelmann/Hofmann	Datum: 16.12.2015	Schwerpunkt: MMTK	
Probe: Tank – West - grün	Spektrum:		

**μ-XRF Spectrometer
ARTAX 400**

Parameter:

Anode	Rh
Spannung [kV]	50
Strom [μA]	700
Excitation Energy [keV]	50
Filter	no
Live Time [sec]	60
Atmosphäre	air
Collimator [mm]	0,65

Projekt: Bachelor Wukro Museum	Name: Ronny Jafmann	Semester: 7	Foto:
Operator: Stadelmann/Hofmann	Datum: 16.12.2015	Schwerpunkt: MMTK	
Probe: Tank – West - weiß	Spektrum:		

**μ-XRF Spectrometer
 ARTAX 400**

Parameter:

Anode	Rh
Spannung [kV]	50
Strom [μA]	700
Excitation Energy [keV]	50
Fiber	no
Live Time [sec]	60
Atmosphäre	air
Collimator [mm]	0,65

Projekt: Bachelor Wukro Museum	Name: Ronny Jaßmann	Semester: 7	Foto:
Operator: Stadelmann/Hofmann	Datum: 16.12.2015	Schwerpunkt: NMTK	
Probe: Geschmolzenes Leichtmetall	Spektrum:		

**μ-XRF Spectrometer
ARTAX 400**

Parameter:

Anode	Ed
Spannung [kV]	50
Strom [μA]	700
Excitation Energy [keV]	50
Filter	Mo
Live Time [sec]	60
Atmosphäre	air
Collimator [mm]	0,65

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Sie wurde bei keiner anderen Prüfungskommission mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen vorgelegt.

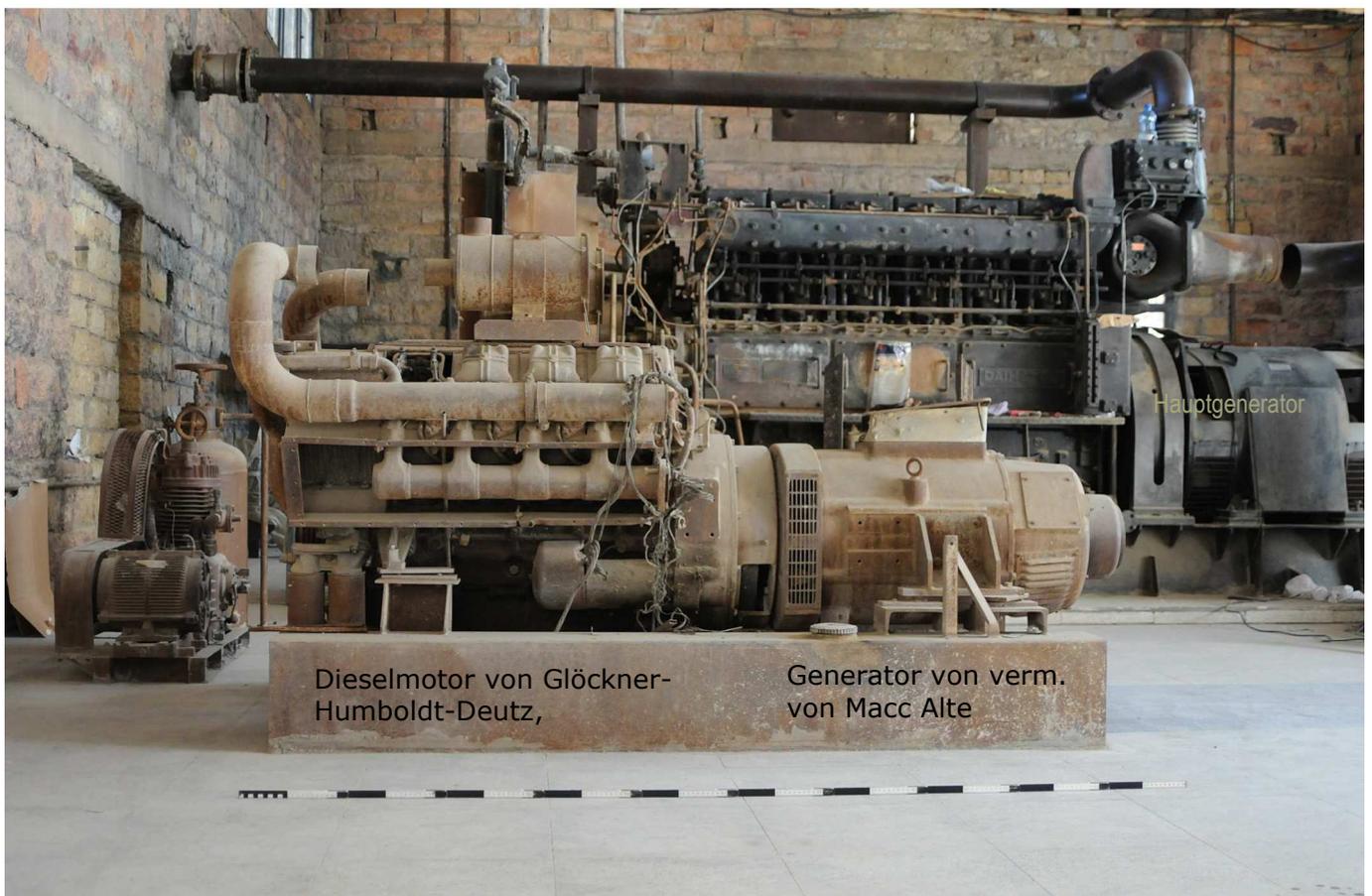
Datum:

Unterschrift:

Anhang mit Bildmaterial



01_Wukro Museum (Foto Jaßmann 2015)



Dieselmotor von Glöckner-Humboldt-Deutz,

Generator von verm. von Macc Alte

Hauptgenerator

02_Haupt-(hinten) und Hilfsmotor (vorne) mit je rechts angeflanschten Generatoren; Deutz-Dieselmotor Nordseite, vor der Restaurierung: staubige Auflagerungen und demontierte Abgasrohre. (Foto Jaßmann 2016)



03 Dieselgenerator, Westseite, vor der Restaurierung; rechts hinten an der Wand: Kompressor für die Befüllung der Druckluftflasche des großen Motors. (Foto Jaßmann 2015)



04 Dieselgenerator, Nordseite, nach der Konservierung. (Foto Jaßmann 2015)



Abb. 09 Gesamtanlage im Generatorenhaus, nach der Restaurierung und Konservierung. (Foto Groß 2015)



Abb. 10 Anschlüsse der nicht mehr vorhandenen Füllstandanzeige, Westseite. (Foto Klein 2015)



Abb. 11 Tank innen, reich an Ablagerungen und Korrosionsprodukten. (Foto Klein 2015)



Abb. 12 Weiße Spritzer auf Statorgehäuse. (Foto Jaßmann)



Abb. 13 Westlicher Teil des Generators mit kleinem Gehäuse und geschmolzenem Kasten der Generatorsteuerung. (Foto Jaßmann)



Abb. 14 Leiterplattenfragment, Vorzustand. (Foto Jaßmann)



Abb 15 Nördliche Halterung des Generators. (Foto Klein)



Abb. 16 Geschmolzenes Lüfterrad im Generator. (Foto Jaßmann)

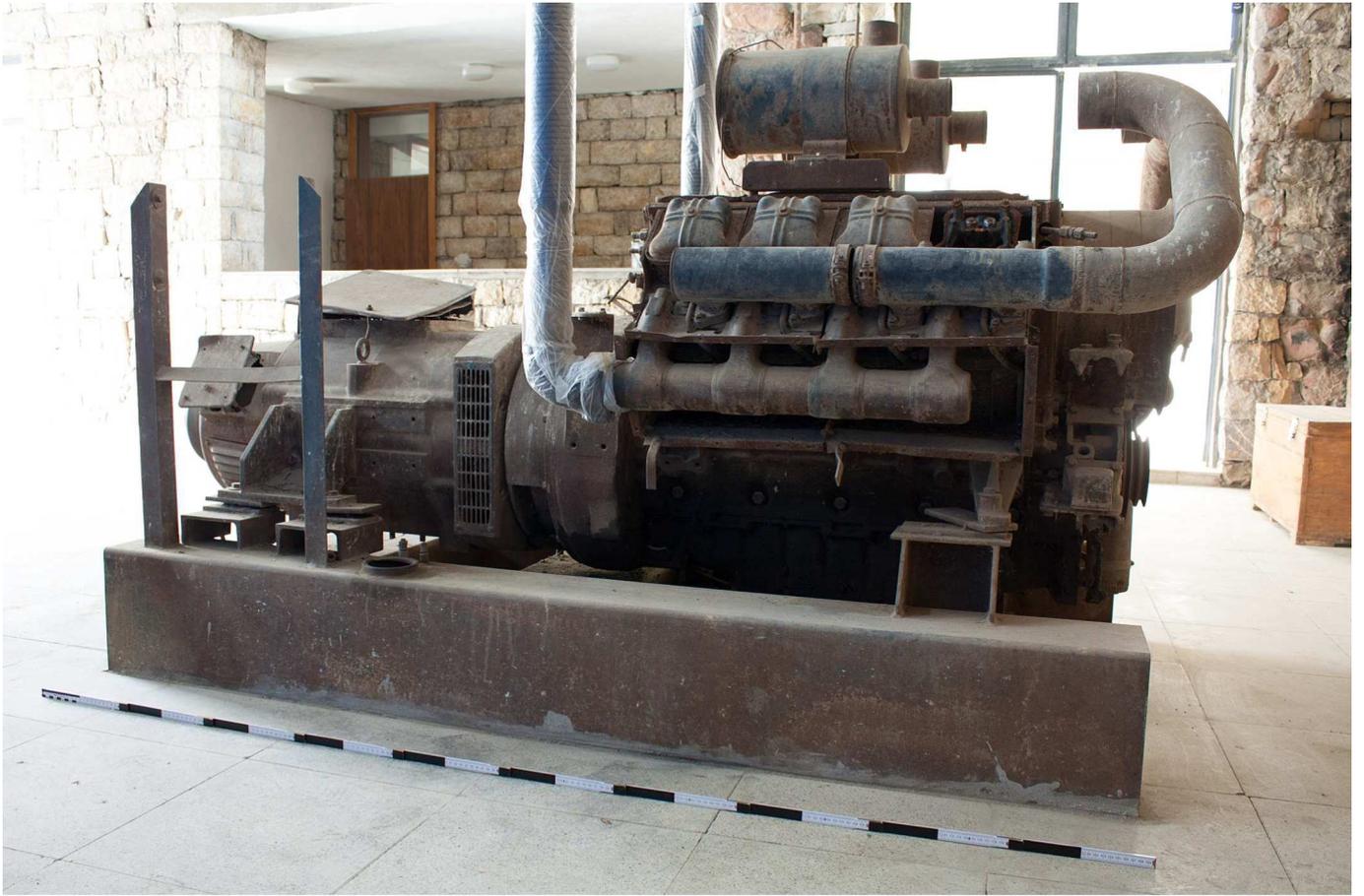


Abb. 17 Gesamtansicht Südseite, Vorzustand. (Foto Klein)



Abb. 18 Ölige Auflagerungen Motorblock und Ölwanne. (Foto Klein)

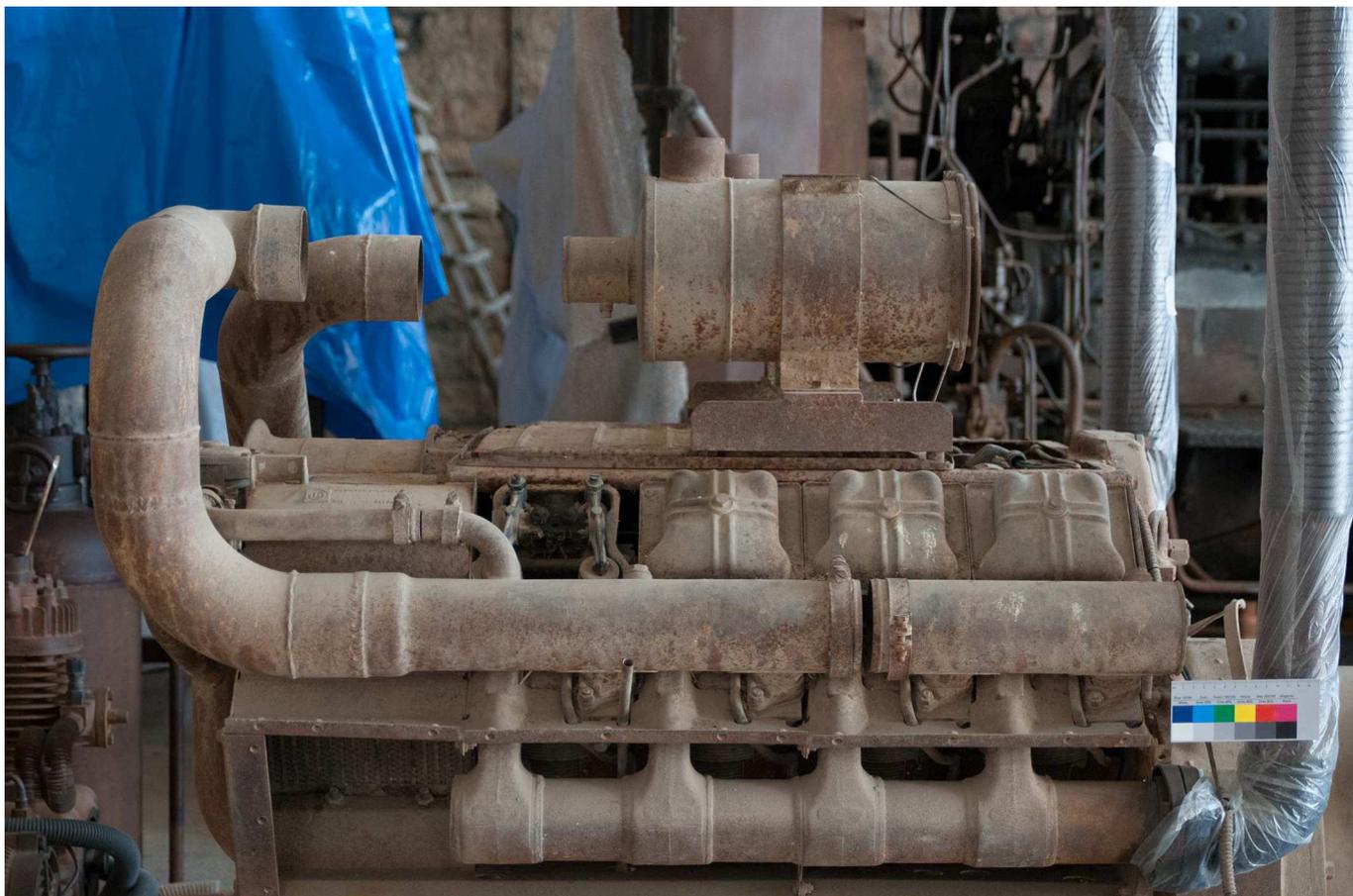


Abb. 19 Nordseite, oberer Teil des Motors, Vorzustand. (Foto Jaßmann)

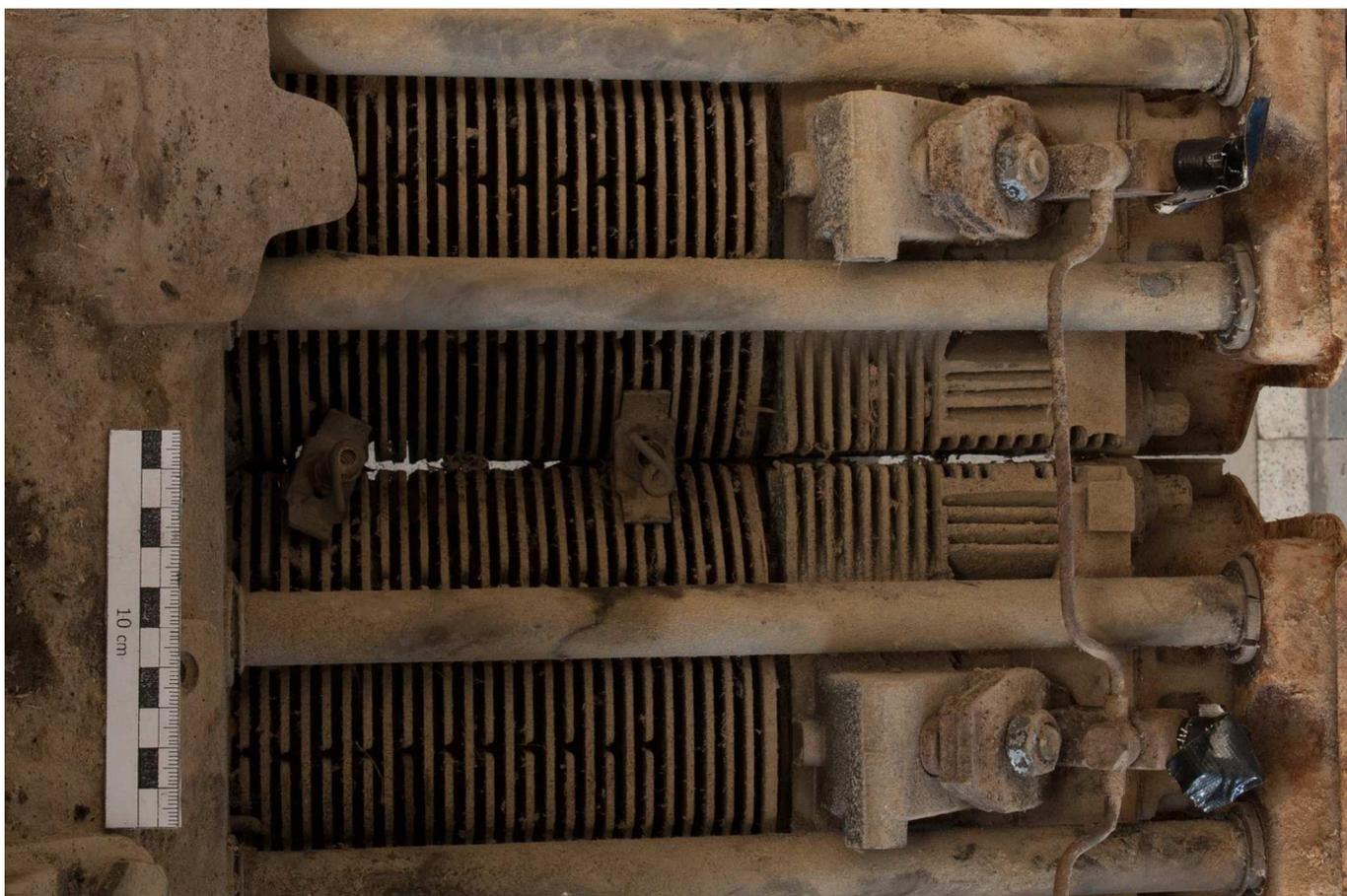


Abb. 20 Zylinder und Stoßstange, vor der Restaurierung. (Foto Klein)

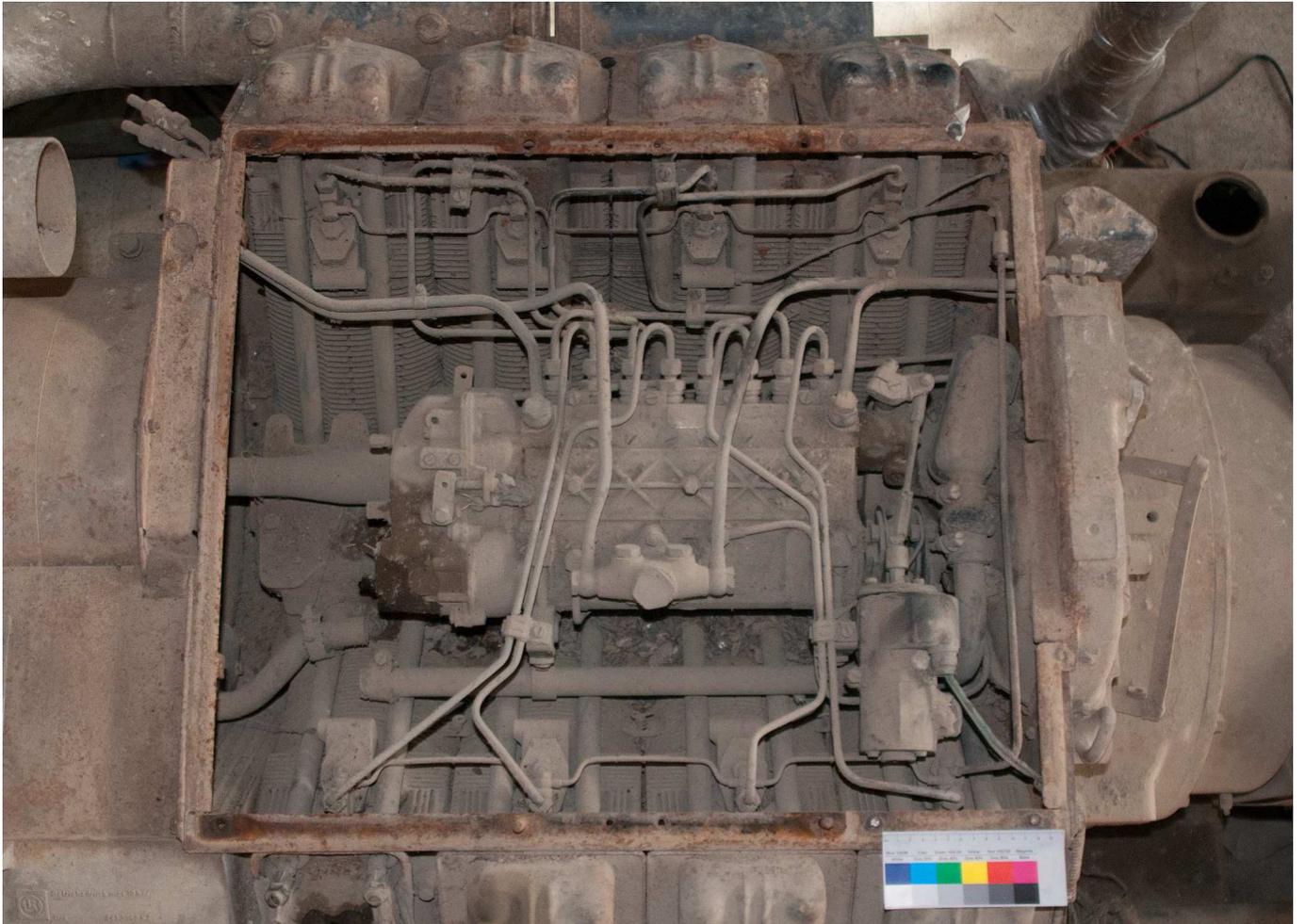


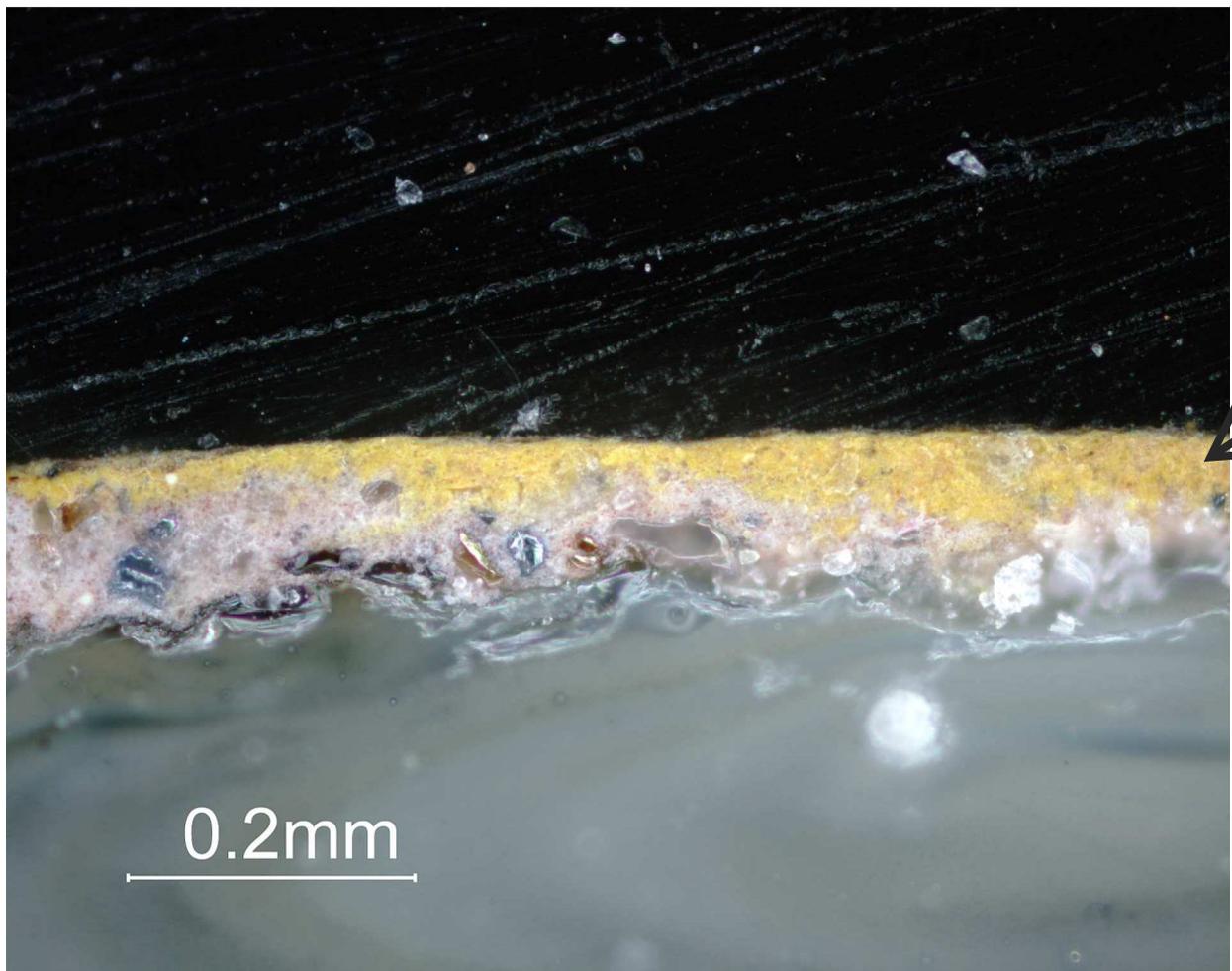
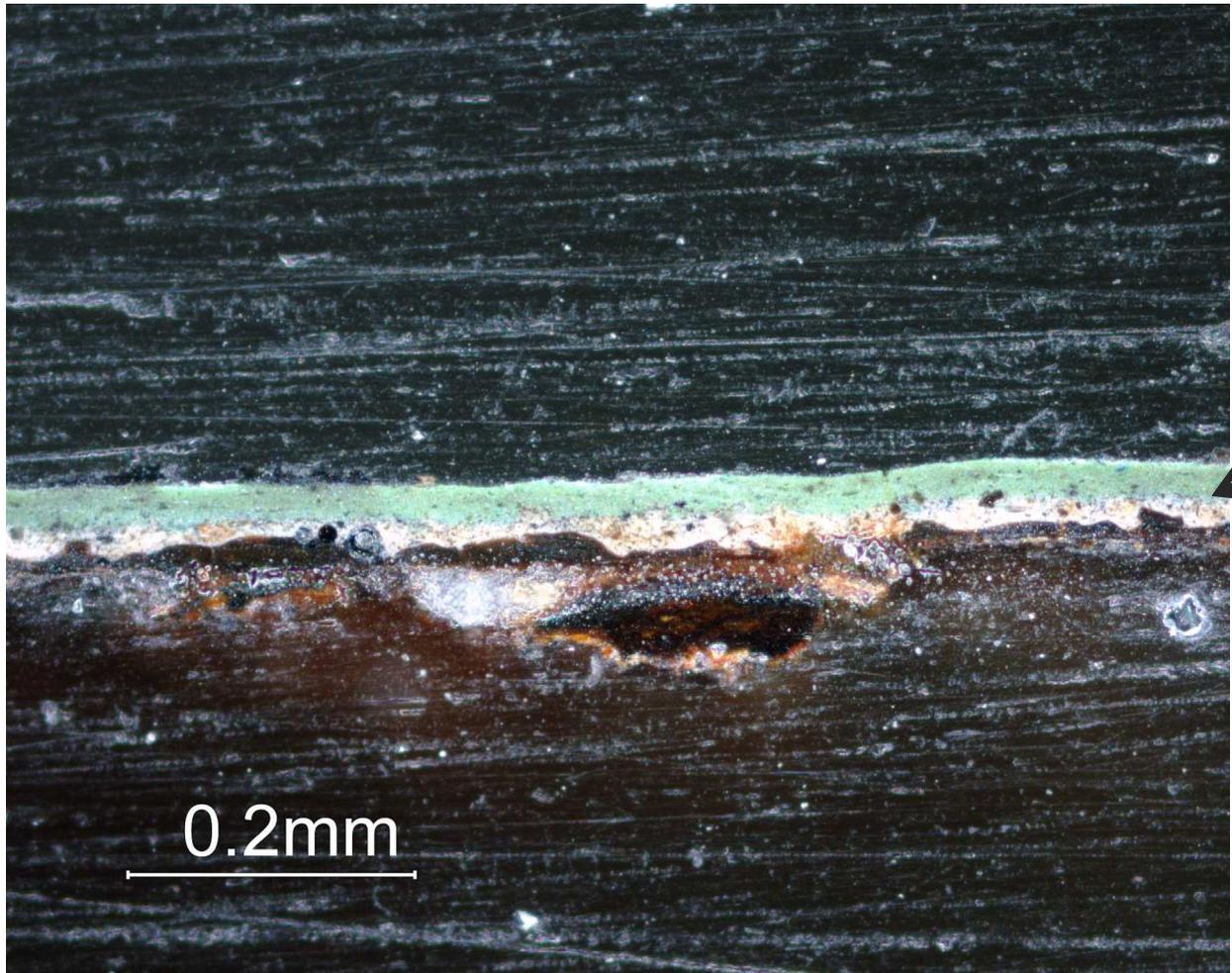
Abb. 21 Blick in den Motorraum und Kraftstoffpumpe, vor der Restaurierung. (Foto Jaßmann)



Abb. 22 Motor, Ostseite, Zustand vor Restaurierung. (Foto Klein)

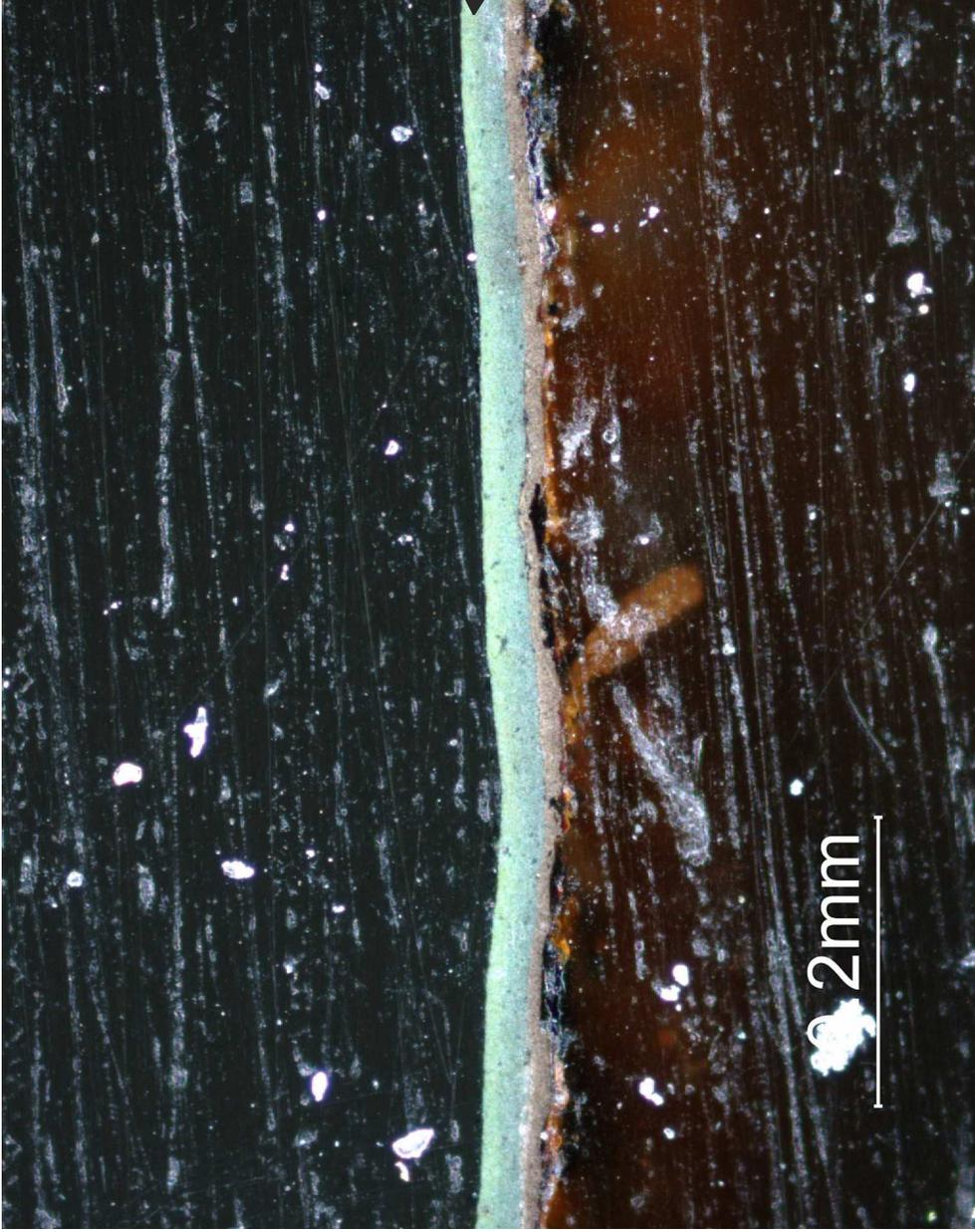


Abb. 23 Riemenscheibe, Reste des verbrannten Keilriemens. (Foto Klein)



detaillierte Diskussion S. o. Seite 29

Abb. 25 Lack Tank West, oben links, Pr. 2: (oben) die meist grüne Lackschicht (Foto Jaßmann)
 Abb. 24 Lack Tank West, unten links, Pr. 1: (unten) gelbe Schicht - vereinzelt. (Foto Jaßmann)



detaillierte Diskussion S. o. Seite 29

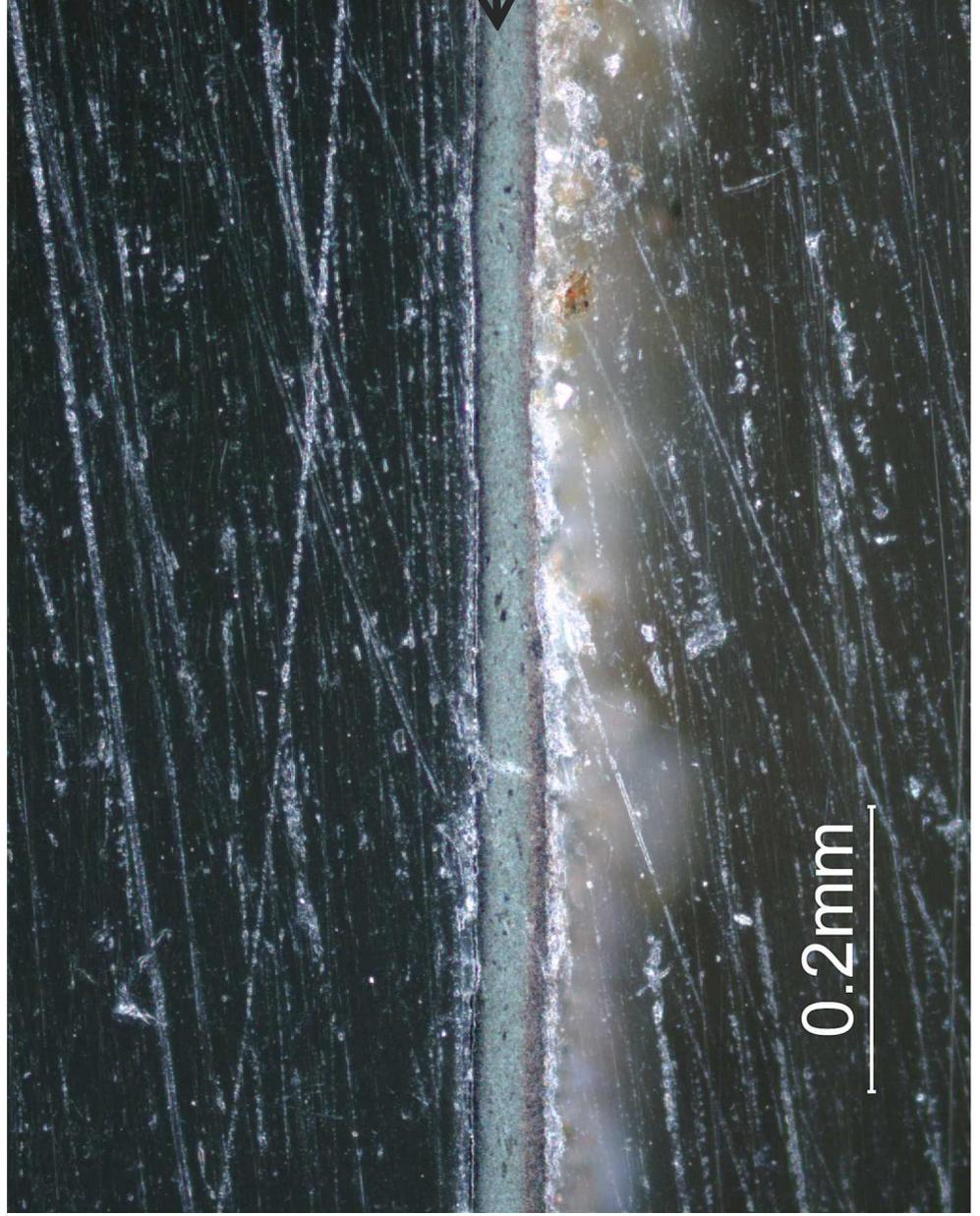


Abb. 26 Lack Motor Ost, Pr. 3: die . (Foto Jaßmann)
Abb. 26 Lack Ölkühler, Pr. 4: ev. grün durch Schwefeleinfluss verfärbt. (Foto Jaßmann)

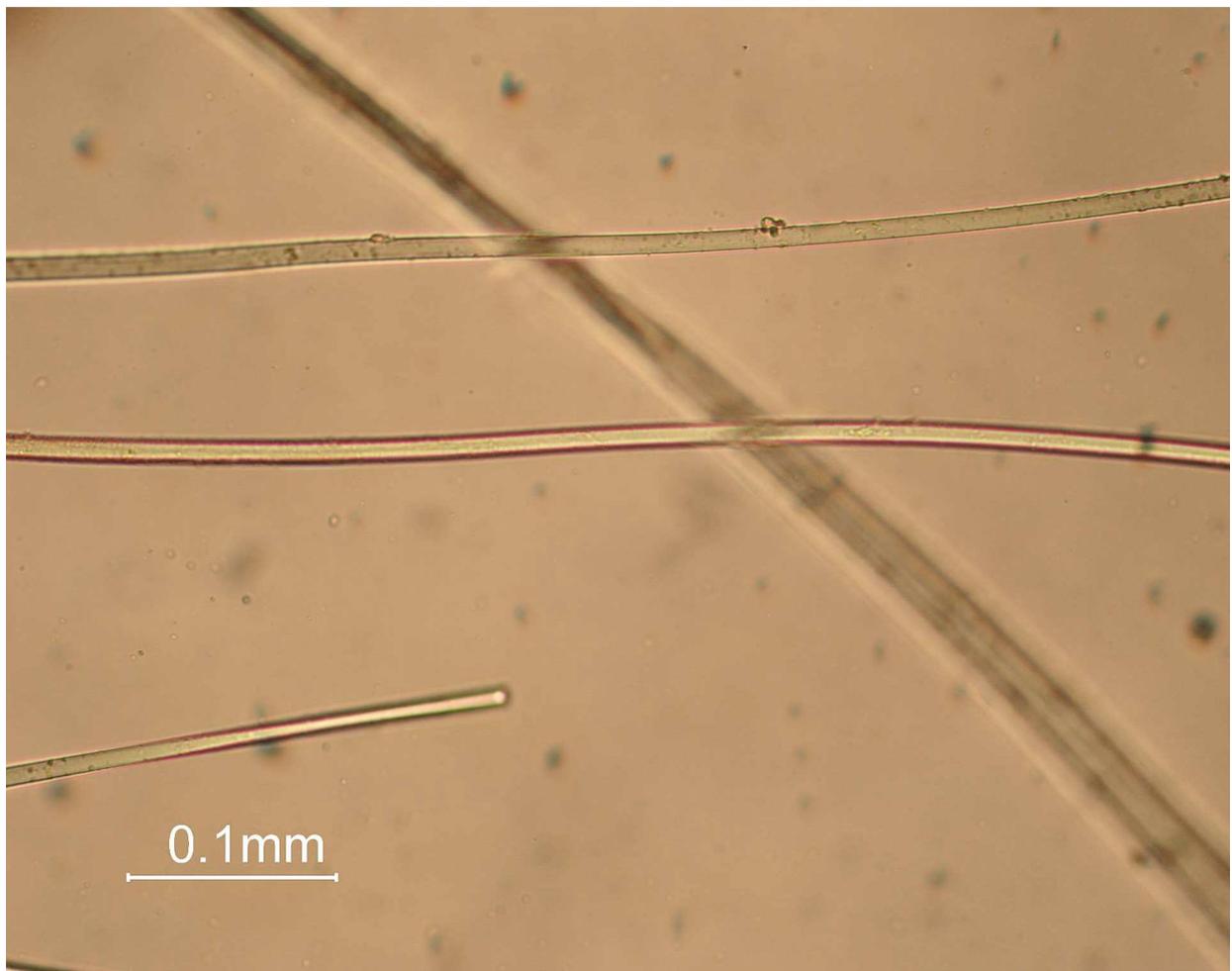
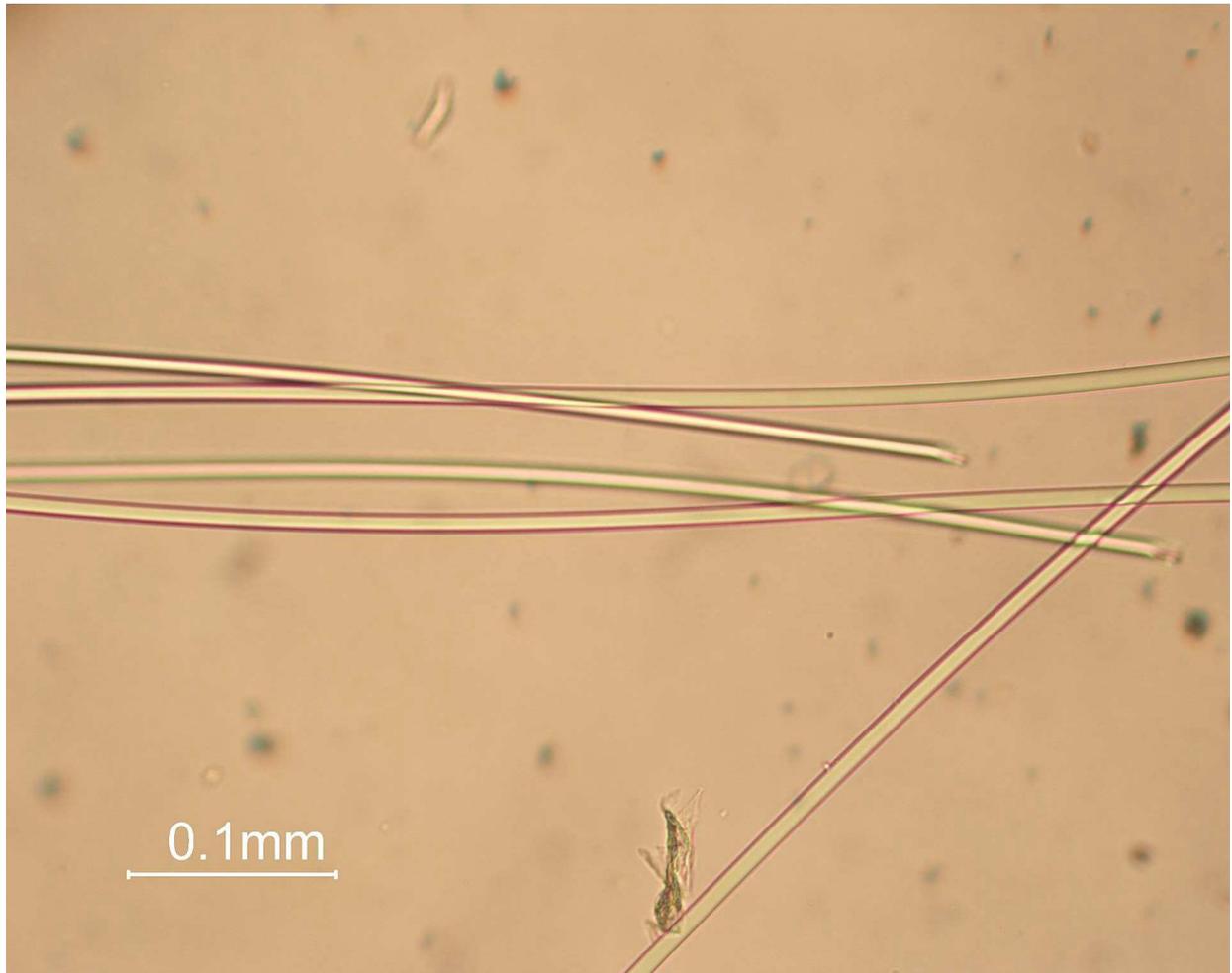


Abb. 28 Glasfasern. (Foto Jaßmann)

Abb. 29 Fasern, Leiterplattenfragment. (Foto Jaßmann)

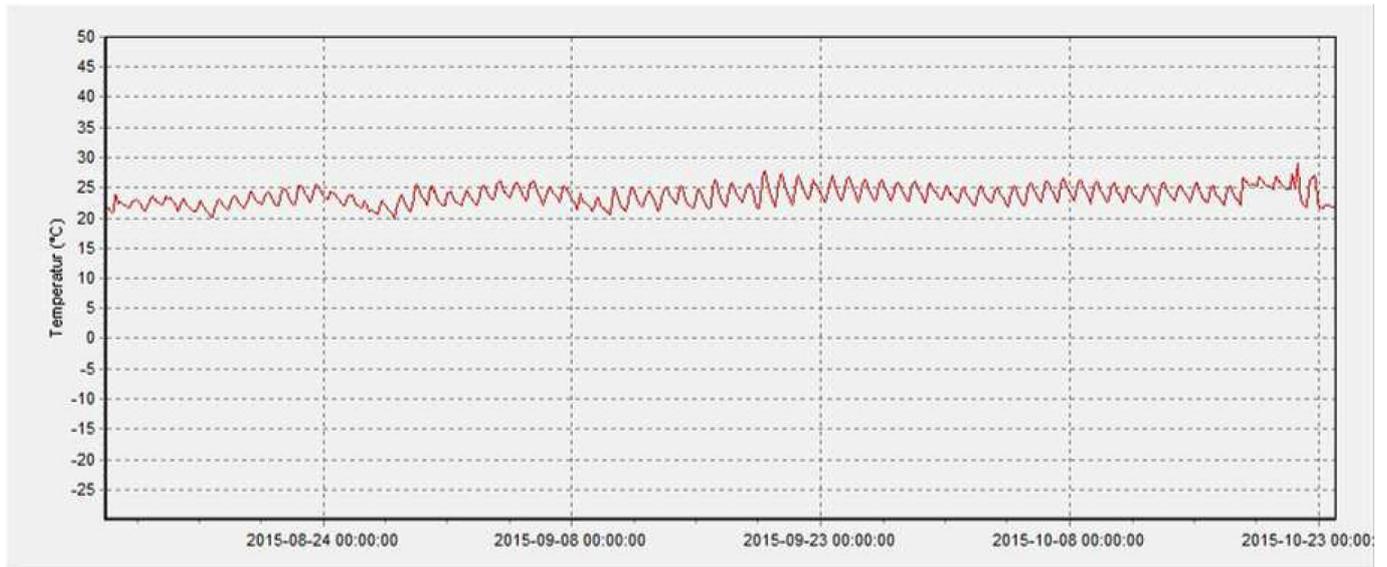


Abb. 30 Temperaturverlauf in der Generatorenhalle vom 10.08. bis 24.10. 2015.

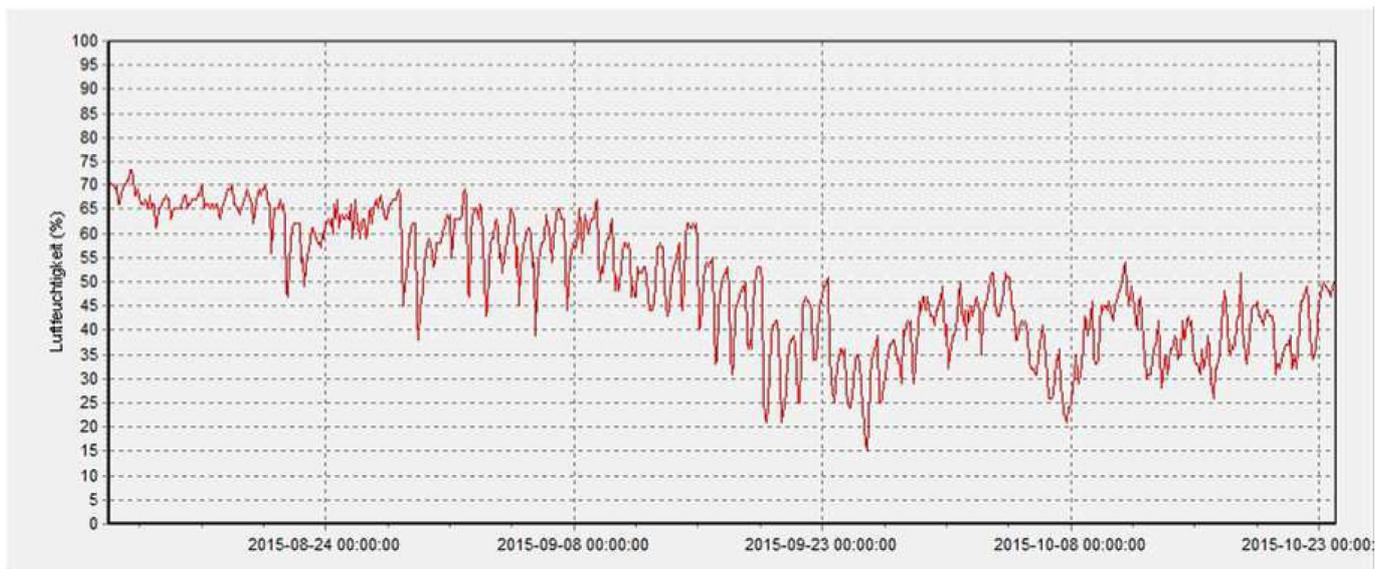


Abb. 31 Verlauf der relativen Feuchte vom 10.08. bis 24.10. 2015.



Abb. 33 Dichtung einer Stoßstange. (Foto Jaßmann)



Abb. 34 Fragment einer Leiterplatte. (Foto Jaßmann)

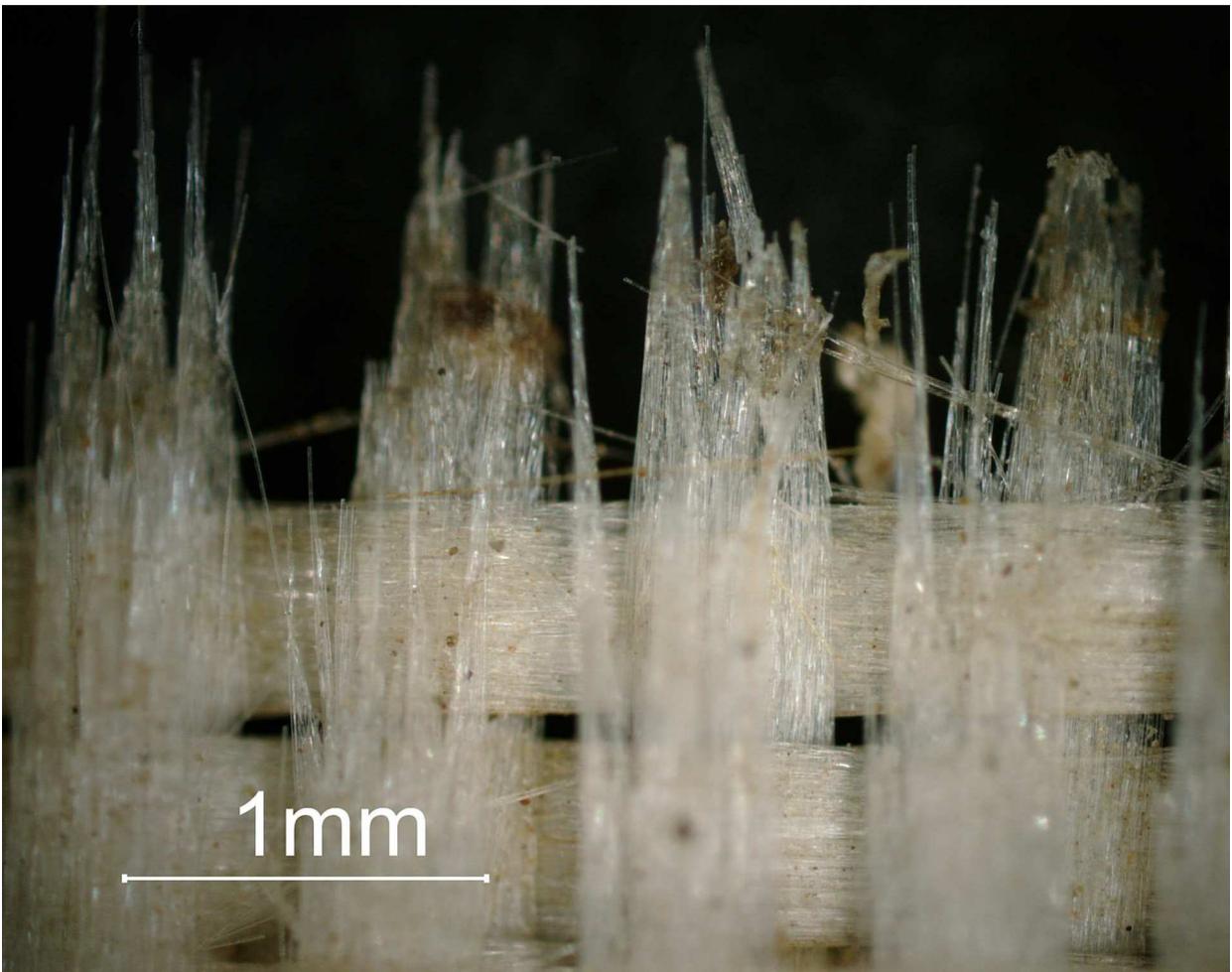
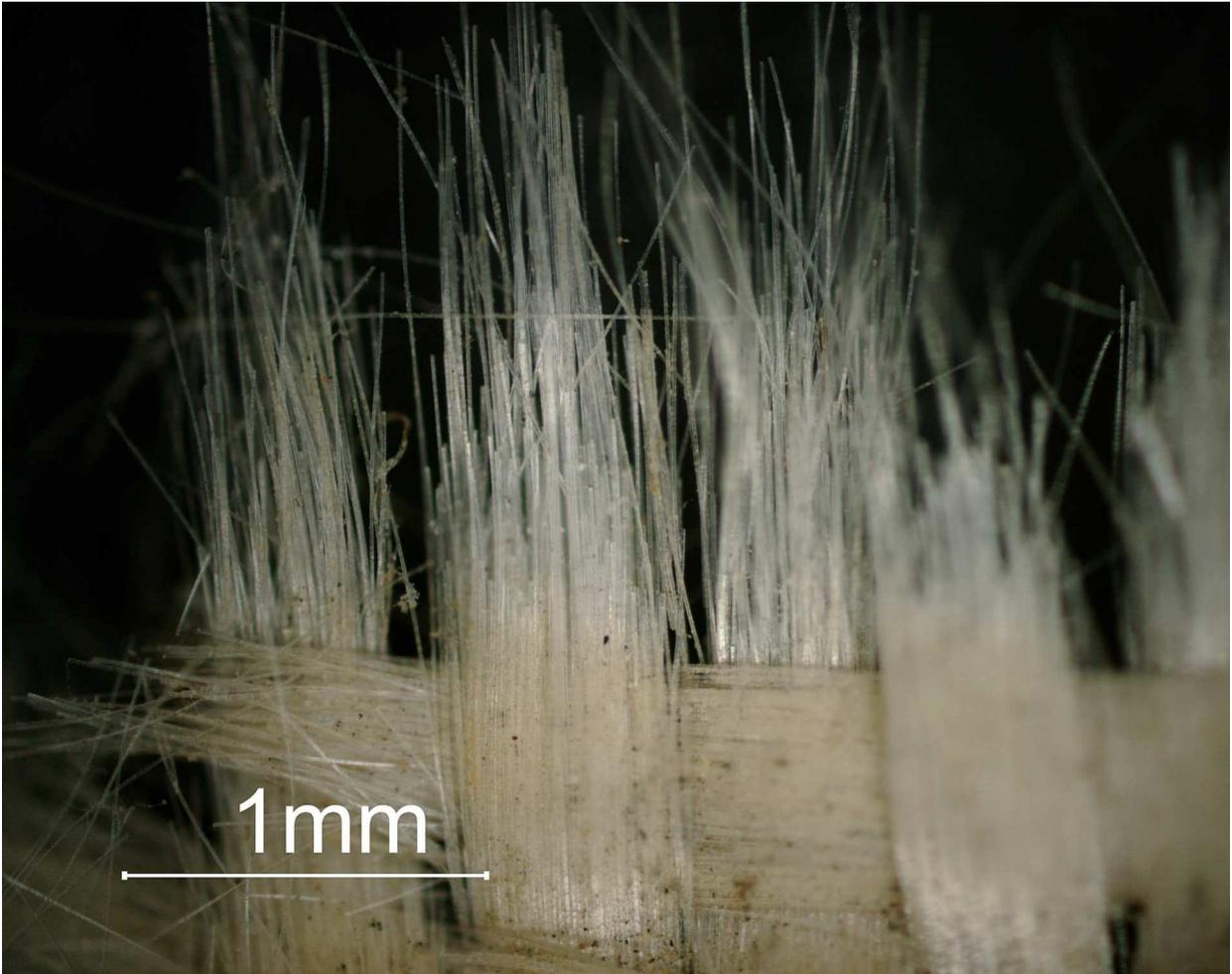


Abb. 35 u. 36 Gewebe vor und nach der Reinigung. (Fotos Jaßmann)



Abb. 39 Tank innen, nach der Reinigung und Konservierung.
(vgl. Abb. 11 vor den Maßnahmen). (Foto Jaßmann)

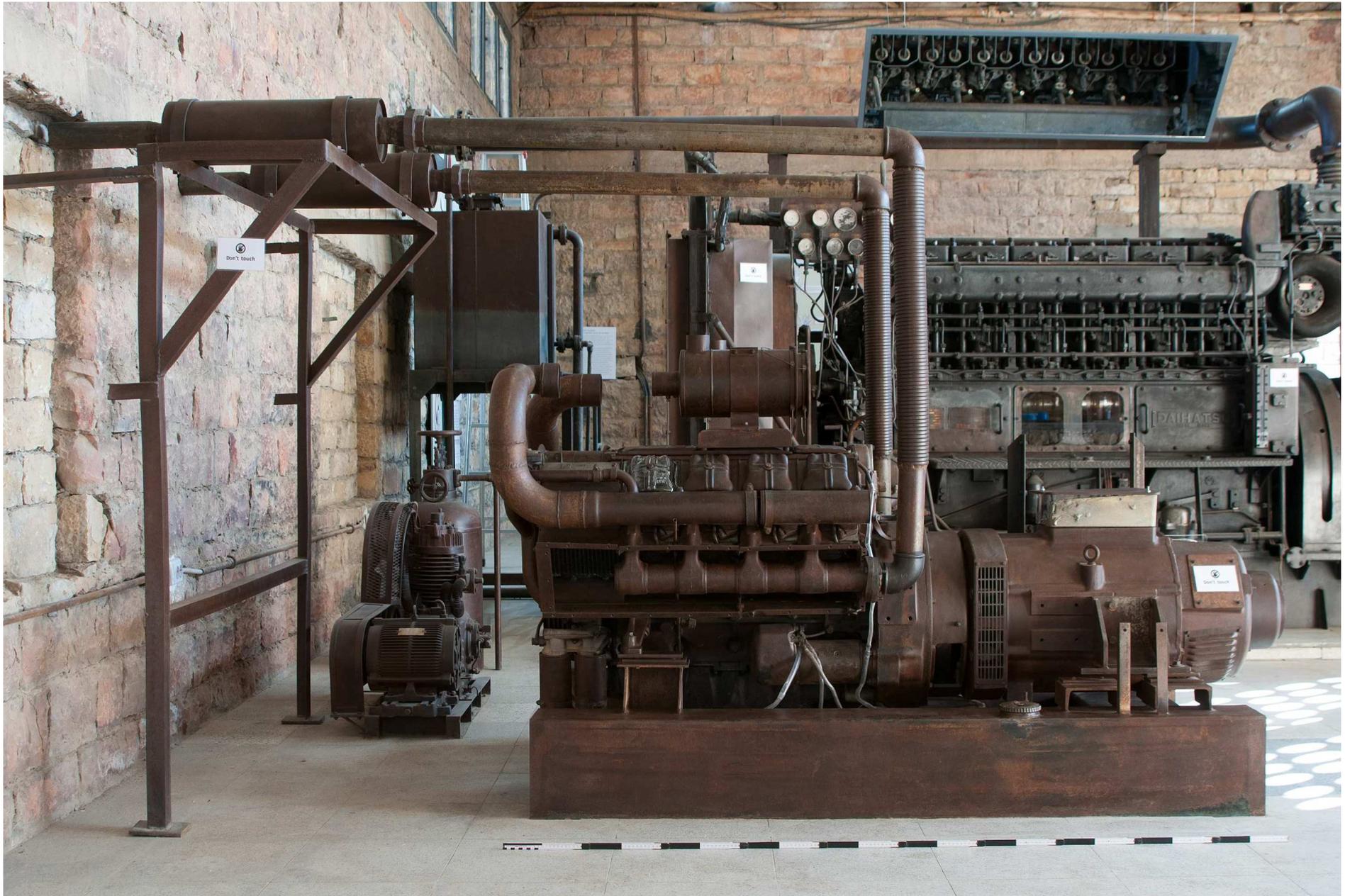


Abb. 40 beide Generatoren mit angeflanschem Motor, nach der Restaurierung, hinten der Dieselschiffsgenerator von Daihatsu, vorne der Hilfsgenerator von Deutz.

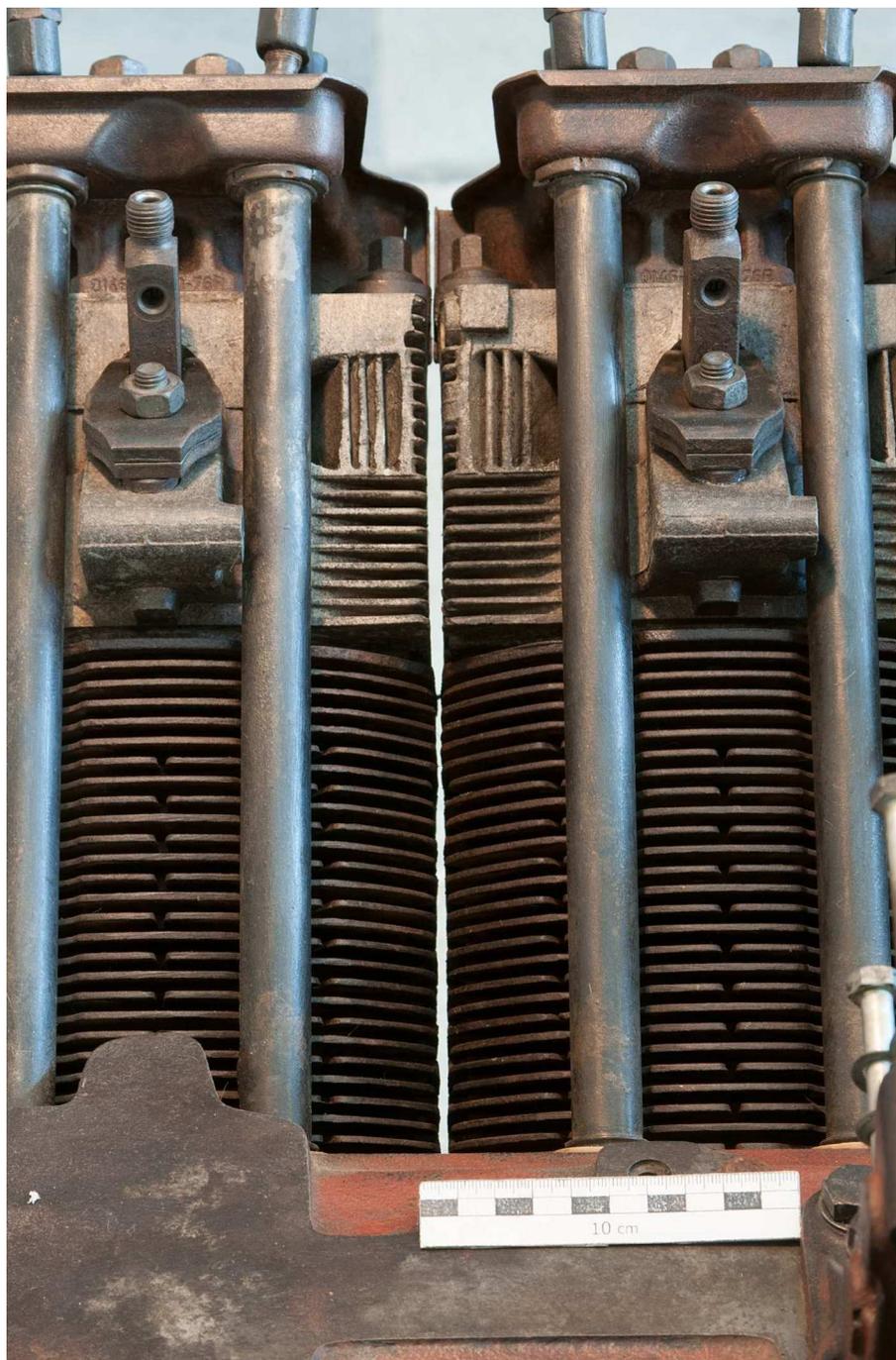


Abb. 41 Zylinder und Stoßstangen mit Dichtungen, nach der Reinigung und Konservierung. (Foto Jaßmann)



Abb. 42 Riemenscheibe und Reste des Keilriemens gereinigt und konsolidiert. Zustand vor der Restaurierung (vgl. Abb. 23).



Abb. 43 Ergänzung der unteren Generatorsteuerung mit Leiterplattenfragment



Abb. Geschmolzene
Abdeckung mit
Ergänzung

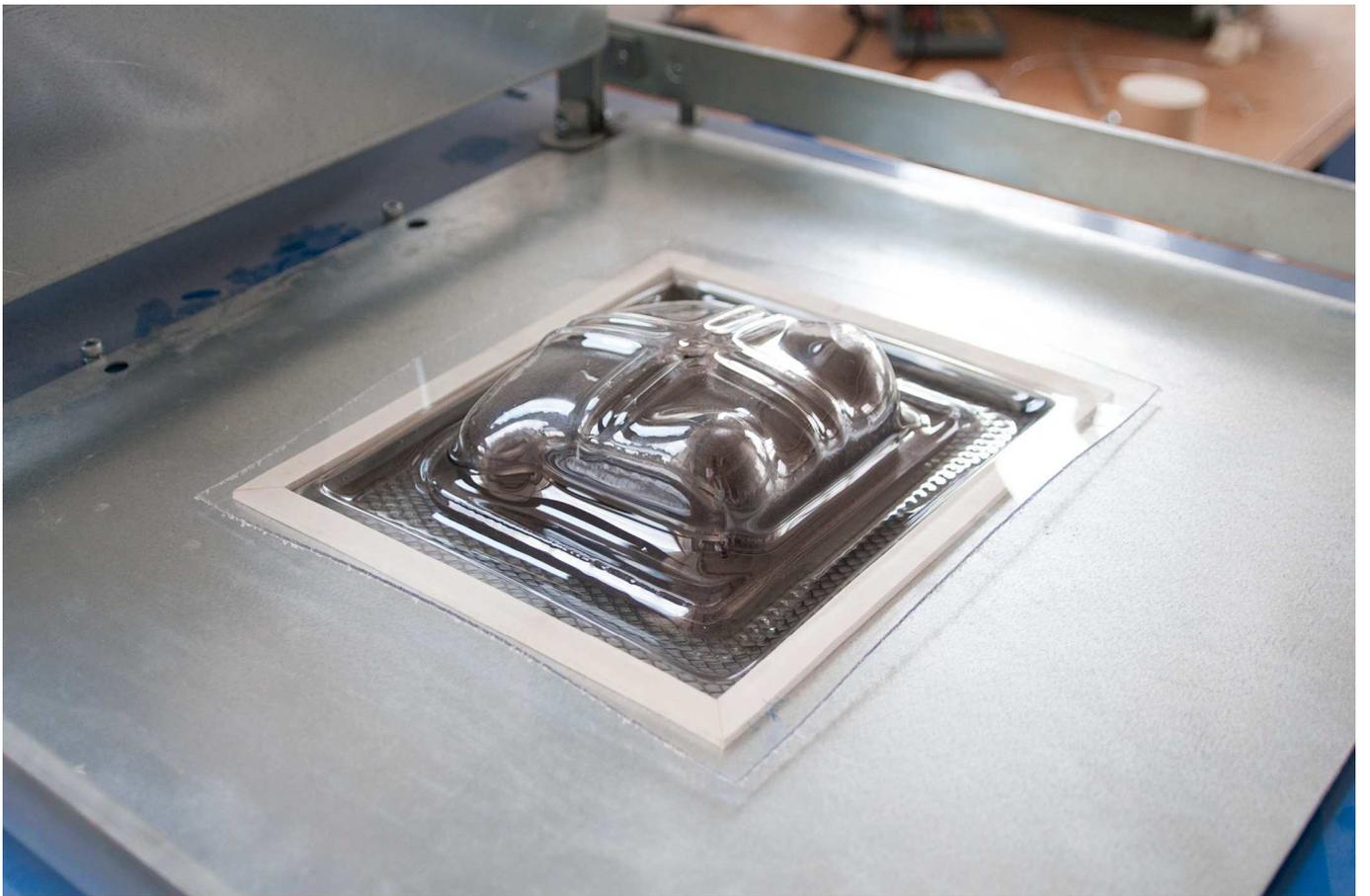


Abb. 45 Zylinderkopphaube und Abformung in der Tiefziehmaschine. (Foto Jaßmann)

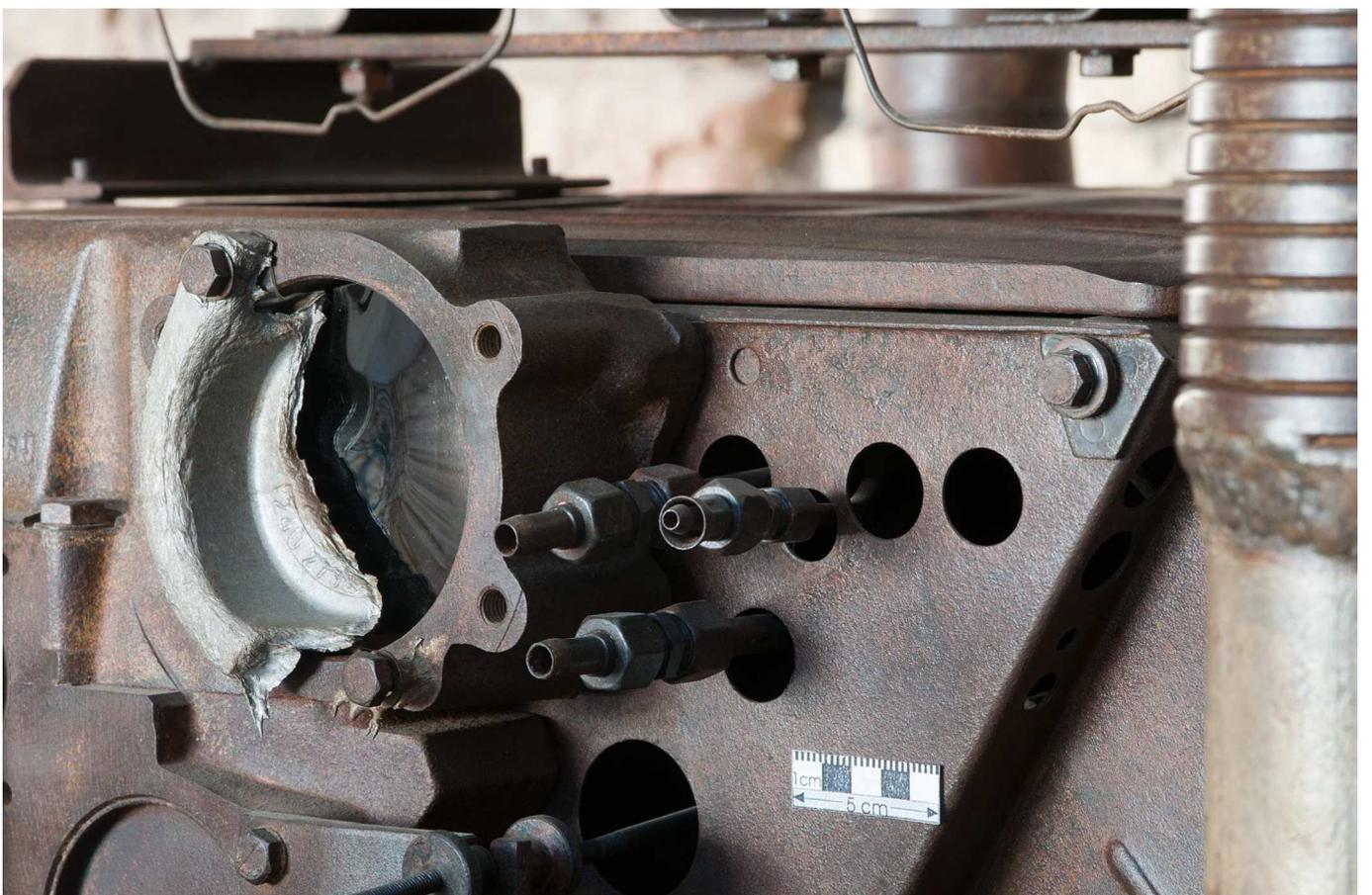


Abb.46 geschmolzene Abdeckung mit Ergänzung. (Foto Jaßmann)



Abb. 47 ergänzte Füllstandanzeige. (Foto Jaßmann)



Abb.48: ergänzter Tankdeckel. (Foto Jaßmann)



Abb. 49 Anlasser mit Kabeln, Zustand der Auflösung der Kabelwicklung, vor der Reinigung und Konsolidierung. (Foto Jaßmann)



Abb. 50 Anlasser mit Kabeln, nach der Konsolidierung und dem Schrumpfschlauch als Schutz vor Umgebungseinflüssen. (Foto Jaßmann)



Abb. 54 Abgassammelrohr, Detail, vor der Restaurierung. (Foto Jaßmann)



Abb. 55 wie Abb. 54, nach der Reinigung und Konservierung (Foto Jaßmann)



Abb. 60 Ansaugsammelrohr, Detail, Zustand vor der Restaurierung. (Foto Jaßmann)



Abb. 61 Ansaugsammelrohr, Detail, Zustand nach der Entfernung der Korrosion, der Konsolidierung und der Konservierung mit Wachs. (Foto Jaßmann)



Abb. Anlasser des Motors von Deutz, vor der Restaurierung

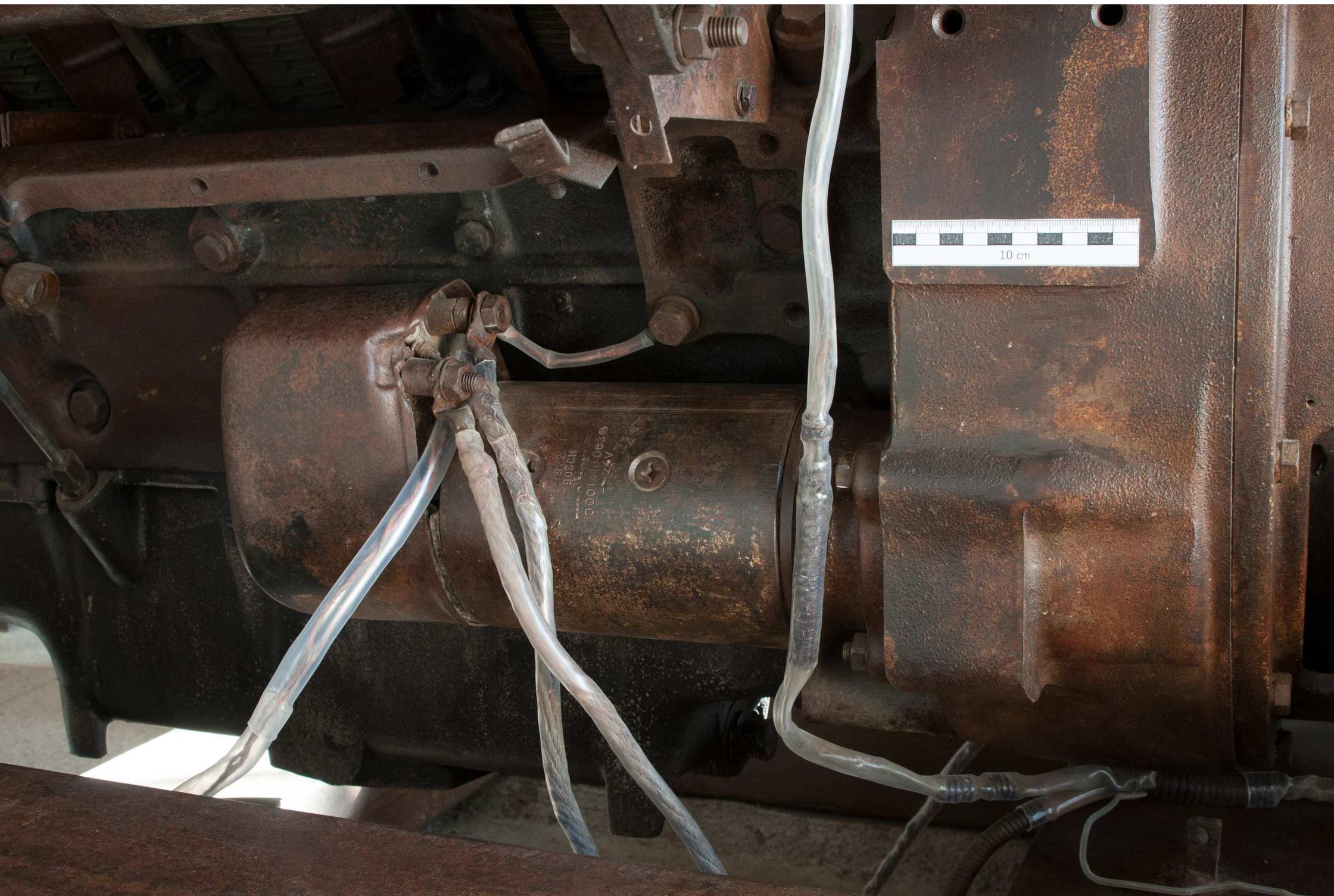


Abb. 63 Anlasser des Motors von Deutz, Übersicht, nah Restaurierung und Remontage.

