

Das Sprengstoff-Ladegerät SLG 100

Betrachtungen zu Korrosion und Korrosionsschutz bei der Erhaltung von Technischem Kulturgut

B. Brunke, H.-J. Kunkel & St. Brüggerhoff

Vorbemerkung:

Im Jahre 1993 wurde eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe aus Mitgliedern des VDKORR (Verein Deutscher Korrosionsfachleute) und der AdR (Arbeitsgemeinschaft der Restauratoren) gegründet. Ziel dieser ARbeitsGEmeinschaft KORrosion/REstaurierung ist es, das Fachwissen des modernen, industriellen Korrosionsschutzes in die Praxis der Restaurierung und Konservierung von Technischem Kulturgut einzubringen und im Hinblick auf denkmalpflegerische Aspekte zu modifizieren. Die ARGE KORE greift dazu exemplarische Fälle auf und diskutiert Fragen der Korrosionsursachen und -mechanismen sowie eines möglichst schonenden aber effektiven Korrosionsschutzes. Der vorliegende Beitrag beinhaltet die in gemeinsamen Diskussionen erarbeiteten Ergebnisse der ARGE zur Restaurierung und Konservierung eines Sprengstoff-Ladegerätes vom Typ SLG 100.

Daten zum Objekt und vorliegende Problemstellung

Hersteller: VEB Bergbau- und Hüttenkombinat Albert Funk, Freiberg

Baujahr: 1981

Abmessungen: Länge: 950 mm / Breite: 820 mm / Höhe: 1500 mm

Einsatz: Das Gerät stand bis 1990 in der Schwefelkiesgrube „Einheit“ (vormals: „Drei Kronen und Ehart“) in Elbingerode/Harz in Anwendung.

Stifter: Harz-Bergbau GmbH, Elbingerode

Problemstellung

Das vom DBM übernommene Objekt weist typische Gebrauchs- und Korrosionsspuren auf und soll in diesem „Arbeitszustand“ dem Besucher einen möglichst realitätsnahen Eindruck der Anwendung vor Ort vermitteln. Im Rahmen des musealen Konzeptes wäre deshalb die Präsentation des Objektes im Anschauungsbergwerk eine ideale Lösung. Die dort gegebenen Bedingungen mit rel. Luftfeuchten von ca. 98 % lassen jedoch einen rapiden Korrosionsfortschritt am Objekt befürchten, wenn gleichzeitig die Forderung nach möglichst



Abb. 1: Das Sprengstoff-Ladegerät SLG 100, DBM Inv.-Nr. 2350 (Photo A. Opel)

geringfügigen, d.h. wenig verändernden Korrosionsschutzmaßnahmen aufrecht erhalten wird.

Stellenwert des Objektes aus technikhistorischer Sicht

(Dr.-Ing. Siegfried Müller)

Das Sprengstoff-Ladegerät SLG 100 dient zum Einblasen von losem ANC-Sprengstoff in Sprengbohrlöcher. Ein explosionsfähiges Gemisch aus Ammoniumnitrat und Kohlenstoff wurde zwar bereits im Jahre 1867 in Schweden patentiert, doch

fand in Deutschland der erste Untertageversuch mit ANC-Sprengstoff erst fast 100 Jahre später statt, nämlich 1960 auf der Kaligrube Hattorf. Dem Salzbergbau folgte wenige Jahre später der Erzbergbau.

Während sich im Tagebau der lose Sprengstoff in die meist großkalibrigen, senkrechten Bohrlöcher ohne maschinelle Betriebsmittel einrieseln läßt, setzt die Verwendung in kleinkalibrigen, horizontal oder aufwärts gebohrten Sprengbohrlöchern unter Tage den Einsatz spezieller Ladegeräte voraus. Allen Ladegeräten gemeinsam ist die Nutzung von Druckluft als Transportmedium. Die für den Bergbau entwickelten Sprengstoffladegeräte ähneln sich in ihrem prinzipiellen Aufbau. Sie bestehen im wesentlichen aus einem Behälter, der eine bestimmte Menge an Sprengstoff aufnehmen kann, sowie aus daran angeschlossenen Armaturen, die eine sichere Bedienung des Gerätes ermöglichen. Für die Drucklufteinpeisung kommen drei Varianten in Frage, und zwar ausschließlich in den Vorratsbehälter, ausschließlich in den Ladeschlauch oder beides, wie es beim hier in Rede stehenden Ladegerät realisiert ist. Wichtig ist eine geeignete Materialwahl. So darf der Vorratsbehälter beim mechanischen Kontakt mit dem Sprengstoff keine Funken reißen und sollte der Korrosivität des Ammoniumnitrats widerstehen. Für die Schläuche gilt, daß sie sich durch die Reibung mit dem Sprengstoff nicht statisch aufladen dürfen. Sprengstoffladegeräte wurden und werden für unterschiedliche Fassungsvermögen gebaut. In leistungsfähigen Betrieben strebt man gewöhnlich größere Geräte an. Beim Einsatz automobilier Technik in Gruben modernen Zuschnitts nehmen die Ladegeräte der Sprengstofffahrzeuge meist mehr als 1 m³ Sprengstoff auf.

Der Bergbau in der DDR wurde in vielen Fällen trotz einer objektiven Unwirtschaftlichkeit aufrechterhalten, weil Devisen zur Beschaffung der benötigten Bodenschätze nicht in ausreichender Höhe zur Verfügung standen. Die Devisenknappheit stand auch dem Erwerb leistungsfähiger Betriebsmittel für den Bergbau entgegen. Von daher wurde vieles improvisiert und selber gebaut, wobei man sich mitunter an unerschwinglichen Vorbildern orientierte. Das Sprengstoff-Ladegerät SLG 100 entstammt den Werkstätten des VEB Bergbau- und Hüttenkombinats Albert Funk in Freiberg, zu dem bis zur Wende außer der Schwefelkiesgrube Einheit in Elbingerode auch die Zinnerzgruben Altendorf und Ehrenfriedersdorf gehörten. Die Bauteile sind teils sowjetischer Herkunft. Die Beschaffung eines mit 100 Liter Fassungsvermögen ähnlich leistungsfähigen Gerätes westlicher Produktion ist heute mit einem Kostenaufwand von rd. 18.000 DM verbunden. In dieser kleinen Größenklasse werden im Bergbau hierzulande allerdings kaum mehr Lade-

geräte angeschafft, was sicher auch damit zusammenhängt, daß die letzten Erzgruben ihre Förderung eingestellt haben. Sprengstoff-Ladegeräte des Typs SLG 100 waren zur Betriebszeit der Grube Einheit in einer Stückzahl von 10 bis 15 Geräten im Einsatz bzw. in Reserve. Für die Erzgruben in Altendorf und Ehrenfriedersdorf kann eine vergleichbare Größenordnung zugrunde gelegt werden. Da mit der Schließung der Gruben größtenteils eine Verschrottung der oftmals technisch überkommenen oder altersschwachen Betriebsmittel einhergegangen ist, hat sich auch der Bestand des SLG 100 reduziert. Wenngleich sich im Fundus der jüngst entstandenen, lokalen Bergbaumuseen in den neuen Bundesländern noch das eine oder andere Exemplar finden mag, ist es in den alten Bundesländern dagegen kaum anzutreffen. Für das Deutsche Bergbau-Museum ist der Besitz eines Exemplars besonders erfreulich, da es damit charakteristische, vermutlich unwiederbringliche Bergbautechnik der ehemaligen DDR dokumentieren kann, die vor der Wende in seinen Sammlungen weniger vertreten war.

Funktion und Zweck

Das Sprengstoff-Ladegerät SLG 100 dient dem pneumatischen Einbringen von losem, körnigem oder gepulvertem ANC-Sprengstoff in vorbereitete Bohrlöcher. Dieser Vorgang wird als „Einblasen“ bezeichnet. Die zum Einblasen erforderliche Druckluft wird dem Sprengstoff-Ladegerät über einen Schlauchanschluß entweder aus einem zentralen Druckluftnetz zugeführt oder sie wird vor Ort mit Hilfe einer mobilen Kompressoranlage (bis 10 bar Druck) erzeugt. Die Anlage enthält außer dem eigentlichen Kompressor zweckmäßigerweise einen Druckluftspeicher sowie Abscheider für Öl und für Wasser. Zum Einbringen des Sprengstoffs in das Bohrloch ist ein Lade- oder Einblasschlauch erforderlich.

Auf der Grube „Einheit“ wurden die Sprengstoffladegeräte aus dem zentralen Druckluftnetz versorgt und meist mit dem maximalen Druck von rd. 6 bar beaufschlagt. Anfangs wurde der ANC-Sprengstoff vor Ort in einer Betonmischmaschine aus den Bestandteilen Ammoniumnitrat und Dieselöl gemischt. Seit Mitte der 1980er Jahre stand fertig gemischter Sprengstoff in Form von Prills zur Verfügung.

Zur Bedienung des Ladegerätes waren 3 Mann erforderlich, und zwar zum Beschicken des Behälters mit Sprengstoff, zur Regelung der Druckluftzufuhr sowie zum Halten und Führen des Einblasschlauches.

Im Erz- und Salzbergbau kommt körniger Ammoniumnitrat-Kohlenstoff-Sprengstoff zum

Einsatz, wobei der Kohlenstoff dem Sprengstoffgemisch gewöhnlich in Form von Mineral- oder Dieselöl beigemischt wird. Das Ammoniumnitrat hat entweder eine kristalline Struktur oder es wird in Form von porösen Kügelchen, sogenannten Prills, verarbeitet. Dieser vergleichsweise handhabungssichere Sprengstoff ist in Deutschland in allen Bergbauzweigen außer im Steinkohlenbergbau unter der Handelsbezeichnung „Andex“ zugelassen. Vorteile des ANC-Sprengstoffes sind, daß er billig ist und daß er in loser Form mit Druckluft-Einblasgeräten in waagerechte und in geneigte Bohrlöcher eingebracht werden kann.

Aufbau und Funktion des Gerätes

Das Gerät besteht aus zwei Teilsystemen, dem Sprengstoffbehälter und einem Transportwagen.

Der Sprengstoffbehälter ist kegelförmig aus nichtrostendem Stahl geschweißt und hat ein Fassungsvermögen von 100 l. Oben befindet sich eine trichterförmige, verschließbare Einfüllöffnung, drei Winkel als Aufhängung, sowie ein Luftenlaßstutzen; unten ein rechtwinklig abknickendes, angeschraubtes Ladeventil. Hinter dem Ladeventil befindet sich ein V-förmiger Luftanschluß.

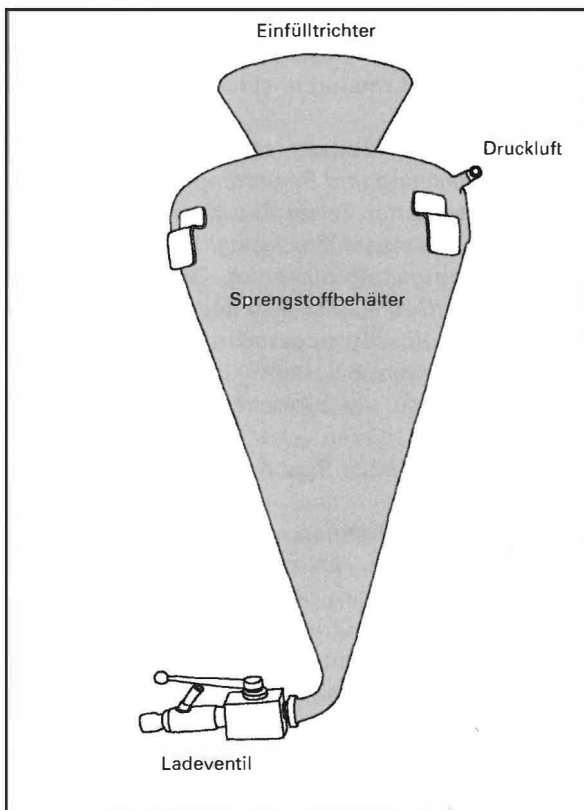


Abb. 2: Der Sprengstoffbehälter mit Einfülltrichter, Aufhängung und Ladeventil (unten).
(Zeichnung : J. Ruppel/K. Schwunk)

Abmessungen des Sprengstoffbehälters:

	Behälter	Einfülltrichter
Höhe	1340 mm	180 mm
Durchmesser oben	630 mm	350 mm
Durchmesser unten	50 mm	200 mm

Der Transportwagen ist aus einer geschweißten Stahlrohr-Konstruktion gefertigt. Hinten sind auf einer Achse zwei Räder mit Schlauchreifen montiert, vorne eine höhenverstellbare Stütze mit Klappdeichsel. Die Verbindung zwischen Achse und Stütze ist aus zwei Stahlrohrkonstruktionen gefertigt: die obere in Trapez-, die untere in Dreiecksform. Die eigentliche Behälteraufnahme besteht aus zwei Ringen. Der obere ist durch drei Rohre mit der Unterkonstruktion verbunden; der untere in die Dreieckskonstruktion des Transportwagens integriert. Auf der Rohrkonstruktion des oberen Ringes parallel zur Achse, befindet sich ein flacher Stahlteiler. Dieser dient als Stütze wenn der Transportwagen zur erleichterten Montage des Behälters umgekippt wird.

Ins Trapez des Wagens integriert, direkt über der Radachse, befindet sich ein Druckluft-Verteilerbehälter mit einem Einlaß- und zwei Auslaß-Schraubstutzen.

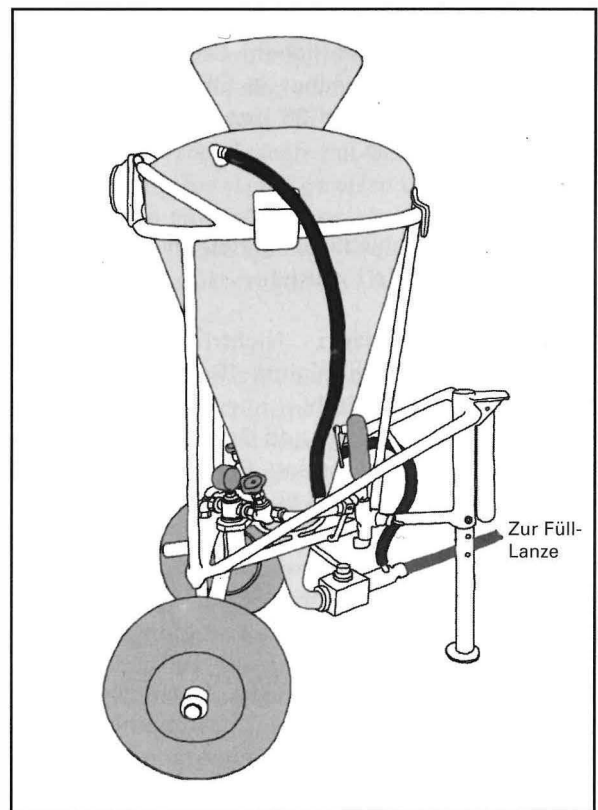


Abb. 3: Der Transportwagen mit den zugehörigen Armaturen.
(Zeichnung: J. Ruppel/K. Schwunk)

Auf den ersten Auslaßstutzen ist zunächst ein Druckminderer mit Armatur russischer Bauart montiert, danach folgt Absperrhahn 1, dann der Verteileranschluß und das Überdruckventil als Abschluß (dieses wurde nach werksseitiger Überprüfung verplombt). Diese Anordnung steuert den Fülldruck. Am zweiten Stutzen sitzt Absperrhahn 2. Dieser steuert den Ladevorgang.

Abmessungen des Transportwagens:

Höhe	1330 mm	
Länge	950 mm	
Breite		800 mm
Länge mit Deichsel		1300 mm

Funktionsbeschreibung

Die in den Verteilerbehälter eingespeiste Druckluft gelangt über den geöffneten Absperrhahn 1, die nachgeschalteten Armaturen sowie einen PVC-Schlauch zum oberen Einfüllstutzen des Behälters. Dort erzeugt sie bei geschlossenem Ladeventil einen Überdruck im Behälter.

Die Luft, die mit Absperrhahn 2 reguliert wird, gelangt über einen PVC-Schlauch zum V-förmigen Verteiler hinter dem Ladeventil. Mit dieser Luft wird zunächst das Bohrklein des Bohrlochs ausgeblasen. Wird anschließend das Ladeventil geöffnet, unterstützt sie den eigentlichen Ladevorgang des Einblasens; die Bohrlöcher in Elbingerode hatten einen Durchmesser von 36 bzw. 56 mm und eine Länge von 2 bis 6 m.

Materialien

Folgende unterschiedliche Materialtypen konnten am Gerät identifiziert werden:

Sprengstoffbehälter: Nichtrostender Stahl, Stahl, Gummi und Aluminium (Geräteschild)

Kugelhahn-Ventil: Stahl

Transportwagen: Stahl und Gummi

Armaturen: Stahl, Messing, Blei, Spritzguß (Zinklegierung), Glas, Gummi- und PVC-Schläuche.

Bestandsaufnahme - Beschreibung der Schäden

Das Ladegerät weist typische Gebrauchsspuren sowie Korrosionsschäden auf. Darüberhinaus befinden sich leichte Auflagerungen von Erzen und Gangart als Spuren der ursprünglichen Nutzung sowie Schmutz und Staub auf der Oberfläche.

Der Sprengstoffbehälter selbst, aus nichtrostendem Stahl gefertigt, weist nahezu keine Korrosionsschäden auf. Lediglich vereinzelte Fremdrostbeläge sind auf der Behälteroberfläche sichtbar.

Auch der Verschlußdeckel des Behälters, aus zwei ovalen, nichtrostenden Stahlblechen mit zwischenliegender Gummidichtung gefertigt, ist nicht korrodiert. Die Dichtung ist mit 12 stählernen Sechskantschrauben und Muttern montiert. Schrauben und Muttern sind stark korrodiert. Dadurch hat sich festsitzender Rost auch auf den Oberflächen der Bleche abgelagert (Fremdrostbeläge).

Während der Sprengstoffbehälter auf Grund des direkten Kontaktes mit dem korrosiv wirkenden Ammoniumnitrat aus hochlegiertem Stahl gefertigt wurde, bestand für den sekundären Transportwagen nicht die Notwendigkeit, entsprechend hochwertiges Material zu verwenden. Der unlegierte Stahl der Rahmenkonstruktion wurde deshalb werksseitig auch mit einer Schutzbeschichtung versehen. Auf der Rohrkonstruktion des Transportwagens finden sich heute jedoch nur noch an wenigen Stellen geringste Reste einer gelblichen Lackschicht unbekannter Zusammensetzung.

Die verschweißten Rohre aus unlegiertem Stahl (Rohrwandstärke 28 x 3 mm) sind im unteren Bereich stark korrodiert, im oberen Bereich teilweise regelrecht zerfressen. An manchen Stellen der Rohre ist die Rohrwand soweit durchgerostet, daß kleinere und größere Löcher entstanden sind. Im oberen Rahmen fehlt ein Rohrstück von 70 mm Länge, viele Rohre zeigen Querrisse. Diese sind ursächlich durch Spannungsrißkorrosion entstanden. Teile der Armaturen sind leicht bis mittelschwer korrodiert.

Zusammenfassung und Bewertung des Zustandes

Bei den korrodierten Teilen des gesamten Objektes kann man von einem Rostbelag, teilweise bereits von einer Verrostung sprechen. Die Korrosion ist während der Gebrauchszeit unter Tage durch das im verwendeten Sprengstoff enthaltene Nitrat begünstigt worden. Bei den meisten Schäden handelt es sich also um typische Gebrauchsspuren. Eine Ausnahme bilden jene Schäden, die durch konstruktionsbedingte Spannungsrißkorrosion entstanden sind.

Der aus hochlegiertem Stahl bestehende Sprengstoff-Behälter ist erwartungsgemäß kaum angegriffen und wird im Hinblick auf Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen nur wenig Aufmerksamkeit erfordern. Der Transportwagen dagegen ist bereits in seinem jetzigen Zustand deutlich bestandsgefährdet. Besonders kritisch muß hierbei der vorgesehene Aufstellungsort im Anschauungsbergwerk gesehen werden, da unter den gegebenen Bedingungen (konstant sehr hohe Luftfeuchtigkeit) ein rasches Voranschreiten der Korrosion zu erwarten ist, wenn nicht drastische Korrosionsschutzmaßnahmen vorangeschaltet werden.

Lösungsansätze zum Problemfeld: Ausstellungsort und Korrosions- schutzmaßnahmen

Wie oben ausgeführt, stehen die beiden Wunschvorstellungen für die Präsentation des Objektes (möglichst geringe Oberflächenveränderung bei gleichzeitiger Ausstellung in korrosiver Atmosphäre) einander diametral gegenüber und sind in der gegebenen Weise nicht ohne eine zu erwartende dramatische Verschlechterung des Materialzustandes zu verwirklichen. Von dieser Situation ausgehend, formulierte die ARGE Korrosion/Restaurierung alternative Kompromißvorstellungen. Dabei wird die Art und Intensität der Oberflächenbehandlung in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen eines möglichen Ausstellungsortes festgelegt. Als grundsätzliche Rahmenbedingungen können folgende Aussagen getroffen werden:

Der aus nichtrostendem Stahl gefertigte Sprengstoffbehälter erfordert keine Konservierungsmaßnahmen. Aus optischen Gründen müssen lediglich die Fremdbeläge entfernt werden. Die Stahlrohre des Transportwagens müssen Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen unterzogen werden. Die Lücken in der Rohrkonstruktion haben keine Auswirkungen auf die Stabilität des Wagens, somit sind Ergänzungen nicht erforderlich. Eine optische Fehlinformation des Betrachters steht nicht zu befürchten.

Aufstellung in einer staubdichten Vollsicht- vitrine

Die Aufstellung des Objektes im Innenraum und zusätzlich in einer geschlossenen Vitrine, für Kleinobjekte die gebräuchlichste Präsentationsform, erfordert auf Grund der dann konstanten, zumeist niedrig gehaltenen Luftfeuchten die geringsten Eingriffe bei Restaurierung und Konservierung.

Erforderliche Maßnahmen: Das Objekt ist mit Dampfstrahlgerät unter Zusatz von nicht aggressiven Reinigungsmitteln von Schmutz und losen Korrosionsrückständen zu säubern und nach dem Trocknen ausstellen.

Zusätzliche Maßnahmen:

- Zugabe von Dampfphaseninhibitoren wie VCI /VPI: Dampfphaseninhibitoren wie VCI (Vapour Corrosion Inhibitor) oder VPI (Vapour Phase Inhibitor) sind Feststoffe (zumeist organ. polare Substanzen), die durch Sublimation konstant Wirkstoffe freisetzen (Waller 1989). Diese schlagen sich auf den Metalloberflächen nieder und lösen sich im dort vorhandenen Feuchtigkeitsfilm. Die schützende Wirkung bei den Eisenmetallen ergibt sich durch eine

Alkalisierung des Elektrolytfilms oder/und eine Erhöhung des stationären Korrosionspotentials. Allgemein werden Eisenmetalle besonders wirksam geschützt, wenn der Dampfphaseninhibitor die passivierende NO₂-Gruppe und Amine enthält. Daher haben sich Nitrite cyclischer Amine als besonders wirksame Inhibitoren der atmosphärischen Korrosion von Eisenmetallen bewährt (Barton 1973).

Aus den oben gemachten Aussagen ist ersichtlich, daß die Wirksamkeit von VCI/VPI nur bei einem ausreichenden Feuchtefilm auf der Metalloberfläche gegeben ist. Die Anwendung der Dampfphaseninhibitoren zusammen mit Trockenmitteln, wie von Waller (1989) empfohlen, erscheint also nicht sinnvoll.

Bei der Anwendung von VPI muß das Objekt in einen geschlossenen Raum eingebracht werden, der Depotabstand zwischen Objekt und der mit VCI/VPI behandelte Schutzhülle soll kleiner als 30 cm sein, Luftbewegung ist zu vermeiden. VPI kann in einer Vitrine als Pulver eingestreut oder in Alkohol aufgelöst und direkt auf das Objekt aufgesprüht werden. Es bildet sich dann eine feinkristalline Schutzschicht. Jede VCI/VPI-Behandlung ist in gewissen Abständen zu wiederholen, da das Mittel sich verbraucht. Eine Zeitangabe für die Wiederholung der Maßnahme ist nicht möglich; das Objekt muß routinemäßig beobachtet werden. Indikatoren, die den verbliebenen Wirkungsgrad des Inhibitors anzeigen, sind nicht bekannt.

VPI/VCI reagiert nur mit metallischen Oberflächen, nicht jedoch mit den Korrosionsprodukten (Rost). Durch eine gewisse Unterwanderung der Rostzone wird allerdings eine Verlangsamung der weiteren Rostbildung erreicht, so daß der Einsatz auch bei korrodierten Objekten noch sinnvoll sein kann.

- Spülung mit Stickstoff: Eine andere häufig formulierte zusätzliche Schutzmaßnahme ist die Spülung der Vitrinen mit Stickstoff, um die vorhandene feuchtebeladene Luft durch das Schutzgas zu verdrängen. Bei dieser Technik muß allerdings auch gesehen werden, daß sich die Trockenheit des Stickstoffes bei kontinuierlicher Spülung verschlechtern kann. Stickstoff-Gasflaschen enthalten immer Feuchtigkeit als Bodensatz. Beim Entleeren der Flaschen werden gegen Ende der Entnahme diese Wasserkondensatreste in größerem Umfang freigesetzt.

Ergebnis der Vitrinen-Lösung: Übernahmezustand sowie Gebrauchsspuren bleiben erhalten. Die Korrosion wird nahezu keinen Fortgang nehmen. Für die meisten technischen Objekte ist diese Lösung aufgrund ihrer Abmessungen jedoch unrealistisch und zu kostenaufwendig.

Aufstellung im geschlossenen, normal klimatisierten Raum

Die Aufstellung im geschlossenen, normal klimatisierten Raum entspricht im Hinblick auf die Luftfeuchte weitgehend der Vitrinensituation. Hier entfällt allerdings die Möglichkeit der Anwendung von Dampfphaseninhibitoren, da das umgebende Luftvolumen zu groß ist.

Auf Grund des direkteren Kontaktes zum Publikumsverkehr im Museum sollte bei dieser Ausstellungsart jedoch sowohl das Objekt vor den Besuchern (Problematik Handschweiß) als auch der Besucher vor einer Beschmutzung durch das Objekt geschützt werden. Diese Abschirmungssituation kann durch eine geeignete Wachskonservierung erreicht werden. Um Wachse wirksam auftragen zu können, ist nur eine Entfernung der losen Korrosionsschicht notwendig.

Erforderliche Maßnahmen: Feinstrahlen mit weichen Strahlmitteln wie z.B. Dry Strip (P.E.-Granulat, FDS-Dry-Stripping-Technology, Heinrich-Schlick-Str. 9, 48629 Metelen) oder Walnußschalen, anschließend Konservierung mit einem Schutzauftrag aus mikrokristallinen Paraffinen auch als Schutz bei Berührungen.

Ergebnis: Übernahmestand sowie Gebrauchsspuren bleiben weitestgehend erhalten. Die Korrosion wird keinen nennenswerten Fortgang nehmen. Schutz bei Berührung ist gegeben.

Aufstellung im überdachten Freigelände

Die Belastungssituation im Hinblick auf das Voranschreiten der Korrosion ist im überdachten Freigelände kritischer zu beurteilen. Durch die höhere Luftfeuchte (besonders z.B. bei Nebel und Regen) ist ein dichter Elektrolytfilm auf der Oberfläche zu erwarten. Die in den Korrosionsschichten enthaltenen reaktiven (aggressiven) Komponenten werden auf Grund des „verbesserten“ Reaktionsmediums verstärkt mit dem noch intakten Material reagieren können. Durch die stärkeren Temperaturwechsel im Freien ist zusätzlich mit einem Spannungsaufbau in der Korrosionsschicht und einer Lockerung des Materialverbundes zu rechnen. Die vorbeugenden Korrosionsschutzmaßnahmen müssen dieser höheren Belastung Rechnung tragen.

Soll ein „Gebrauchszustand“ als optischer Eindruck möglichst erhalten bleiben, sind das Aufbringen von Inhibitoren und eine anschließende Behandlung mit Wachsen ein häufig benutztes Verfahren. Als Vorbereitung hierzu ist die Oberfläche allerdings durch geeignete Verfahren deutlich von den auflagernden Korrosionsprodukten zu befreien. Die Anwendung von Inhibitoren ist eigentlich auf „technisch reine“ Metalloberflächen begrenzt (Barton 1973), da nur hier der Aufbau oder

die Verstärkung einer schützenden Passivierungsschicht wirkungsvoll gegeben ist. Wird diese Randbedingung nicht eingehalten (Reste von Korrosionsprodukten auf der Oberfläche), ist auch die Schutzwirkung eingeschränkt. Das Für und Wider verschiedener Korrosionsinhibitoren wird von der ARGE Korrosion/Restaurierung wie folgt beschrieben:

- Behandlung mit VPI-Lösung: Bietet nur temporären Schutz; Objekt muß in Folie eingeschlagen werden, um Luftaustausch zu vermeiden; daher für die Präsentation wenig geeignet.

- Behandlung mit Phosphaten (Kalziumphosphatierung; Rostprimer): Ziel dieser Mittel (von der Werbung versprochen) ist die Umwandlung der Korrosionsprodukte (Rost) in inhärente Verbindungen, die zusätzlich eine gewisse Schutzfunktion ausüben. Dies soll durch die Umsetzung der Eisenoxide/ hydroxide mit Phosphorsäure erfolgen. Die gebildeten Eisenphosphate sind schwerlöslich und sollen als fester Belag die Oberfläche vor einem weiteren Angriff schützen.

Dieser vom Prinzip her richtige Ansatz (siehe Phosphatierung) wird bei den typischerweise für den Heimwerkerbereich verkauften Produkten jedoch kaum sinnvoll verwirklicht. Die kalt aufgetragenen Mittel reagieren nur unvollständig mit den Korrosionsprodukten, so daß sich keine wirkliche Schutzschicht aufbauen kann.

- Phosphatierung (technische Verfahren): Anders als bei den Rostprimern wird hier in mehreren Behandlungsschritten (mit Tauchprozessen in kalten, warmen oder heißen Bädern) eine Schutzschicht auf der speziell vorbehandelten, sauberen Metalloberfläche aufgebaut. Die Wirkung dieser Passivierungsschichten ist durch die Ausbildung sehr dünner abschirmender Lagen von komplexen Verbindungen des Phosphates mit dem dreiwertigen Eisen zu erklären. Dieser z.B. im Automobilbau angewendete Prozeß ist jedoch technisch aufwendig und wird deshalb im vorgestellten Falle kaum zur Anwendung kommen können. Darüber hinaus sind nach dem Phosphatieren weitere Deckbeschichtungen notwendig, um einen Langzeitkorrosionsschutz zu erhalten.

- Behandlung mit Tannin: Hier kommt es analog der Wirkung der Phosphorsäure zu einer Reaktion der Eisenkorrosionsprodukte (Flugrost) mit Gerbsäure (Tannin). Dabei bilden sich schwerlösliche Eisenverbindungen, die die Oberfläche dunkel verfärben. Die Behandlung mit Tannin ist erfahrungsgemäß relativ wirkungslos und nur von temporärer Dauer (Wunderlich 1994).

Nach der Behandlung mit Inhibitorsystemen sind bei der Aufstellung des Objektes im Freien unbedingt noch zusätzliche Beschichtungen als Schutzüberzüge aufzutragen. Bei der Aufstellung im überdachten Freigelände ist die Behandlung mit

mikrokristallinen Wachsen das geringste noch tragbare Schutzkonzept, wobei diese Behandlung in kürzeren Abständen wiederholt werden sollte. Eine Aussage zu den notwendigen Zeitabständen der Behandlungen ist nicht möglich; das Objekt muß routinemäßig überwacht werden.

Ergebnis: Übernahmezustand sowie Gebrauchsspuren bleiben bedingt erhalten. Die Korrosion wird, wenn auch etwas verlangsamt, fortschreiten.

Aufstellung im Freien oder im Anschauungsbergwerk des Deutschen Bergbau-Museums

Durch die zusätzliche Belastung durch Regen oder stehende Nässe ist hier eine konventionelle Korrosionsschutzbehandlung unvermeidbar.

Erforderliche Maßnahmen: Vollständiges Abstrahlen mit Aluminiumkorund, Kupferschlacke etc. bis auf das blanke Metall. Eventuelle Ergänzung der Fehlstellen und Reparatur aller defekten Teile. Rostentfernung in den Rohren ist nicht notwendig, die Korrosion wird hier erfahrungsgemäß keinen gravierenden Fortgang nehmen.

Konservierung: Auftrag eines Grundiermittels. In der Vergangenheit hat sich hierzu Bleimennige bestens bewährt. Jedoch ist heutzutage umweltverträglicheren Mitteln Vorrang einzuräumen, wie z.B. einem einmaligen Auftrag von Polyurethangrund (z.B. Ek-Pur-Reaktionsgrund farblos Purg 1082, Lackfabrik Dr. Conrads, Viehofstraße 206, 42117 Wuppertal); anschließend konventionelle Grundierung und Lackierung (Mehrfachbeschichtung).

Ergebnis: Übernahmezustand sowie Gebrauchsspuren gehen durch diese Behandlung zum größten Teil verloren. Das Objekt verliert einen Teil seines dokumentarischen Stellenwertes. Der erzielte Korrosionsschutz ist relativ langlebig.

Entscheidung des Deutschen Bergbau-Museums zur Aufstellung und den erforderlichen vorbereitenden Maßnahmen

Die in den Diskussionen der ARGE KORE erarbeiteten Beziehungen zwischen Aufstellungsort und vorbereitender Objektbehandlung führten zu der Entscheidung, das Sprengstoffladegerät nicht im Anschauungsbergwerk, sondern in Halle 4 „Gewinnung und Sprengtechnik“ des Deutschen Bergbau-Museums auszustellen. Das Sprengstoffladegerät stellt aus technikhistorischer Sicht ein sehr seltenes und spezielles Gerät aus der ehemaligen DDR dar, welches in seinem derzeitigen Zustand nicht verändert werden soll. Im Vordergrund der Präsentation soll daher das individuelle Objekt und nicht seine reine Funktion stehen. Daher wird der Schwerpunkt

auf die weitestgehende Erhaltung des Originalzustandes gelegt und eine Aufstellung im Anschauungsbergwerk, die auf Grund der Korrosionsschutzmaßnahmen eine deutliche Veränderung des Zustandes vorausgesetzt hätte, verworfen.

Als Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen werden abgestimmt auf die oben gemachten Ausführungen folgende Behandlungen durchgeführt:

Restaurierung: Dampfstrahlen mit einem mildem Reinigungsmittel (Hebro HB-200, Hebro Chemie, Oppelner Str. 3, 41199 Mönchengladbach), anschließende Entfernung von Korrosionsauflagerungen mit P.E.-Granulat, Die Konservierung erfolgt mit Fischer-Tropsch-Paraffin als Berührungsschutz (Vestowax, Hüls Chemie Gelsenkirchen; Hermann Ter Hell, Kattrepelbrücke, 20095 Hamburg; Ansatz: 30 g Vestowax SH 105, 3 g Vestowax A 330, 5 g Tafelparaffin 54/56, 962 g n-Heptan. Die im Leimtopf oder einer Fritteuse angewärmten Paraffine werden mit dem Lösemittel aufgefüllt, die Mischung wird im gut belüfteten Raum auf das leicht vorgewärmte Objekt aufgespritzt oder aufgepinselt. Nach dem Verdunsten des Lösemittels kann poliert werden.)

Zusammenfassung

Die Diskussion der ARGE KORE über Korrosionsschutz am Fallbeispiel „Sprengstoffladegerät“ führte zu folgendem Ergebnis:

Für die Aufstellung technischer Objekte in normal klimatisierter Umgebung (ca. 50 % relative Feuchte und 18 °C) sind keine besonderen Korrosionsschutz-Maßnahmen notwendig, da bei derartigen Klimabedingungen kaum Korrosion auftritt. Ein Schutz gegen Berührung ist jedoch unerlässlich (Vitrine, Lackierung oder Paraffinüberzug).

Bei der Aufstellung in korrosionsfördernder Umgebung (im Freien - auch mit Überdachung - oder bei hoher Luftfeuchte) ist auf eine umfangreiche Korrosionsschutz-Maßnahme nicht zu verzichten. Die Art und Intensität der Maßnahmen hängt von der Belastungssituation am Aufstellungsort und der Bereitschaft zu häufigen nachgeschalteten Pflegemaßnahmen ab. Häufig jedoch sind vollständiges Abstrahlen des Objektes mit anschließender Grundierung und Mehrfachbeschichtung unerlässlich.

Summary

Since the introduction of loose explosives into underground mining, different charging devices have been developed. The Deutsches Bergbau-Museum recently acquired a SLG 100 type machi-

ne, build in 1981 in the GDR. Design, function and application of this type are discussed. The conservation methods for such an object depend from the conditions at the area where it is displayed. The underground mine of the DBM would give a very realistic background for the SLG 100, but would also make necessary strong protective means due to the constantly high humidity.

After discussing the various possibilities, it was decided to clean the object only from loose dirt, to give it a protective coating of an appropriate wax and to display it in a show room rather than underground.

Literatur

Barton, K. (1973): Schutz gegen atmosphärische Korrosion - Theorie und Technik. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße.

Waller, Ch. (1989): Korrosionsschutz an technischen Geräten, Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1, Gruppe 26, Technisches Kulturgut, Seite 1 - 9, Verlag RGZM, Mainz.

Wunderlich, Ch. (1994): Zur Zuverlässigkeit des Korrosionsschutzverfahrens mit Tannin, Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1, Gruppe 1, Eisen, Seite 280 - 286, Verlag RGZM, Mainz .

metallum, i, n:
Grube, Bergwerk (oft pl.);
Metall, auch Gestein, Mineral

μεταλλον, το:
Grube, Stollen;
bsd. a) Bergwerk (meist pl.)
b) Steinbruch



Inhalt

Seite

B. Brunke, H.-J. Kunkel & St. Brüggerhoff

Das Sprengstoff-Ladegerät SLG 100

Betrachtungen zu Korrosion und Korrosionsschutz bei der Erhaltung von Technischem Kulturgut

3

D. Kirchner & St. Brüggerhoff

Depositionsratenmeßsysteme zur Bewertung der Immissionsbelastung in

Außenschutz-Verglasungen

11

Th. Rehren & L. Klappauf

... ut oleum aquis

Vom Schwimmen des Silbers auf Bleiglätte

19

M. Prange & H.-J. Götze

Analyse früher Kupfer- und Eisenschlacken mittels optischer Atomspektrometrie (ICP-OES)

29