

Unter Berücksichtigung der obigen Zusammenhänge ist eine objektive Möglichkeit gegeben, den volkswirtschaftlichen Nutzen zu erhöhen. Durch eine wissenschaftlich fundierte Werkstoffauswahl für das Auftragen auf Verschleißteile ist also ein Qualitätssprung erreichbar.

Im einzelnen sind dann folgende Aufgaben zu lösen:

- a) Systematisches Bestimmen der Verschleißfestigkeit aufgetragener Werkstoffe in Kurzzeitversuchen
- b) Systematisches Erfassen der Abhängigkeiten der verschiedenen Meßwerte und Parameter der Aufbereitungsverfahren und deren mathematische Aufbereitung für EDV
- c) Sofortiges Ersetzen von Werkstoffen niedriger Verschleißfestigkeit durch solche mit höherer Verschleißfestigkeit
- d) Im Interesse hoher Grenznutzungsdauern sind die Rauhiefen aufgearbeiteter Einzelteile zu verringern (Schleifen für Gleitlager)
- e) Systematisches Bestimmen der Kosten für das Auftragen je  $\text{cm}^3$  Werkstoff für verschiedene Verfahren bei hohen Verschleißfestigkeiten
- f) Schaffung von automatisierten oder teilautomatisierten Aufarbeitungsbetrieben mit höchster Qualität und Produktivität

- g) Anwendung von Prozeßrechnern, die es gestatten, von der Schadensaufnahme (d. h. Bestimmen des Materialverlustes gegenüber Nennmaß) bis zum selbsttätigen Einstellen der Auftragsparameter und der Gütekontrolle automatische Produktionsabschnitte einzurichten.

#### Literatur

- [1] KARSARZEW, W. T.: Instandsetzung von Maschinen (Remont Maschin). Selchosizdat Moskau 1961
- [2] EICHLER, CHR.: Technisch-ökonomische Grenzen der Einzelteilinstandsetzung. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) Teil I, H. 9, S. 419, Teil II, H. 10, S. 461
- [3] SCHADRITSCHEW, W. A.: Die Instandsetzung von Automobilen. Verlag Maschinenbau Moskau-Leningrad 1963
- [4] STEGMANN, F.: Über die Anwendungsbereiche für Aufbereitungsverfahren. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 10, S. 464 und 465
- [5] STEGMANN, F.: Verfahren zur Aufarbeitung von Verschleißteilen und die Grenzen ihrer Anwendung. Forschungsbericht des Instituts für Landtechnik der Universität Rostock (unveröff.)
- [6] EICHLER, CHR.: Ausarbeitung rationeller Instandsetzungsverfahren unter Berücksichtigung der Grenzen der Instandsetzung und Automatisierung bestimmter Leistungen; Teil IV Technisch-ökonomische Grenzen der Instandsetzung von Einzelteilen. Forschungsbericht des Instituts für Landtechnik der Universität Rostock 1968 (unveröff.)
- [7] SCHADRITSCHEW, W. A.: Die Vergleichverschleißfestigkeit und das Einlaufverhalten von Metallüberzügen, die für die Wiederherstellung von Maschinenteilen anwendbar sind. Westnik mashinostrojenija (1960) H. 9 A 7897

## Möglichkeiten der Teilautomatisierung beim SG (CO<sub>2</sub>)-Auftragsschweißen<sup>1</sup>

### Automatisches CO<sub>2</sub>-Auftragsschweißen

Die 12. Tagung des ZK der SED wies zwei Wege für die weitere Entwicklung unserer Volkswirtschaft:

1. Systemautomatisierung in den wichtigsten, strukturbestimmenden Betrieben,
2. komplexe sozialistische Rationalisierung unter Einsatz von Automaten in allen Betrieben.

Der Bereich der VVB Instandsetzung gehört nicht zu der erstgenannten Kategorie, für ihn ist deshalb der 2. Weg bestimmend für die Entwicklung der nächsten Jahre.

Das umfangreiche Sortiment an instand zu setzenden rotationssymmetrischen Einzelteilen sowie die relativ niedrige Stückzahl der anfallenden Einzelteile in den LIW bedingen, daß der technischen und materiellen Verwirklichung der durchgehenden Automatisierung eine weitere Spezialisierung vorausgehen muß. Das Schwergewicht liegt vorerst auf der Automatisierung einzelner, spezieller Prozesse, die z. Z. den größten Nutzeffekt erwarten läßt.

Diese automatischen Teilprozesse bilden dann die Grundlage zu weiterer Automatisierung. Sie sind jetzt notwendig, um die komplexe sozialistische Rationalisierung in den LIW zu verwirklichen.

Ein Beispiel soll zeigen, wie ein solches Ziel angestrebt werden kann.

Das SG (CO<sub>2</sub>)-Verfahren ist für die Auftragsschweißung in allen LIW gegenwärtig das meistangewendete Verfahren. Die vorhandenen Geräte und Anlagen gestatten es jedoch nicht, die Technologie, speziell bei der Einzelteilinstandsetzung,

Ing.-H. FRANK\*

kostengünstig zu verändern (Bild 1). Der Einsatz dieser Geräte ist noch mit einem hohen Aufwand an manueller Arbeit verbunden. Zum anderen sind es technische Unvollkommenheiten, z. B. Vorschubbereichsgrößen u. ä., die einer neuen Technologie im Wege stehen, die sogar zum Zurückgreifen auf das Handschweißen zwingen. So betrachtet, ist es unbedingt erforderlich, daß Anlagen gebaut werden, die

- a) die technischen Unzulänglichkeiten beseitigen und
- b) durch Anwendung der BMSR-Technik die Merkmale von teilautomatischen und automatischen Anlagen besitzen und die manuelle Arbeit weitgehend beseitigen.

In den verschiedenen Varianten wird das CO<sub>2</sub>-Verfahren zum Auftragen verschlissener Maschinenteile angewendet.

Die Schweißgeräteindustrie hat in den letzten Jahren nichts unversucht gelassen, vervollkommnete Geräte und auch automatisierte Geräte anzubieten, zum Beispiel die MSK-Serie von Finsterwalde.

Für uns gilt es, diese Geräte im Systemeinsatz so anzuordnen, daß ihre Automatisierbarkeit voll ausgenutzt wird. Vom ZIS Halle wurden im Katalog „Entwicklungen 1968“ Geräte im Baukastensystem angeboten, die jedoch die speziellen Probleme bei der Instandsetzung und besonders der Einzelteilinstandsetzung nicht lösen. Die LIW waren also gezwungen, sich selbst zu helfen. In unserem Betrieb (Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal) wurde im Jahre 1968 ein Forschungsthema über die Keilwelleninstandsetzung bearbeitet. Nach Abschluß der Untersuchungen stellten wir fest, daß die Instandsetzung von Keilwellen möglich ist. Es stellte sich aber auch heraus, daß die Instandsetzung mit den vorhandenen Möglichkeiten in den LIW bei weitem nicht das Optimum des Erreichbaren liefert. Hier konnte nur die Automatisierung weiterhelfen. Im PVB wurden deshalb sofort nach Abschluß des Forschungsthemas „Keilwelleninstandsetzung“ die Arbeiten am Projekt „Teilautomatisches Auftrags-

\* Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

<sup>1</sup> Aus einem Vortrag auf der 4. Wissenschaftlich-technischen Tagung „Rationalisierung der Instandhaltung in der sozialistischen Landwirtschaft“ des SKL und des FV „Land- und Forsttechnik“ der KDT am 10. und 11. Dez. 1969 in Leipzig

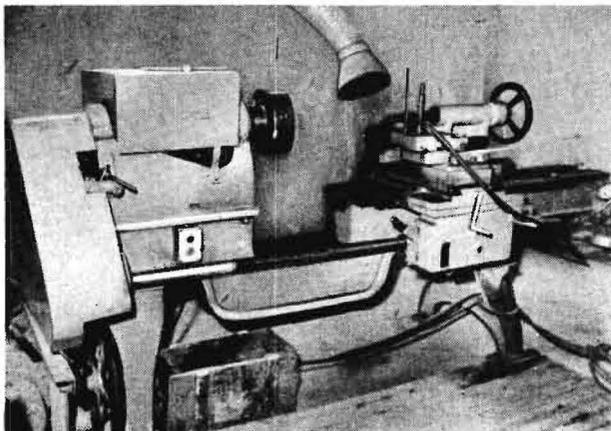


Bild 1. Herkömmliche Anlage, trägt keinerlei Automatisierungsmerkmale, Längsauftrag mit Teilung nicht möglich, Vorschubbereich zu klein

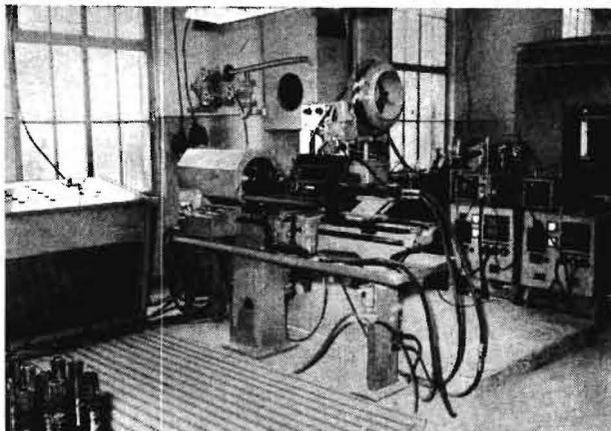


Bild 2. Teilautomatische Schweißanlage mit 10 Programmen vom PVB Charlottenthal

schweißen bei der Keilwelleninstandsetzung“ begonnen. Die folgende Aufgabenstellung legte den Umfang der Arbeiten exakt fest.

Für unser Programm wurden ausschließlich rotationssymmetrische Einzelteile vorgesehen. Unter Beachtung der Technologie der Instandsetzung dieser Teile galt es, eine teilautomatische Schweißanlage zu entwickeln, die Längs- und Rundumauftrag ermöglicht. Die Teilmöglichkeit der Maschine für das Längsauftragsschweißen der Keilprofile ist direkt und ohne Zusatzteilgerät auszuführen. Manuell sollte nur das Einspannen erfolgen (Bild 2).

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Gerätes ist vorgesehen, auch diesen Arbeitsgang durch eine Zuführeinrichtung zu automatisieren, sobald es sich vom Sortiment und der Stückzahl her als lohnend und durchführbar erweist. Das Gerät muß so beschaffen sein, daß unterschiedliche Zusatzwerkstoffe gleichzeitig verschweißt werden können. Bei der Entwicklung der Anlage ist auf eine universelle Verwendbarkeit zu achten.

Die Einspannmöglichkeit ist auf

$$D_{\text{Umlauf}} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{\text{max}} = 850 \text{ mm (Einspannlänge)}$$

$$G_{\text{max}} = 40 \text{ kp}$$

festgelegt. In diesen Bereich der Abmessungen fallen alle für die Instandsetzung vorgesehenen Teile. In einer Konsultation mit dem ZIS Halle ist der Lösungsweg zu diskutieren, um die neuesten Ergebnisse des ZIS zu verwerten und Parallelentwicklungen zu vermeiden.

### Lösung des Problems

Die Programmauswahl ergab 10 Programme für Längs- und Rundumauftrag:

1. Vollauftrag, 1 Lage, 1 Brenner
2. Vollauftrag, 1 Lage, 2 Brenner
3. Vollauftrag, 2 Lagen, 1 Brenner
4. Vollauftrag, 2 Lagen, 2 Brenner
5. Profilauftrag einseitig, 1 Lage, 1 Brenner
6. Profilauftrag einseitig, 1 Lage, 1 Brenner (entgegengesetzte Seite von 5.)
7. Profilauftrag beidseitig, 1 Lage, 2 Brenner
8. Profilauftrag einseitig, 2 Lagen, 1 Brenner
9. Profilauftrag beidseitig, 2 Lagen, 2 Brenner
10. Kombiniertes Profilauftrag mit anschließendem Rundumauftrag, 1 Lage, 2 Brenner.

Diese Programmauswahl gestattet die Ausführung aller Schweißauftragsarbeiten in unserem Industriezweig (Bild 3). Die Konstruktion wurde steuerungstechnisch ausschließlich aus Standard-Bauelementen gefertigt. Die Wahl des Grundgerätes fiel auf eine Drehmaschine DMLZ 315 × 1000. Bei der Auswahl des Grundgerätes müssen 2 Bedingungen erfüllt werden:

1. Eine Arbeitsspindel und ein parallel zur Werkstückachse verfahrbarer Werkzeugträger müssen vorhanden sein.
2. Der Werkzeugträger muß arbeitsspindelrehzahlabhängig und ohne Drehung der Arbeitsspindel veränderliche Vorschübe ausführen können.

An Stelle der Drehmaschine kann natürlich auch jedes andere Gerät verwendet werden (ZIS-Baueinheiten), das diese Bedingungen erfüllt. Die Steuerung der Anlage erfolgt elektrohydraulisch. Dieses Steuerungssystem hat sich für diesen Zweck als das billigste und zuverlässigste herausgestellt (Bild 4).

Einzelheiten des Steuerungssystems sollen hier nur erläutert werden, um

1. Lösungen zu zeigen, deren Probleme es in der Vergangenheit verhinderten, kombinierte Auftragungen zu mechanisieren;
2. die Bewegungsabläufe darzustellen.

Zu 1.) Beim Auftragsschweißen der verschiedensten Einzelteile stellt sich heraus, daß beim Längsauftrag (z. B. Keilwellen, Paßfedernut) gegenüber dem Rundumauftrag Vorschübe erforderlich sind, die 150mal größer sein müssen. Bei unseren herkömmlichen Anlagen ist ein solcher Vorschubbereich nicht vorhanden. Deshalb war es nicht möglich, kombinierte Auftragungen automatisch auszuführen.

Die Lösung dieses Problems gelang durch Teilung der beiden Vorschubbereiche mit separatem Antrieb. Während der Vorschub beim Rundauftrag von der Arbeitsspindel über Wechselräder drehzahlabhängig mit der Leitspindel erfolgt, erhält ein 2. Support eine unabhängige Vorschubbewegung zum Hauptsupport durch einen Hydraulikzylinder oder als Variante durch eine elektrische Vorschubeinheit. Außer dem großen Vorschubbereich von 2 mm/U bis 4 mm/U oder 0 bis 4000 (2300) mm/min gestattet diese Vorschubkombination die Abhängigkeit des Vorschubs von der Drehzahl der Arbeitsspindel beim Rundumauftrag und den Stillstand der Spindel beim Längsauftrag.

Zu 2.) Konstruktive Lösung

Der Antrieb der Arbeitsspindel erfolgt hydraulisch aus 2 zwingenden Gründen:

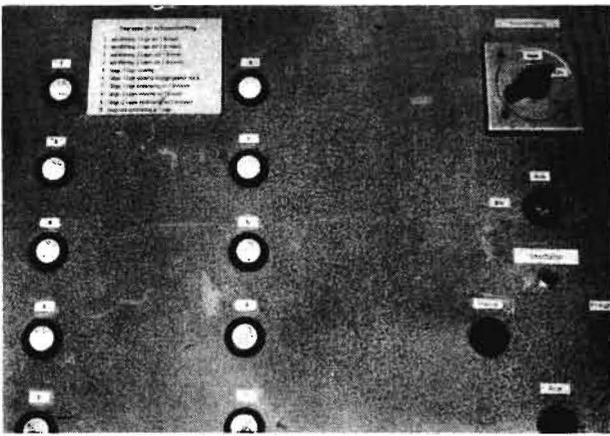


Bild 3. Programm-Schalter 1-10

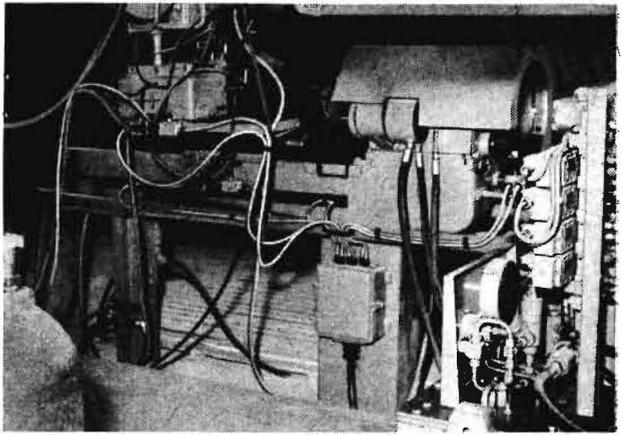


Bild 4. Wegbegrenzung durch Mikrorollentaster, Hydraulik-Druckerzeugungs- und Steueranlage. Antrieb der Arb.-Spindel durch Axko-Motor-Teileinrichtung

- a) Jede Drehbewegung muß sich ohne Zusatzgerät direkt und ohne Verzögerung teilen lassen,
- b) Hydraulikantriebe ändern ihre Bewegungsrichtung schneller als elektrische gleicher Größenordnung aufgrund ihres geringeren Trägheitsmomentes (Verhältnis 1 : 100).

Die Drehzahlen sind über ein Drosselventil stufenlos regelbar (1 bis 240 U/min). Die Spannung des Werkstückes zwischen den Spitzen erfolgt wegen der schon vorhandenen Hydraulik ebenfalls hydraulisch, ebenso auch die Umschaltung von einem Vorschubbereich in den anderen. Die Begrenzung der Bewegungsabläufe übernehmen verstellbare Mikrotaster. Mit ihnen können sowohl die Teilung als auch die Auftragslängen, dem Werkstück entsprechend, abgetastet werden. Die Mikrotaster lösen über entsprechende Relais Impulse in Stoßmagneten aus, die die hydraulischen Wegeventile betätigen. Dieser Steuerungsvorgang läuft in  $\frac{1}{50}$  s ab, so daß eine für diese Zwecke ungewöhnlich hohe Schaltgeschwindigkeit und damit eine exakte Genauigkeit der Bewegungsabläufe erzielt wird.

Diese Anlage wurde steuerungstechnisch so ausgestattet, daß der nachträgliche Anbau einer automatischen Zuführeinrichtung möglich ist, soweit es sich vom Sortiment und der Stückzahl her als lohnend erweist.

Die Anlage wurde außerdem mit einer automatischen Kühlanlage ausgerüstet, weil beim Auftragen der gehärteten Hohlwellen Härteverluste an der der Auftragsschicht entgegengesetzten Flanke von 20 Prozent auftraten. Der Einsatz der Kühlanlage verringert den Härteabfall auf 3 Prozent. Dieser Härteabfall ist vertretbar. Die Kühlung erfolgt indirekt (Kühlmittel wird durch die Hohlwelle geleitet), um Härterisse im Schweißgut zu vermeiden.

Die Anlage kann sowohl mit Kurzlicht- als auch mit Sprühlichtbogentechnik arbeiten (getrennt oder nebeneinander).

Ebenso können harte und weiche Zusatzwerkstoffe gleichzeitig oder auch nur einer von beiden verschweißt werden (Bild 5).

### Ökonomischer Vergleich

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der halbautomatischen Schweißanlage wurde ihr Einsatz den z. Z. in den LIW praktizierten Varianten der Auftragsschweißung gegenübergestellt. Dabei stellte sich heraus, daß die LIW grundsätzlich 2 Verfahren anwenden:

1. Hartauftragen von Hand mit Spezialelektroden
  2. Rundumauftrag mit Zusatzdraht (überwiegend 10 Mn Si 6) auf Drehmaschinen ohne jegliche automatische Steuerung.
- Mit diesen Verfahren kann man jedoch weder die Einzelteilinstandsetzung forcieren noch deren Qualität heben. Es

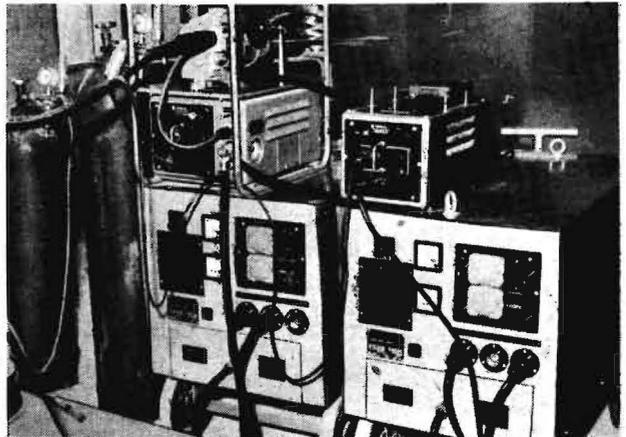


Bild 5. Schweißtechnischer Geräteteil. 1 MSH-Zusatzgerät, 1 MSK-Zusatzgerät (Kurzlichtbogen)

waren völlig neue Maßnahmen notwendig, um dieses Hemmnis zu überwinden. Der 1. Schritt dazu ist die Konstruktion einer halbautomatischen Anlage, die es gestattet, den eigentlichen Schweißprozeß vollautomatisch durchzuführen. Der 2. Schritt mußte den technologischen Ablauf der Auftragung so gestalten, daß

- a) die anschließende mechanische Bearbeitung auf ein Minimum herabgesetzt wird,
- b) der Zusatzwerkstoffverbrauch gering bleibt und damit das Verhältnis  $\frac{\text{aufgetragener Werkstoff}}{\text{abzutragender Werkstoff}}$  möglichst Werte  $\geq 2$  erreicht;
- c) die Qualitätsmerkmale Härte und Gefügeausbildung des Neuteils erreicht oder überboten werden.

Die Anlage muß also schneller und besser arbeiten, wenn ihr Einsatz nicht von vornherein in Frage gestellt werden soll.

Die z. Z. bestehenden Auftragsverfahren liefern folgende Werte auf Bezugsgröße 50 mm Keilwellenprofillänge mit 8 Keilen — (zum Vergleich sind die ermittelten Werte der Schweißanlage gegenübergestellt):

	Keilprofil	
	Rundumauftrag	Längsauftrag
von Hand	—	6
mit Drehmaschine	12	—
mit Schweißanlage	(12)	2

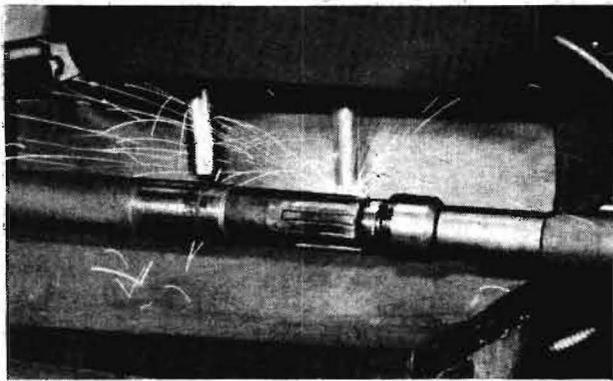


Bild 6. Schweißvorgang  
 Brenner 1: Längsauftrag Brenner 2: Rundumauftrag  
 Werkstück: Hohlwelle RS 14

Diese Werte stellen die Zeit: Beginn des Schweißvorgangs — Abschluß des Schweißvorgangs dar. Sie enthalten keine Spannzeiten. Jedoch sind in ihnen alle Zeiten enthalten, die dazwischen anfallen. Eindeutig läßt dieser Vergleich erkennen, daß der größte Zeitaufwand beim Rundumauftragen entsteht.

Die Schweißanlage würde diese Zeit (Klammerwert) auch nicht unterbieten können, jedoch gestattet es ihre Konstruktion, von dieser Technologie abzugehen und nur noch Längsauftrag anzuwenden. Die Praxis zeigt jedoch, daß Profile in die Aufarbeitung gelangen, die eigentlich gar keine mehr sind, d. h. ihre geometrische Figur läßt nicht mehr die Stelle erkennen, wo man den Längsauftrag anbringen könnte. In diesen Fällen muß man auf den Rundumauftrag zurückgreifen. Für einige Teile, bei denen das Keilprofil der fertigungstechnisch teuerste Abschnitt ist, wird man auf die Aufarbeitung verzichten, während bei komplizierten Teilen die Rundumauftragung erfolgt. Der Rundumauftrag kann wegen der Kompliziertheit der notwendigen mechanischen Nachbearbeitung niemals mit harten Zusatzwerkstoffen erfolgen. Die Wiederherstellung eines mit weichen Zusatzwerkstoffen im Rundumauftrag instand gesetzten Profils wiederum beträgt  $\approx 70$  min Fertigungszeit in unseren LIW (Härtekosten in Zeitäquivalent umgerechnet). In Mark ergibt sich dabei ein Betrag von  $12 \cdot 1,17 = 14$  M (angesetzter Stundenverrechnungssatz = 12 M).

Es wird daher angestrebt, alle Profile hart oder weich durch Längsauftrag instand zu setzen. Dabei ergeben sich beim Einsatz der halbautomatischen Schweißanlage wesentliche Einsparungen:

Bei dieser Berechnung wird vorausgesetzt, daß der Anteil Rundumauftrag : Handauftrag = 1 : 1 ist. Das bedeutet, daß je Bezugsprofil zur Zeit 9 min Schweißzeit aufgewendet werden müssen. Demgegenüber stehen 2 min Schweißzeit auf der halbautomatischen Anlage. Ihr Einsatz bringt daher eine Steigerung der AP auf 450 Prozent zum gegenwärtigen Stand in den LIW (Bild 6 und 7). Für das Projekt Gardelegen wurde einheitlich festgelegt:

Arbeitstage 254 3schichtig 6096 h  
 Maschinenauslastungskoeffizient 0,6  
 effektive Maschinenstunden: 3657  
 (bei Mehrmaschinenbedienung)

Werden in einer Stunde 25 Wellen gefertigt, ergibt sich eine Jahresstückzahl von 91 440.

An Selbstkosten entstehen ohne Berücksichtigung des Materialverbrauchs  $3657 \cdot 18,-$  M (500 Prozent GK) = 65 826,- M  
 bezogen auf das Einzelteil:  $\frac{65\ 826\ \text{M}}{91\ 440\ \text{Stück}} = 0,72$  M/St.

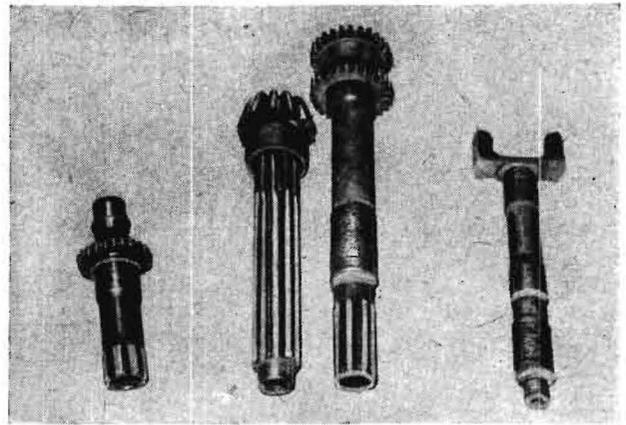


Bild 7. Ausgewähltes Programm aufgearbeiteter Teile von links nach rechts.

RS 09 Hohlwelle — längs aufgetragen und fertig bearbeitet.  
 Utos 45 E Ritzelwelle — längs aufgetragen unbearbeitet.  
 RS 14 Hohlwelle — Keilprofil längs aufgetragen  
 Lager- und Simmerringsitz spiralförmig aufgetragen, Welle unbearbeitet  
 MTS 5 — Kupplungswelle — alle Verschleißstellen spiralförmig aufgetragen (bisherige kostengünstige Methode)

Demgegenüber liefert die bisher angewandte Methode folgende Werte:

Im Jahr werden  $3657 \cdot 6 = 21\ 945$  Wellen gefertigt. Die Selbstkosten, gleichfalls Materialeinsatz unberücksichtigt  $3657 \cdot 12,-$  M (300 Prozent GK) = 43 884,- M.

Für das Einzelteil:  $\frac{43\ 884\ \text{M}}{21\ 945\ \text{Stück}} = 2,-$  M/St.

Die Selbstkostensenkung/Einzelteil beträgt  $2\ \text{M} - 0,72\ \text{M} = 1,28$  M. Der Einsatz der Anlage ergibt bei 91 440 Stück eine Selbstkostensenkung von  $91\ 440 \cdot 1,28\ \text{M} = 117\ 054,-$  M.

Diese Summe beinhaltet nur die reine Lohnkosteneinsparung.

Einsparungen, die sich durch

- Materialeinsparung
- Qualitätsverbesserung
- Energieeinsparung  
 (verringertes Leerlauf, geringere Leistungsaufnahme)

ergeben, wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht ermittelt. Das Ziel bestand darin, die Arbeitsproduktivität auf mindestens 200 Prozent zu erhöhen. Erreicht wurden 450 Prozent.

### Zusammenfassung, Schlußfolgerungen

Nach Abschluß unserer Arbeit am Projekt „Konstruktion einer teilautomatischen Schweißanlage“ kamen wir zu der Erkenntnis, daß Anlagen dieses Umfangs unbedingt und unverzüglich überall dort eingesetzt werden müssen, wo es erforderlich und möglich ist. Die verwendeten Konstruktionselemente sind ausschließlich Standard-Bauteile. Der Bau dieser Anlage ist nach unseren Unterlagen in jedem LIW möglich, vornehmlich in Grimmenthal. Der PVB wird auch in Zukunft nichts unversucht lassen, auf diesem Gebiet zielstrebig weiterzuarbeiten, um durch die Einführung moderner Technologien in unseren LIW die kostengünstige und technische Entwicklung beschleunigen zu helfen.

A 7899