

# Erweiterung der Einzelteilinstandsetzung durch Weiterentwicklung der Verfahren

Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT, VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

## 1. Verfahren der Einzelteilinstandsetzung (ETI)

### 1.1. Gegenwärtiger Stand der Anwendung

Gegenwärtig werden in der betrieblichen und spezialisierten ETI folgende Aufbereitungsverfahren angewendet:

- Verfahren der Schweißtechnik, wie das Autogen- und Elektroden-Handschiweißen für Reparaturzwecke und operative Instandsetzung sowie das CO<sub>2</sub>-Schutzgasschiweißen und das MIG-Schiweißen für die spezialisierte ETI
- Verfahren der Plasttechnik, wie die KGL-

Technik und das Wirbelsintern für die manuelle Aufarbeitung sowie das Plastflammspritzen für die mechanisierte ETI — Verfahren der Galvanotechnik, wie das Verstählen und Hartverchromen für die verfahrensspezialisierte ETI.

Prinzipiell neue Verfahren stehen nicht zur Verfügung, aber zur Intensivierung und Extensivierung der ETI ist eine Weiterentwicklung und Vervollkommnung bekannter und noch nicht verbreiteter Verfahren notwendig. Die herkömmlichen Verfahren sollten breitwirksam bei der betrieblichen Instandsetzung angewendet werden, während durch die Weiter-

entwicklung und Vervollkommnung dieser Verfahren eine Erhöhung des Mechanisierungsgrades bei der spezialisierten ETI erzielt werden kann.

### 1.2. Möglichkeiten zur Verfahrensvorauswahl

Die Kriterien zur Auswahl des geeigneten Aufbereitungsverfahrens für ein bestimmtes Abnutzungsteil hängen außer von wirtschaftlichen Anforderungen vor allem von den technischen Merkmalen aufgetragener Schichten ab, die dem jeweiligen Aufbereitungsverfahren eigen sind. In Tafel 1 wurden für die gegenwärtig repräsentativen Aufbereitungs-

Tafel 1. Einige technische Merkmale aufgetragener Schichten

Technische Merkmale		Verfahren <sup>1)</sup>										
		Schweißtechnik			Plasttechnik		Galvanotechnik		Metallspritztechnik			
		MAG	WIG	MIG	PFS	WS	KGL	GEA	GCrA	FSp	LSp	
Schichtdicke je Lage	mm	1...3	1...2	1...3	0,1...5	0,1...5	nach Bedarf	0...1,0	0...0,5	0,5...5	0,1...5	
Härte	HV	200...700	200...700	≈85	12...18	12...18		150...800	800...1000	500...1500	300...700	
Zugscherfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	a <sup>8)</sup>	a	a	26...30	26...30	15...25			15...20	25...30	
Dauerfestigkeit <sup>2)</sup>	%	50...90	50...90	50...90	70...85	70...85	100	80...90	80...90	70...100	70...100	
Verschleißfestigkeit <sup>3)</sup>	%	≈100	≈100	≈100	≈100	≈100	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100	
Umfangsgeschwindigkeit	m/min	a	a	a	≤100	≤100		a	a	a	a	
Gleitlagerbelastung	N/cm <sup>2</sup> · s	a	a	a	50...100	50...100		a	a	a	a	
Temperaturbeständigkeit	°C	a	a	a	≈90	≈90	80...150	a	a	a	a	
Zustand der Mikrooberfläche		schuppig bis porig, bei Hartauftragung rissig			glatt bis porig		glatt	glatt, rissig, porig	glatt, rissig	körnig und porig		
Werkstoff und Anwendungsmöglichkeiten <sup>4)</sup>		St: 1 bis 7; 9	St: 7 NE: 8	NE: 3	St, NE: 2 bis 4	St, NE: 2 bis 4	St, NE, GE: 2 bis 4	St, GE: 2 bis 4; 6	St, GE: 2 bis 4; 6	St, GE, NE: 2 bis 4; 6	St, GE, NE: 2 bis 4; 6	
Verfahrenskosten <sup>5)6)</sup>	M/dm <sup>2</sup>	1,05			0,42	0,23		1,10			0,21	
technologische Kosten <sup>5)7)</sup>	M/dm <sup>2</sup>	1,77			1,00	0,80		1,63			0,84	
Werkstoffausnutzung	%									25...70	25...70	
Verzugsfreiheit		nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Gefügeveränderung des Grundwerkstoffs		ja	ja	ja	nein bis möglich	nein bis möglich	nein	nein	nein	nein	nein	
Grundwerkstoffeigenschaften		ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	
chemische Beständigkeit <sup>8)</sup>		a, b	a, b	a	b	b	b	a, c	a, c	a, b	a, b	

- 1) Verfahren:  
 MAG Metall-Aktivgasschweißen unter CO<sub>2</sub> (Schweißgut weich, härtbar und selbsthärtend)  
 WIG Wolfram-Inertgasschweißen unter Argon (bei Stahl Schweißgut wie bei MAG)  
 MIG Metall-Inertgasschweißen unter Argon  
 PFS Plastflammspritzen (Plastpulver EFP 60)  
 WS Wirbelsintern (Plastpulver wie bei PFS)  
 KGL Kleben, Gießen, Laminieren (verschiedene Plast- und Klebstoffe)  
 GEA Galvanische Eisenauftragung (Verstählen)  
 GCrA Galvanische Chromauftragung  
 FSp Flammspritzen  
 LSp Lichtbogenspritzen

2) Angabe in % zum Grundwerkstoff

3) Angabe in % zur mittleren Grenznutzungsdauer der Baugruppe

4) Werkstoff und Anwendungsmöglichkeiten:

- St Stahl
- NE Nichteisenmetall (bes. Al-Leg.)
- GE Gußeisen

- 1 Keil-, Zahn- und Kerbwellenprofile, Nuten
- 2 Dichtringlaufflächen
- 3 Wälz- und Festlagersitze
- 4 Gleitlagersitze
- 5 Nadel- und Rollenlaufflächen
- 6 Konus- und Radnabensitze
- 7 Nocken und Kugelbahnen
- 8 Durchbrüche und Risse von Gehäusen
- 9 Gewinde

5) bezogen auf einen Probekörper mit Ø 75 mm, Länge 200 mm, Schichtdicken: MAG: 2 mm; PFS/WS: 1,2 mm; GEA: 0,5 mm; LSp: 0,7 mm

6) ohne Vor- und Nachbearbeitung

7) mit Vor- und Nachbearbeitung

8) Werkstoffeigenschaften:

- a Werte sind dem Grundwerkstoff ähnlich
- b abhängig vom Auftragsmaterial
- c begrenzte chemische Beständigkeit

Tafel 2. Grundwerkstoffe landtechnischer Arbeitsmittel

Benennung	C-Gehalt %	Härtetiefe mm	Härte	Einzelteil-sortiment
Einsatzstähle (un- bis niedrig-legiert)	≤ 0,25	0,3 ... 1	59 ... 65 HRC	Zahnräder, Wellen, Kolbenbolzen, Rollen, Buchsen, Nockenwellen
Vergütungsstähle (un- bis niedrig-legiert) <sup>1)</sup>	0,2 ... 0,65	2 ... 4	50 ... 60 HRC	Achsen, Kurbelwellen, Nockenwellen, Achsschenkel, Pleuel
allgemeine Baustähle	0,09 ... 0,62	—	60 HRC	Gestelle, Rahmen
hochlegierte Stähle	0,03 ... 0,90	—	50 ... 60 HRC	Ventile, Teile von Milchanlagen bzw. Fütterungseinrichtungen
Gußeisen	2 ... 5	—	200 ... 285 HB	Gehäuse
Gußstahl	0,12 ... 0,22	—	230 ... 330 HB	Gehäuse
Aluminium-legierungen	—	—	50 ... 125 HB	Kolben, Gehäuse
sonstige Werkstoffe und Legierungen	—	—	—	Lagerschalen

Tafel 3. Voraussetzungen für die Durchführung von Schweißarbeiten

Bauteil und Werkstoffbedeutung	Grundprüfungen	Zusatzprüfungen	zugelassener Schweißbetrieb	Ausnahmegenehmigung vom ZIS	Einzelteil
Untergeordnetes Bauteil für die Funktion (Belastung gering) aus gut schweißbarem Werkstoff	×	—	—	—	Verkleidung (Risse)
Bauteil mittlerer Bedeutung für die Funktion, gut schweißbar	×	×	—	—	einfache Wellen und Zapfen
Bauteil größerer Bedeutung für die Funktion, gut bzw. bedingt schweißbar	×	×	×	—	Kurbelwellen, Hinterachsen, Lastaufnahme-mittel
Bauteil mit lebenswichtiger Bedeutung für menschliche Sicherheit, gut bzw. bedingt schweißbar	×	×	×	×	Lenkung, Bremsen

Tafel 4. Effektivität der Schweiß- und Metallspritzverfahren in der ETI

Effektivität <sup>1)</sup>	Verfahren der ETI		Einzelteilsortiment, Abnutzungsstellen
	sporadisch	organisiert	
handwerklich	— Elektroden-Hand	— Elektroden-Hand	Längs- und Halbrundflächen (Keilprofil, Klauen) Risse, Bohrungen, Flächen (Bodenbearbeitungswerkzeuge) Leitungen Nocken Kettenglieder von Traktoren Profilschweißen Schaltgabeln
	— Gas-Hand	— Gas-Hand	
	— Lötten	— Lötten	
mechanisiert	—	— Argon-Schutzgas	Wellen, Zapfen Gehäusebohrungen (Al) Laufräder von Traktoren dickere Wellen und Zapfen Extruderteile Ventile Lagerbohrungen (GG), Wellen (St) Wellen, Zapfen, Bohrungen Gleitflächen
	—	— Schutzgas CO <sub>2</sub> — Schutzgas Argon — Metallpulver	
I. Automatisierungsstufe	—	— Fülldraht mit Selbstschutz — Draht-Pulver — Plasma — Widerstandsroll-nahbeschichtung — Metallspritzen	
II. Automatisierungsstufe	—	● Lichtbogenspritzen ● Flammspritzen ● Plasmaspritzen	
III. Automatisierungsstufe	—	— wie II. Automatisierungsstufe	

- 1) I. Automatisierungsstufe: Mechanisiertes Schweißen von Hand, d. h. unabhängige Zuführung des Schweißzusatzwerkstoffs
- II. Automatisierungsstufe: Maschinelles Schweißen, AK leitet Prozeß ein, dann Kontrolle und Korrektur des allein ablaufenden Vorgangs
- III. Automatisierungsstufe: Wie II., aber mit Kontroll- und Korrektursteuersystem bei Einzelanlagen mit mehreren Stationen oder bei Fertigungsstationen in Fließ- bzw. Wechselfließstraßen (Perspektive in der zentralen ETI)

verfahren die wichtigsten technischen Merkmale auftragener Schichten zusammengestellt. Die Schwankungsbreite der Kennwerte hängt wesentlich von den verwendeten Zusatzwerkstoffen bzw. von sonstigen Verfahrensparametern ab. Diese Kennwerte sind als Richtwerte zu betrachten. Die Lauf- und Betriebseigenschaften dieser Schichten werden allgemein bzw. in Relation zum Grundwerkstoff angegeben. Anwendungsmöglichkeiten, bezogen auf das Teilesortiment, sind verfahrenstechnisch bedingt. Die ausgewiesenen Verfahrens- bzw. Anwendungskosten stellen Durchschnittswerte der Verfahren dar, dienen vergleichenden Untersuchungen und sind im Einzelfall von technologischen, teilebezogenen Anforderungen der Instandsetzung abhängig. Die inhaltliche Gestaltung der Zusammenstellung entspricht dem gegenwärtigen Erkenntnisstand und ist laufend zu ergänzen. Mit Hilfe der Tafel ist es möglich, in Abhängigkeit von den funktions- und betriebsbedingten Anforderungen, die an das aufzubereitende Abnutzungsteil gestellt werden, eine Vorauswahl der geeigneten Aufarbeitsverfahren anhand der vorliegenden Merkmale auftragener Schichten zu treffen. Damit ist die Zusammenstellung ein Hilfsmittel für den Aufarbeitungstechnologen und dient der Sortimentserweiterung sowie der Materialökonomie in der Instandsetzung.

## 2. Kurzcharakteristik schweißtechnischer Verfahren

### 2.1. Verfahrensauswahl

Einzelteile von Landmaschinen, Traktoren, Lkw und landtechnischen Anlagen lassen sich nach der geometrischen Form unterteilen in — rotationssymmetrische Teile (z. B. Wellen, Zapfen)  
— figurelle Teile (z. B. Gehäuse, Blechteile).  
Eine andere Einteilung ist nach Werkstoffgruppen möglich (Tafel 2).  
Nicht alle Einzelteile bzw. Werkstoffe dürfen durch Reparatur- oder Auftragschweißen in-stand gesetzt werden, weil  
— einige Werkstoffe nicht oder nur bedingt schweißbar sind  
— aus sicherheitstechnischen Gründen das Schweißen nicht gestattet ist.  
Zu den betrieblichen Voraussetzungen für das Schweißen von Einzelteilen, die in Abhängigkeit von der Bauteil- und Werkstoffbedeutung erfüllt werden müssen, gehören z. B.  
— Grund- und Zusatzprüfungen  
— Zulassung als Schweißbetrieb  
— Ausnahmegenehmigung vom Zentralinstitut für Schweißtechnik (ZIS).  
Eine Übersicht ist in Tafel 3 enthalten. Teilebezogen sind folgende Kriterien bei der Wahl des Schweißverfahrens zu beachten:  
— Geometrische Gestalt des Bauteils  
— Größe des Bauteils (Durchmesser, Länge)  
— Art, Form und Größe der abgenutzten Stellen  
— Paarungs- und Belastungsart  
— Art der Grund- und Zusatzwerkstoffe  
— zulässige Aufmischung von Grund- und Zusatzwerkstoff (kleine Aufmischung beim Auftragschweißen anstreben).  
Die Verfahrenseffektivität der Schweißtechnik in der ETI (Tafel 4) ergibt sich aus der vom Ersatzteilsortiment abhängigen Organisationsform der ETI (sporadisch bzw. organisiert), aus dem angestrebten Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad (handwerklich, mechanisiert, maschinell) und aus materialökonomischen Forderungen (Tafel 5). Weiterhin sind folgende

Tafel 5. Materialökonomische Richtwerte

Benennung	Instandsetzungsstückzahl je Bauteil St./Jahr	Mindestensparung vom Neuteilpreis %
handwerklich	≤ 100	> 30
mechanisiert	≤ 1 000	> 30
maschinell	≤ 20 000	20...30
automatisiert	≥ 20 000	10...20

teilebezogenen Bedingungen aufgrund des Behandlungszustands der Einzelteile von seiten des Finalproduzenten bei dem auszuwählenden Verfahren zu beachten:

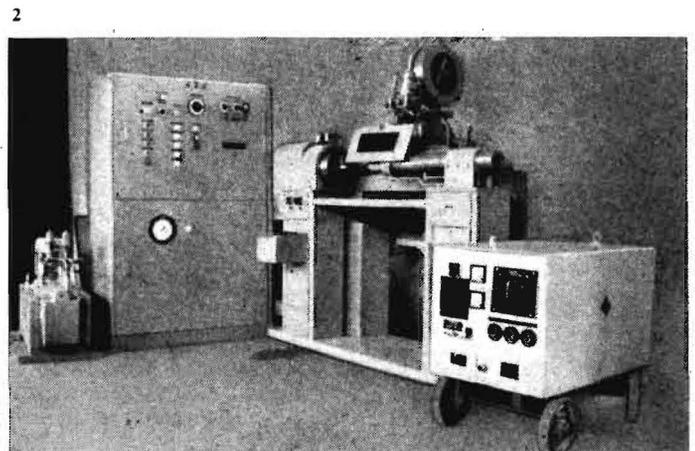
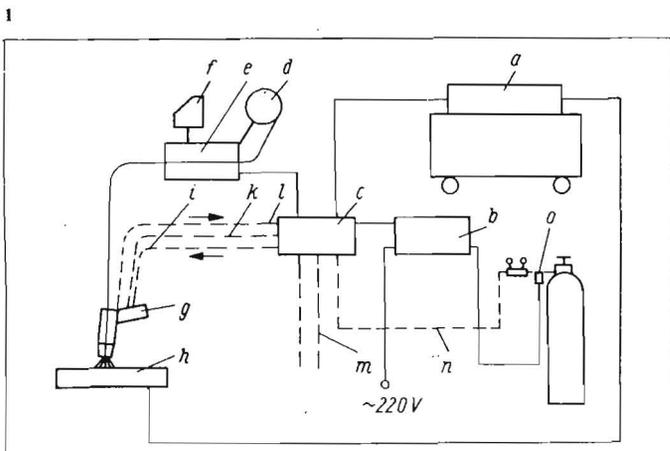
- Einzelteil ohne Wärmebehandlung
- Werkstoff des Einzelteils vergütet (angehobene Festigkeitswerte auf z. B. 700 bis 1200 N/mm<sup>2</sup>)
- Einzelteil gehärtet (z. B. auf 50 bis 60 HRC). Die richtige Abstimmung von Zusatzwerkstoff und Grundwerkstoff ist die wichtigste Voraussetzung für das Gelingen einer vollwertigen Auftragschweißung. Daraus ergeben sich an die Zusatzwerkstoffe folgende Anforderungen, die durch den Grundwerkstoff bestimmt werden:
  - Härte
  - Verschleißfestigkeit
  - Dauerfestigkeit
  - Korrosionsbeständigkeit
  - Temperaturbeständigkeit
  - Zunderbeständigkeit
  - mechanische Bearbeitbarkeit.

Bei der Auswahl des Zusatzwerkstoffs ist zu prüfen, welche der o.g. Anforderungen in Abhängigkeit von der Abnutzungsstelle in welchem Maße zutrifft.

- Allgemeine Gesichtspunkte zur Verfahrensauswahl sind:
- Ökonomie der ETI (z. B. Instandsetzungsstückzahl)
  - Realisierbarkeit (z. B. Beschaffung von Zusatzwerkstoff und Ausrüstung)

Bild 1. Schema einer MIG/MAG-Schweißanlage; a Schweißstromquelle (z. B. MAG:RGS 315 ZIS 415, MIG: GSI 400 ZIS 792, b Netzgerät, c Steuergerät, d Drahtspindel, e Drahtvorschubgerät, f Regelgerät, g Schweißbrenner, h Werkstück, i Kühlwasserzulauf (nach Bedarf), k Schutzgaszufuhr, l Stromzuführung mit Kühlwasserrücklauf, m Kühlwasserzu- und ablauf (nach Bedarf), n Schutzgas, o Vorwärmer (nur für CO<sub>2</sub>)

Bild 2. Halbautomatische CO<sub>2</sub>-(SG)-Schweißanlage



- Qualifikation der Facharbeiter und Leiter
- Perspektive der ETI im Betrieb sowie in der Erzeugnisgruppe
- Kooperationsmöglichkeiten für die ETI
- Organisation und Zirkulation der ETI.

## 2.2. Schweißzusatzwerkstoffe

### 2.2.1. Auftragschweißen von Stahl

Verwendet werden Elektroden nach Standard TGL 7253 Bl. 7 bzw. entsprechend der Elektroden-Schweißtafel des Herstellers „Elektroden für Auftragschweißungen von Stahl“, 9. Ausgabe vom Januar 1973, sowie Schweißdrähte und -stäbe nach TGL 7253 Bl. 2 für das UP- und SG-Schweißen von Stahl.

### 2.2.2. Schweißen von Gußeisen

Verwendet werden Elektroden nach Standard TGL 7253 Bl. 9 bzw. entsprechend der Elektroden-Schweißtafel des Herstellers „Elektroden zum Schweißen von hoch- und warmfesten, hitze- und korrosionsbeständigen Stählen, von Grauguß und NE-Metallen“, 9. Ausgabe vom Januar 1973.

### 2.2.3. Schweißen von NE-Metallen

Verwendet werden Elektroden nach Standard TGL 14908 Bl. 7 für Aluminium und dessen Legierungen sowie entsprechend der Elektroden-Schweißtafel (s. Pkt. 2.2.2.). Der Vertrieb der Schweißzusatzwerkstoffe erfolgt über den jeweiligen VEB Chemiehandel, Fachabteilung Schweißbedarf.

## 2.3. Mechanisierungswürdige Auftragschweißverfahren

An Auftragschweißverfahren werden folgende Anforderungen gestellt:

- Auftragen dünner, kontrollierbarer Schichten, die weich und hart sein können
- geringer Vermischungsgrad des Schweißgutes mit dem Grundwerkstoff
- geringe Wärmeübertragung in den Grundwerkstoff
- riß- und porenfreie Schweißung
- hoher Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad der Anlage bei gleichzeitig hoher Funktionsicherheit
- große Abschmelzleistung.

Zu den anwendungsreifen Verfahren gehören das CO<sub>2</sub>-(SG)-Auftragschweißen, das WIG-Auftragschweißen, das MIG-Auftragschweißen und das Metallspritzen.

### 2.3.1. CO<sub>2</sub>-(SG)-Auftragschweißen (MAG)

Das CO<sub>2</sub>-(SG)-Auftragschweißen nutzt die Kurzlichtbogentechnik unter Aktivgas CO<sub>2</sub> (Bild 1). Der Lichtbogen brennt zwischen

abschmelzendem, positiv gepoltem Zusatzdraht und dem Werkstück. Die Schweißstromquelle hat eine horizontale Kennlinie. Als Zusatzwerkstoff werden dünne endlose Nacktdrähte ( $\varnothing \leq 1,2$  mm) verwendet.

#### Vorteile:

- Auftragschweißen relativ dünner Schichten möglich
- geringer Einbrand und damit wenig Verzug der Teile
- Hart- und Weichauftrag möglich
- mechanisier- und automatisierbar bei rotationssymmetrischen Einzelteilen.

#### Anwendung:

- rotationssymmetrische Einzelteile
- kleine Abmessungen (Durchmesser), z. B. bei Zapfen, Getriebewellen
- geringe Abnutzung, z. B. bei Festlagersitzen, Feingewinde
- empfindlich gegen Verzug, z. B. bei dünnen Wellen
- gehärtete Einzelteile, z. B. Gleitlagersitze, Keilwellen, Zahnprofile.

Die Instandsetzungskosten betragen 20 bis 70 % des Neupreises. Gegenüber den manuellen Auftragsverfahren kann die Arbeitsproduktivität bis 300 % gesteigert werden. Im Bild 2 ist eine halbautomatische CO<sub>2</sub>-(SG)-Schweißanlage für die zentrale spezialisierte ETI dargestellt. Mögliche Auftragarten sind der Ring- oder Spiralauftrag sowie der Längsauftrag.

### 2.3.2. WIG-Auftragschweißen

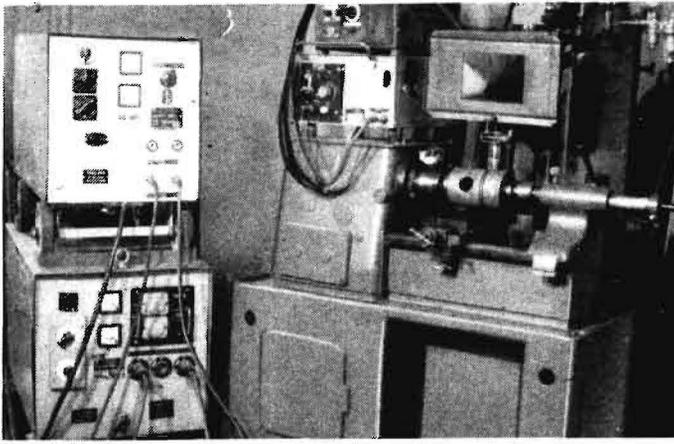
Der Lichtbogen brennt zwischen der thorierten Wolframelektrode und dem Werkstück. Man kann mit Gleich- und Wechselstrom schweißen. Als Schutzgas wird reines Argon verwendet. Die Stromquelle hat eine steile Belastungskennlinie. Der Zusatzwerkstoff (niedrig legierter Stahldraht und Aluminiumstäbe mit einem Durchmesser von 2 bis 4 mm) wird von Hand zugeführt.

#### Anwendung:

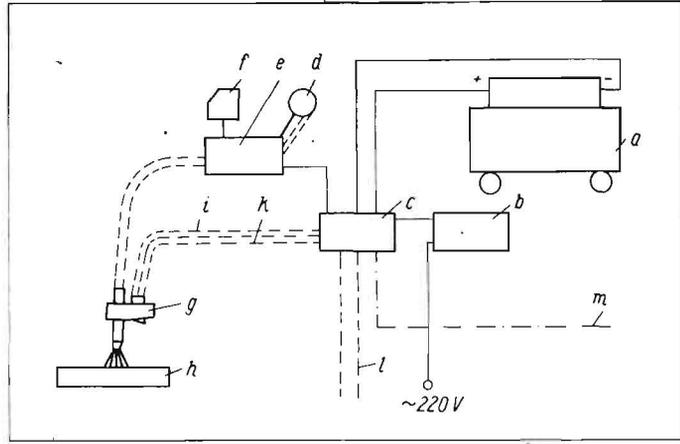
- Stahl: Nockenwellen
- Al-Legierungen in Form von Gehäusen, z. B. Kokillen- und Sandguß
- Al-Bronze und Magnesiumguß: gut schweißbar
- Spritzguß: bedingt schweißbar
- Schädigungsformen: Risse, Brüche, Verschleißstellen.

### 2.3.3. MIG-Auftragschweißen

Dieses Auftragschweißen erfolgt mit Hilfe von impulsmoduliertem Gleichstrom für NE-Metalle, vorwiegend für Aluminium (Bild 1). Der Lichtbogen brennt zwischen dem von einer Spule zugeführten positiv gepolten, abschmelzenden Zusatzwerkstoff (endloser



3



4

Nacktdraht) und dem Werkstück. Als Schutzgas wird reines Argon verwendet.

**Vorteile:**

- Sprühender Werkstoffübergang mit geringem Einbrand
- mechanisier- und automatisierbar (Arbeitsproduktivität 200 bis 450% gegenüber dem WIG-Verfahren).

**Anwendung:**

- Bohrungen für Aluminiumgehäuse aller Art, z. B. Motor- und Getriebegehäuse
  - Risse, Brüche und Verschleißstellen.
- Im Bild 3 ist eine Beispielanlage für das MIG-Auftragschweißen von Kolben dargestellt. Die Auftragart ist Rundumauftrag.

**2.3.4. Metallspritzen**

Die Instandsetzung von Einzelteilen mit Hilfe des Metallspritzens kann nach drei Verfahren (Flammspritzen, Lichtbogenspritzen, Plasmaspritzen) erfolgen.

Beim *Flammspritzen* wird durch eine Brenngas-Sauerstoff-Flamme oder Brenngas-Luft-Flamme der Spritzwerkstoff aufgeschmolzen und mit dem Zerstäubergas oder der Flamme auf das Werkstück geschleudert. Als Brenngas wird Acetylen und als Zerstäubergas Druckluft

verwendet. Als Spritzwerkstoff dienen je nach Anwendungsfall Drähte unterschiedlicher Abmessungen und Güte. Der Einsatz pulverförmiger Zusatzwerkstoffe ist möglich.

Beim *Lichtbogenspritzen* (Bild 4) werden zwei Spritzdrähte je nach Anwendungsfall unterschiedlicher Abmessungen und Güten durch den Lichtbogen, der zwischen diesen gezündet wird, aufgeschmolzen und durch Zerstäubergas auf das Werkstück geschleudert. Als Zerstäubergas wird meist Druckluft verwendet.

Beim *Plasmaspritzen* wird der Spritzwerkstoff durch das Bogenplasma aufgeschmolzen und durch den Plasmastrahl auf das Werkstück geschleudert. Es können analog zum Flammspritzen Drähte und Pulver als Spritzwerkstoffe eingesetzt werden. Der Erfolg des Metallspritzens hängt stark von der Qualität der Teilevorbereitung, d. h. vom „Aufrauhern“ oder Strahlen der Abnutzungsstellen sowie vom kontinuierlichen Ablauf (keine Lagerzeiten der Teile zwischen Strahlen und Spritzen) ab.

**Vorteile:**

- Geringe thermische Belastung (Formänderung) des Grundwerkstoffs
- Härte und Verschleißfestigkeit steuerbar in

Bild 3. Schweißanlage zum MIG-Auftragschweißen (Kolbenschweißen)

Bild 4. Schema eines Lichtbogenspritzgeräts; a Stromquelle (z. B. RW 400 VC), b Netzgerät, c Steuergerät, d isolierte Drahtspulen, e Drahtvorschubgerät (Doppelrollenantrieb mit isolierten Drahtrollen), f Regelgerät, g Spritzpistole (z. B. K 9), h Werkstück, i Stromzuführung mit Kühlwasserzulauf, k Stromzuführung, l Kühlwasserzu- und ablauf (nach Bedarf), m Druckluftzufuhr (6 bar)

Abhängigkeit von der Wahl des Zusatzwerkstoffs

- gute Notlaufeigenschaften aufgrund des mikroporösen Gefüges
- Metallauftrag beliebiger Werkstoffe möglich
- mechanisier- und automatisierbar.

**Nachteile:**

- Geringe Zugfestigkeit
- Empfindlichkeit gegen schlagartige Belastungen.

**Anwendung:**

Kurbelwellen, Walzen, Buchsen, Paßsitze, Simmerringsitze, Radnaben.

**2.4. Entwicklungstendenzen ausgewählter Auftragschweißverfahren**

Der Umfang der schweißtechnischen Verfahren wird zwar relativ abnehmen, weil sich der hohe Aufwand für die Vor- und Nachbehandlung der Einzelteile nicht wesentlich reduzieren läßt, aber absolut ansteigen, da eine operative Instandsetzung am Einsatzort nur vorwiegend mit Hilfe des Schweißens möglich ist. Eine Erhöhung der Mechanisierungsmöglichkeiten ergibt sich aus der Anwendung des CO<sub>2</sub>-(SG)-Schweißens sowie des MIG-Schweißens, insbesondere bei der Aufarbeitung rotationssymmetrischer Einzelteile. Die Graugußschweißung von Gehäusen und Zylinderköpfen ist unter Verwendung geeigneter endloser Drähte zu mechanisieren. Das Metallspritzen ist anwendungsfähig zu gestalten, da es gegenüber dem Schweißen keine Gefügeänderungen bewirkt und Schichtdicken bis zu 5 mm ermöglicht. Die Untersuchungen zum Widerstandsrollnahtbeschichten bei der Instandsetzung von rotationssymmetrischen Einzelteilen und von Lagerbohrungen in Gehäusen sind für die Einführung in die Praxis vorzubereiten.

**3. Kurzcharakteristik plasttechnischer Verfahren**

Die Einzelteilinstandsetzung mit Hilfe der Plasttechnik wird weiterhin unter Anwendung des Plastflammspritzens, des Wirbelsinterns

Bild 5. Schema eines Plastflammspritzgeräts; a Spritzapparat WS III, b Verteilerstück, c Fußschalter, d Magnetventil, e Spritzgutbehälter

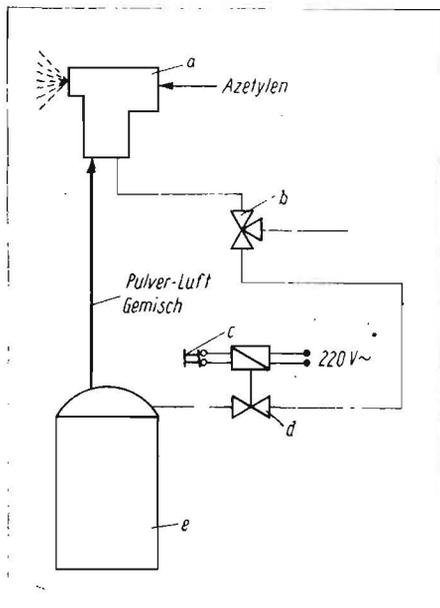
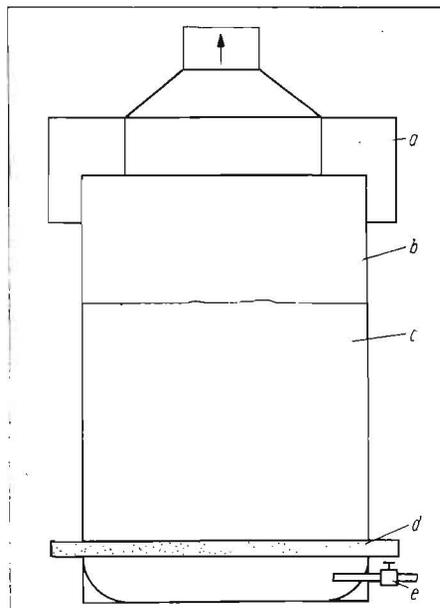


Bild 6. Schema der Wirbelsinteranlage; a Randabsaugung, b Blechgefäß, c Plastpulver, d Filterplatte (Porolith), e Druckluft



und der KGL-Technik an Bedeutung gewinnen.

### 3.1. Mechanisierungswürdige Verfahren

#### 3.1.1. Plastflammspritzen (Bild 5)

Die Anlage zum Plastflammspritzen besteht aus einer Spritzpistole, einem Ventil und einem Plastpulvorratsbehälter mit Dosiereinrichtung. Die Förderung des Plastpulvers (Epoxid- oder Polyamidpulver) erfolgt mit öl- und wasserfreier Druckluft. Durch Injektorwirkung wird das Pulver über ein Düsenrohr aus dem Vorratsbehälter in die Spritzpistole gefördert. Das austretende Pulver-Luft-Gemisch wird durch ein gezündetes Azetylen-Luft-Gemisch angeschmolzen und auf die vorgewärmte Oberfläche des Werkstücks gespritzt. Anschließend erfolgt die Warmaushärtung der Schicht.

#### Vorteile:

- Keine Gefügeumwandlung und thermische Einwirkung
- kein Verzug der Einzelteile
- mechanisierbar.

#### Nachteile:

- Keine hohe thermische Beständigkeit (max. 80°C)
- schlagempfindlich
- Isolieraufwand für nicht zu beschichtende Flächen.

#### Anwendung:

Rotationssymmetrische Teile: Simmerringsitze, Gleitlagersitze, Hydraulikkolbenstangen.

#### 3.1.2. Wirbelsintern (Bild 6)

Bei diesem Verfahren wird das sich in einem Behälter befindende Plastpulver (Epoxidharz-pulver EPF 60 oder Polyamidpulver) durch die durch eine poröse Keramikplatte (Porolith) strömende Druckluft zum Schweben gebracht. Dabei umhüllt es das in dieses Medium eingetauchte Einzelteil, das vorher in einem Luftumwälzofen erhitzt wurde. Da die Temperatur des Einzelteils (160°C) über der Schmelzpunkttemperatur des Pulvers liegt, schmilzt das aufgewirbelte Pulver an der Oberfläche des Einzelteils zu einer homogenen Schicht, deren Stärke von Sinterzeit und Vorwärmtemperatur abhängig ist. Anschließend erfolgt eine Aushärtung der Plastschicht. Vorteile, Nachteile und Anwendung entsprechen den Angaben zum Plastflammspritzen. Außerdem sind zu erwähnen:

- Geringe Beschichtungszeit (5 bis 12 s)
- keine Spritzverluste.

#### 3.1.3. Plastpulver-Aufstreuverfahren

Das nach einem Neuererorschlag entwickelte mechanisierte Aufstreugerät gestattet das Aufbringen von Plastpulver Epilox EFP 60 auf rotationssymmetrische Einzelteile. Dabei wird eine genau dosierte Pulvermenge mit Hilfe einer Förderschnecke im freien Fall verlustlos auf das vorgewärmte, positionierte rotierende Einzelteil (Verschleißstelle) gestreut.

### 3.2. Zusatzwerkstoffe (Tafel 6)

Die Plastbeschichtung erfolgt hauptsächlich mit den Zusatzwerkstoffen Epilox, Epasol, Polyester und Mökodur. Der vom VEB ASOL-Chemie Berlin im Jahr 1976 entwickelte Klebstoff Epasol FV/ZIS 939 ist ein füllstoffhaltiger, teermodifizierter, kaltaushärtender Zweikomponentenklebstoff auf Epoxidharzbasis. Durch die spezielle Modifizierung ist dieser Klebstoff verhältnismäßig unempfindlich gegen Ölverunreinigungen der Klebflächen, so daß der erforderliche Aufwand zur Ober-

Tafel 6. Angaben zu verschiedenen Plastwerkstoffen

Werkstoff	Zugscherfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Temperaturbeständigkeit °C	Preis M/kg
Epilox EG 1 (heißhärtend)	24	120	15,80
Epilox EGK 19 (kalthärtend)	26	80	23,80
Epilox EG 34 (kalt- und heißhärtend)	20	90	21,60
Epilox EK 10 (heißhärtend)	30	120	19,40
Epilox EFP 60 (heißhärtend)	30	80	30,00
Epasol EP 6 (kalthärtend)	20	80	21,78
Epasol EP 9 (kalthärtend)	20	80	14,30
Epasol EP 11 (kalthärtend)	13	80	14,30
Epasol FV/ZIS 939 (kalthärtend)	26	50	18,00
Polyester AS 2333 (kalthärtend)	20	140	2,70
Mökodur L 5001 (kalthärtend)	20	120	7,88

flächenvorbehandlung stark gesenkt werden kann. Nachteilig ist die derzeitige geringe Temperaturbeständigkeit von rd. 60°C, die aber durch Weiterentwicklung auf 80°C gesteigert werden soll.

### 3.3. Entwicklungstendenzen plasttechnischer Verfahren

Der Anteil plasttechnischer Verfahren wird absolut und relativ stark ansteigen, da mit verhältnismäßig einfachen Mitteln ein hoher Mechanisierungsgrad erreichbar ist. Das gilt insbesondere für die Anwendung des Plastflammspritzens und des Wirbelsinterns. Weiterhin ist der Einsatz neuer Plastwerkstoffe nach Angeboten der Industrie vorgesehen, um gegenüber den bisher angewendeten Werkstoffen eine qualitative und quantitative Verbesserung zu erreichen. Dabei gilt es, solche Forderungen an die Plastwerkstoffe, wie höhere Temperaturbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Reduzierung der Aushärtungszeiten, zu verwirklichen.

### 4. Galvanische Auftragverfahren

Die in der spezialisierten ETI eingesetzten galvanischen Auftragverfahren sind das Verstähen und das Verchromen.

#### 4.1. Galvanische Eisenauftragung (Bild 7)

Bei der galvanischen Eisenauftragung wird in einer Elektrolysezelle durch den Stromfluß eine gesteuerte Abscheidung von Eisen erreicht. Dazu befinden sich in einem Bad voneinander isoliert die Katoden und Anoden. Als Katode werden in das Bad die mit Eisen aufzutragenden Einzelteile eingetaucht und an den Minuspol einer Gleichstromquelle angeschlossen. Durch das Kraftfeld, das zwischen Anode und Katode wirkt, wandern die dissoziierten Eisenionen zur Katode. Da das verschlissene Einzelteil diese Katode darstellt, wandern sie zu den nichtisolierten Verschleißstellen des Einzelteils. Beim Auftreffen auf das Teil werden die Eisenionen entladen und bilden eine Metallschicht. Das dem Eisenanoden entzogene Eisen wird durch die sich auflösenden Eisenanoden wieder ergänzt.

Die relativ hohe Härte (bis 800 HV oder 56 HRC) resultiert aus dem Aufbau der Metallschicht, die innere Spannungen infolge Fehlstellen und Versetzungen im Atomgitter aufweist.

#### Vorteile:

- Auftrag beliebig dünner Schichten von 0 bis 1,0 mm
- Härtevariation zwischen 150 bis 800 HV
- gute Verschleißigenschaften (vergleichbar St 50 induktionsgehärtet)
- gute Notlaufeigenschaften infolge Rissenetz der galvanischen Schicht

- keine thermische Belastung (Verzug) des Grundwerkstoffs
- Auftragsgeschwindigkeit 0,2 bis 0,3 mm/h (achtmal größer als beim Chromauftrag)
- Elektrolyt Eisen(II)-chlorid billig (gegenüber Verchromen)
- Mechanisierung und Automatisierung möglich.

#### Nachteile:

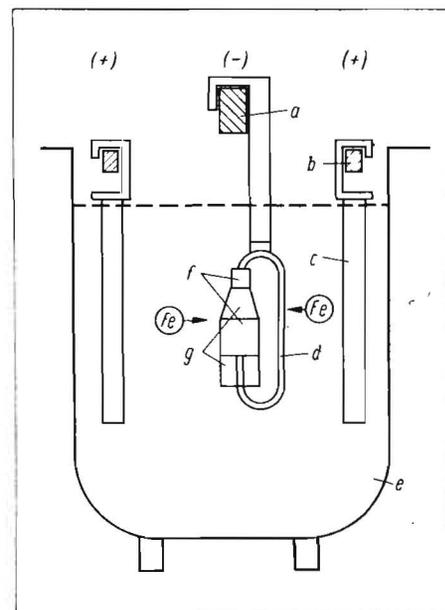
- Dauerfestigkeitsminderung durch Rissenetz von 10 bis 20%
- Haftfestigkeit der Auftragschicht bei hoher dynamischer Belastung nicht gegeben.

#### Anwendung:

- Verzugempfindliche Teile: Kurbelwellenzapfen, Nockenwellenlager, Lenkungsteile, Achsteile
- Verbesserung der Notlaufeigenschaften: Rotorwellen, Gleitlagerstellen, Pleuelgrundlagerbohrung.

Die Wirtschaftlichkeit der galvanischen Eisenauftragung (Tafel 7) ist bei hohen Instandsetzungsstückzahlen und beim Einsatz der Gestelltechnik (zur Aufnahme von Einzelteilen im Verstählungsbad) gegeben.

Bild 7. Grundsätzlicher Aufbau eines Elektrolysebades; a Katodenschiene, b Anodenschiene, c Eisenanode, d isoliertes Gestell, e Elektrolyt, f aufzutragende Flächen, g isolierte Flächen des Verschleißteils



#### 4.2. Entwicklungstendenzen der galvanischen Eisenauftragung

Der Anteil des Verstählens als kostengünstigstes galvanisches Verfahren wird absolut und relativ mit der Entwicklung neuer Elektrolyte, Badzusätze und der Anwendung kostengünstiger technologischer Parameter ansteigen, weil besonders dünne und dünnste Schichten sowie eine kontrollierbare Schichtdicke mit ökonomisch vertretbarem Aufwand erzielbar sind. Das Verstählen selbst ist durch Erhöhung der Badstabilität, der Haftfestigkeit und der Verfahrenssicherheit zu vervollkommen. Dabei spielt die galvanische Eisenauftragung mit Hilfe von Wechselstrom zur Leistungssteigerung und zur Verbesserung der Haftfestigkeit eine wesentliche Rolle.

#### 5. Entwicklungstendenzen weiterer Verfahren

Das Umformen in seinen Varianten Aufweiten, Aufdornen, Einschrumpfen und Walzen von Einzelteilen ist zu erweitern. Das Fein- und Maßwalzen ist im Rahmen verfahrenstechnischer Untersuchungen als allgemeingültige Lösung in Form eines Verfahrenskennblattes vorzulegen.

Tafel 7. Wirtschaftlichkeit des Verstählens bei ausgewählten Einzelteilen

Einzelteil; Verschleißstelle	Schicht- dicke	Härte in HRC		Kosten in M		Nutzungs- dauer in l DK	Verschleiß in mm	
		Neu- teil	aufgearb. Teil	Neu- teil	aufgearb. Teil		Neu- teil	aufgearb. Teil
Achsschenkelbolzen ZT 300; Gleitlagersitz Achsschenkel RS 14—36;	0,5	56	50,9	68,10	20,00	13 000	0,018	0,020
Festlagersitz Einspritzpumpen- nockenwelle des Motors 4 VD; Simmeringsitz	0,3	52	46,8	36,70	11,55	5 000	0,01	0,016
	0,3	52	54,0	29,40	2,50	3 500	0,007	0,007

Die mechanische Bearbeitung hat auf eine Verbesserung der Oberflächengüte bei Erhöhung des Mechanisierungsgrades zu orientieren. Die technologischen und verfahrenstechnischen Untersuchungen sind mit der Vorlage von Rahmentechnologien und Verfahrenskennblättern abzuschließen, damit für den speziellen

Anwendungsfall alle erforderlichen Parameter vorhanden und übertragbar sind.

Die Bereitstellung standardisierter Ausrüstungen für die ETI ist durch den Ausbau der betrieblichen und überbetrieblichen Rationalisierungsmittelfertigung zu garantieren.

A 1849

## Kurz informiert

### Messeausgabe „die Technik“

Wir weisen unsere Leser darauf hin, daß — wie in jedem Jahr — das Heft 3 der technisch-wissenschaftlichen Zeitschrift für Grundsatz- und Querschnittsfragen „die Technik“ als Sonderheft zur Leipziger Frühjahrsmesse erscheint.

Die Vorstellung der Neu- und Weiterentwicklungen der einzelnen Industriezweige erfolgt z. T. in ausführlicher Form als Fachartikel, der sowohl die technischen Details als auch die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten des Exponats enthält, aber auch als technische Kurzinformation.

Wie in den vergangenen Jahren erhalten Sie die Messeausgabe „die Technik“ im Freiverkauf in Leipzig an allen Zeitungskiosken und Souvenirverkaufsstellen auf dem Gelände der Technischen Messe zum Preis von 3,00 M. Da die Auflage erfahrungsgemäß sehr schnell vergriffen ist, raten wir unseren Lesern, sich das Heft rechtzeitig vor, spätestens bei Messebeginn zu besorgen.

+

### Neuentwicklung

#### Melkstand in Fischgrätenform mit unterflur verlegter Milchleitung

Der VEB Elfa Elsterwerda begann Ende 1977 mit der Produktion eines neuen Melkstandes in Fischgrätenform (FGM) vom Typ M 873 (2 × 8 Buchten) der Typenreihe M 871—M 875 (2 × 5 bis 2 × 12 Buchten).

Die Typenreihe weist folgende Neuheiten auf:

- Geradlinig gestalteter Melkflur
- unterflur verlegte Milch- und Spüleleitung aus Glas NW 50
- unterflur angeordnete Milchschleuse mit Gefälle der Milchleitung dorthin
- Rohrmilchfilter NW 50
- programmgesteuertes vollautomatisches System für die Reinigung und Desinfektion aller milchführenden Teile.

Beibehalten wurde die verschraubbare feuerverzinnte Standkonstruktion, die jedoch gegenüber der mit doppeltem Melkzeugbesatz der Typenreihe M 632—M 638 um 100 mm verbreitert wurde, um weitere in Vorbereitung befindliche Mechanisierungs- und Automatisierungseinrichtungen, z. B. die Melkzeugabnahmeverrichtung, anordnen zu können. Entsprechend wurden die Abstandsmaße für die Gruppenfütterung ebenfalls um 100 mm verändert. Die Melkstände sind grundsätzlich mit doppeltem Melkzeugbesatz versehen. Die Kühlung der Milch erfolgt in Milchkühlwannen oder mit Kühltechnik eigener Wahl.

Die Ausrüstungsvarianten sind denen der Typenreihe FGM M 632—M 638 bzw. M 860—M 864 gleich:

- Pneumatische Pulsation
- Physiomatik
- Gruppenfütterung oder ohne Gruppenfütterung mit Abweiser.

Vorteile der neuen Typenreihe:

- Durch den geradlinig gestalteten Melkflur werden die Bauausführung vereinfacht und damit die Kosten geringer.
- Infolge der unterflur verlegten großvolumigen Milch- und Spüleleitung sind eine

Erhöhung der Vakuumstabilität am Euter sowie ein schnellerer Milchentzug möglich, d. h., daß ein weiterer Schritt zur Gesunderhaltung des Euters und zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität getan wurde.

— Da die Milch mit eigenem Gefälle bis in die Milchschleuse fließt, wird sie weitestgehend geschont.

— Dazu trägt auch das Rohrfilter NW 50 bei.

— Durch die Automatisierung der Reinigung und Desinfektion werden Arbeitszeit sowie Reinigungs- und Desinfektionsmittel eingespart, subjektive Einflüsse weitgehend ausgeschlossen und somit eine Verbesserung der Rohmilchqualität erreicht.

Dipl.-Ing. D. Gebhardt, KDT

Dipl.-Ing. W. Höhne, KDT

+

### Tagungsmaterial erschienen

Das Tagungsmaterial der 2. Fachtagung „Technische Diagnostik“, die im November 1976 in Gera stattfand, ist jetzt in Form einer Broschüre mit einem Umfang von 112 Seiten und mit vielen Abbildungen erschienen.

Der Vertrieb erfolgt über die Betriebschule beim Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Spezialschule für Landtechnik Großenhain, 8281 Großenhain 6.

+

### „Multitrakt“ — ein neuer Traktor aus der VR Bulgarien

Im Institut für Landmaschinenbau Russe (VR Bulgarien) wurde ein neuer Radtraktor