

melstellen für instand zu setzende Ersatzteile

- für den Arbeitsgang Schadensaufnahme in den Instandsetzungsbetrieben
- als eigenständige Arbeitsblätter für die Durchführung der ETI unter werkstattmäßigen Bedingungen
- als technische Grundlage für das Erarbeiten von betriebsspezifischen Instandsetzungstechnologien.

Darüber hinaus dienen die Vordrucke „Technische Annahmebedingungen für Sammelstellen (ETI)“ der Veröffentlichung von Schädigungsgrenzen für nicht instandsetzbare Verschleißteile.

Die vorgestellte Dokumentation wurde umfangreichen Abstimmungen im Kombinat Fortschritt, im Bereich des Instandsetzungswesens sowie in zuständigen KDT-Gremien unterzogen, im Planjahr 1980 praktisch erprobt und wird ab 1981 planwirksam angewendet.

Es wird eingeschätzt, daß bei ordnungsgemäßen Erarbeiten und Abstimmen der vorgestellten Vordrucke mit den zuständigen Instandsetzungsbetrieben die technische Vorbereitung der ETI und ihre planwirksame Durchführung qualitativ verbessert und damit ein Beitrag zur weiteren Erhöhung der Material- und Energieökonomie geleistet werden kann.

Literatur

- [1] Gemeinsame Weisung Nr. 2 zur Versorgung der sozialistischen Landwirtschaft mit Ersatzteilen, Baugruppen und Standardteilen vom 12. März 1973.
- [2] Grotz, G.: Initiativen des VEB Kombinat Fortschritt zur Sicherung einer qualitätsgerechten Einzelteilinstandsetzung. agrartechnik 27 (1977) H. 4, S. 181-182.
- [3] Analysematerial der Arbeitsgruppe „Ersatzteile“ des MALF vom November 1980 (unveröffentlichtes Arbeitsmaterial im Kombinat Fortschritt Landmaschinen).

- [4] Gubsch, M.; Lehnert, K.-D.; Städter, L.: Gestaltung von Maschinen und Anlagen mit optimaler Zuverlässigkeit und Instandhaltungseignung am Beispiel des Mähdeschers E 516. agrartechnik 28 (1978) H. 5, S. 212-214.
- [5] Barnick, G.; Ihle, G.; Petersohn, J.; Rößner, K.: Stand und Entwicklungstendenzen bei der Sicherung einer hohen Zuverlässigkeit von landtechnischen Arbeitsmitteln. Landtechnische Informationen (1980) H. 3, S. 47-49.
- [6] Barth, M.: Vordrucke „Schädigungsgrenzen/Schadensaufnahme“ und „Technische Angaben zur Ersatzteilinstandsetzung“ für den Zugtraktor ZT 300 und Varianten. Unterlagen des Kombinats Fortschritt Landmaschinen, VEB Traktorenwerk Schönebeck, 1980 (unveröffentlicht).
- [7] Opitz, B.: Grenznutzungsdauer und Zuverlässigkeit instand gesetzter Einzelteile. Vortrag auf der II. Mechanisierungstagung der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg vom 6. bis 8. November 1979 in Berlin (unveröffentlicht).
- [8] Staatliches Vertragsgericht beim Ministerrat der DDR, Schiedsspruch im Verfahren Az.: 33-A-7/78. A 2927

Fertigen und Regenerieren mit Hilfe des Elektronenstrahlschweißverfahrens

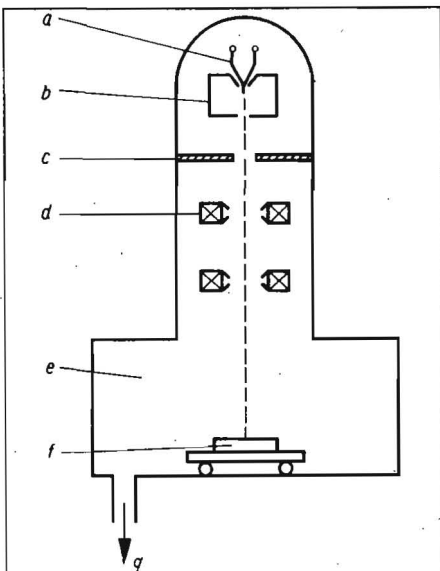
Dipl.-Ing. H. Ehrhardt, KDT, Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR Halle

In den letzten Jahren wurden neue Energiequellen zum Schweißen genutzt. Die daraus entwickelten Technologien sind unter dem Begriff Sonderschweißverfahren zusammengefaßt. Dazu zählen vor allem das Reibschweißen, Diffusions-, Kaltpreß-, Laser- und Elektronenstrahlschweißen. Über die Besonderheiten und Möglichkeiten des letztgenannten Verfahrens soll im folgenden berichtet werden.

1. Verfahrensprinzip

Das Elektronenstrahlschweißen (Els) ist ein Schmelzschweißverfahren, bei dem die kinetische Energie beschleunigter und gebündelter Elektronen zur Wärmezeugung an der Schweißstelle genutzt wird. Im Bild 1 ist der

Bild 1. Schematischer Aufbau einer Elektronenstrahlschweißeinrichtung;
a Katode, b Steuerelektrode, c Anode, d elektromagnetische Linsen, e Rezipient, f Werkstück, g zur Vakuumpumpe



schematische Aufbau einer Els-Anlage dargestellt. Die von einer Glühkatode im Vakuum emittierten Elektronen werden durch eine zwischen Katode und Anode anliegende Hochspannung beschleunigt. Sie fliegen mit etwa $\frac{2}{3}$ Lichtgeschwindigkeit durch eine Bohrung in der Anode und werden dann noch durch elektromagnetische Linsen zentriert und zu einem scharf fokussierten Strahl gebündelt. Dieser Elektronenstrahl trifft im Rezipienten auf das Werkstück und schmilzt es an der Auftreffstelle sofort auf. Aufgrund der sehr hohen Geschwindigkeit der Elektronen und der scharfen Bündelung des Strahls in einem Brennfleck (Durchmesser 0,5 bis 1,5 mm) ergibt sich eine Energiestromdichte an der Auftreffstelle von 10^6 bis 10^8 W/cm². Dieser Wert wird nur noch vom Laserstrahl übertroffen.

Auf Tafel 1 sind die Energiestromdichten einiger Schweißverfahren gegenübergestellt.

Diese hohe Energiekonzentration bewirkt den für das Els charakteristischen Tiefschweißeffekt. Das Tiefe-Breite-Verhältnis der Schweißnähte liegt im Mittel bei 25:1. Ein typisches Nahtprofil ist im Bild 2 dargestellt. Es wird überwiegend ohne Zusatzwerkstoff gearbeitet. Das bedeutet, daß die Teile im I-Stoß ohne Luftspalt aneinanderliegen und durch den Strahl nur die Stoßflächen verschmolzen werden. In der Umgebung der Katode muß ein Hochvakuum von mindestens $1,33 \cdot 10^{-2}$ Pa (10^{-4} Torr) herrschen. In der Schweißkammer genügt jedoch für die meisten Werkstoffe ein Druck von $1,33$ Pa (10^{-2} Torr). Steigt der Druck weiter an, so wird der Elektronenstrahl durch die erhöhte Anzahl von Luftmolekülen im Rezipienten gebremst und gestreut. Die Energiedichte sinkt, d.h. die Schweißnähte werden breiter, und die Einschmelztiefe nimmt ab. Der Tiefschweißeffekt geht verloren.

In den meisten Fällen steht der Strahl beim Schweißen still. Die Nahtbildung erfolgt durch Bewegungen des Bauteils über eine Spann- und Transportvorrichtung. Ausführliche Informationen über die Verfahrensgrundlagen sind in [1, 2] enthalten.

2. Anwendungsmöglichkeiten

Die Anwendungsgebiete des Verfahrens werden durch folgende Besonderheiten bestimmt:

- schmaler und tiefer Einbrand
- geringer Wärmeeintrag, d.h. geringer Verzug
- Schweißen ohne Zusatzwerkstoff
- Schweißen im Vakuum.

2.1. Voraussetzungen

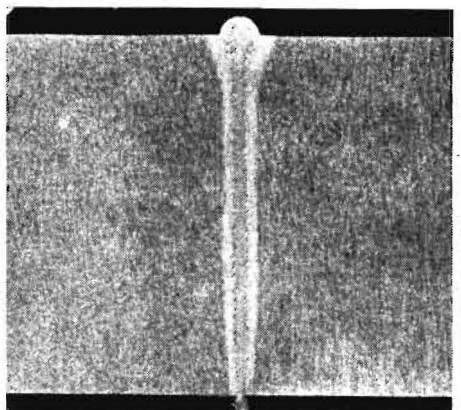
2.1.1. Werkstoffe

Die Abmessungen des Schmelzbades sind beim

Tafel 1. Energiestromdichte bei einigen Schweißverfahren

Energiequelle	größte Energiestromdichte W/cm ²
Azetylen-Sauerstoff-Flamme	10^3
Lichtbogen (E-Handschiessen)	10^5
Lichtbogen (CO ₂ -Schweißen)	$5 \cdot 10^5$
Plasmastrahl	10^6
Elektronenstrahl	10^8
Laserstrahl	10^9

Bild 2. Nahtprofil einer Els-Schweißnaht



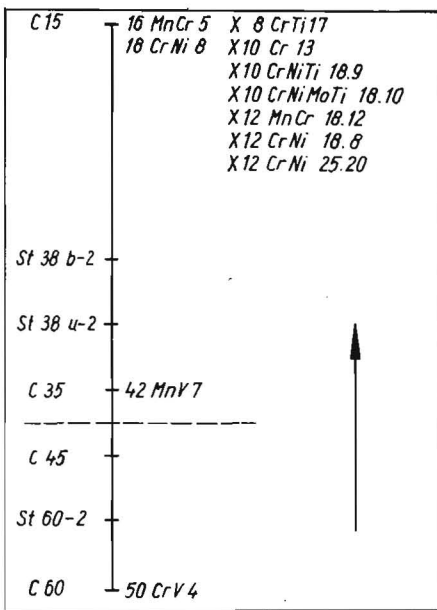


Bild 3. Schweißbarkeit der Stähle beim Els

Els gegenüber anderen Schweißverfahren gering. Die Abkühlungsgeschwindigkeit ist hoch. Es ergeben sich andere metallurgische Probleme als bei konventionellen Schweißnähten. Entscheidenden Einfluß auf die Schweißbarkeit hat bei Stählen der Kohlenstoffgehalt. Mit steigendem C-Gehalt nimmt die Schweißneigung ab. Im Bild 3 ist zu erkennen, daß bei 0,35% C die Grenze liegt. Darüber kommt es zu Aufhärtung und Rißbildung. Es ist aber möglich, einen Stahl mit hohem C-Gehalt und einen Stahl mit niedrigem C-Gehalt zu verschweißen. Auch bei hochlegierten Stählen ist der Kohlenstoffgehalt entscheidend. Es tritt kein Abbrand an Legierungselementen auf. Hochlegierte austenitische Stähle sind sehr gut schweißbar. Die hohe Abkühlungsgeschwindigkeit bewirkt ein geringes Kornwachstum. Nichteisenmetalle und deren Legierungen sind fast ausnahmslos mit dem Elektronenstrahl schweißbar, wenn deren Gasgehalt nicht zu hoch ist bzw. wenn sie keine leicht verdampfenden Komponenten enthalten (z.B. Messing).

2.1.2. Konstruktive Gestaltung und Nahtvorbereitung

Beim Els wird ohne Zusatzwerkstoff gearbeitet. Deshalb ist auf eine exakte Nahtvorbereitung zu achten. Der Luftspalt soll je nach Werkstoffdicke 0,2 mm nicht übersteigen. Ist er zu groß, so kommt es zu Bindefehlern oder eingefallenen Schweißnähten. Rundteile sind mit einer Preßpassung zu fügen. Die Stoßflächen sollen sauber und fettfrei sein. Beim Schweißvorgang wird das Bauteil unter dem Elektronenstrahl hinbewegt. Deshalb ge-

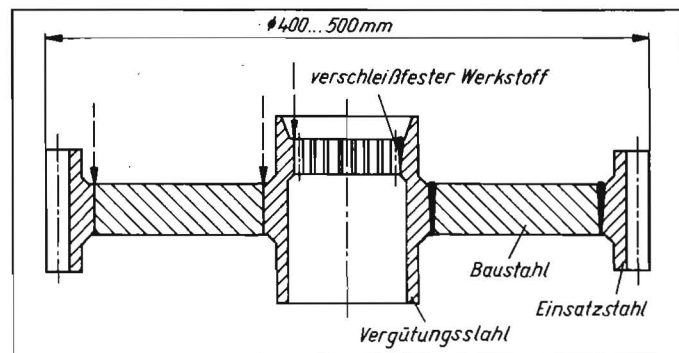


Bild 5. Aufgeschweißte Zahnäder auf einer Getriebewelle

hört zur Nahtvorbereitung auch die exakte Aufnahme des Teils in der Spannvorrichtung. Die Führungsgenauigkeit relativ zum stillstehenden Strahl soll $\pm 0,1$ mm betragen.

2.1.3. Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit richtet sich nach der Einsparung je Teil und der zu schweißenden Stückzahl. Bis maximal 1000 Teile je Jahr können als Lohnauftrag in Kooperation auf univertellen Els-Anlagen geschweißt werden. Eine Anlage für die Serienproduktion eines bestimmten Bauteils lohnt sich erst ab 100000 Schweißungen je Jahr. Geringere Stückzahlen müssen auf einer für mehrere ähnlich gestaltete Werkstücke gebauten Els-Anlage geschweißt werden. Diese kann z.B. zentral für einen Industriezweig aufgestellt werden. Bei den jährlichen Kosten überwiegt die Abschreibung. Außerdem sind die Kosten für die Nahtvorbereitung bedeutend. Einziges laufend anfallendes Verschleißteil einer Els-Anlage ist die Katode, die je nach Belastung nach 1 bis 3 Schichten gewechselt werden muß. Die Kosten für diesen Wolframbolzen sind gering. Auf die Ökonomie des Elektronenstrahlschweißens wird ausführlich in [3] eingegangen.

2.2. Anwendungsbeispiele

Die o.g. Merkmale des Verfahrens ermöglichen es, in Industriezweige vorzudringen, die bisher der Schweißtechnik nicht zugänglich waren. 90% aller Elektronenstrahlschweißungen sind Rundnähte. Der Hauptanwendungsbereich ist z.Z. die Getriebeindustrie, wo Ge-

trieberäder, Schaltungsteile, Kupplungen, Kurbeltriebe, Wellen u.a. geschweißt werden. Dabei kann das Els sowohl zur Neufertigung als auch zur Regenerierung verschlissener Teile oder zur Reparatur eingesetzt werden. Dazu im folgenden einige Beispiele.

Durch das Els ist es möglich, Material und Zerspanungsarbeit einzusparen. So wird z.B. an dem im Bild 4 dargestellten großen Getrieberad an jeder Stelle der für die Beanspruchung günstigste Werkstoff eingesetzt. Die Pfeile deuten den Elektronenstrahl an, der Zahnkranz, Steg, Nabe und Innenverzahnung miteinander verschweißt. Der Verzug ist so gering, daß derartige Teile im fertig bearbeiteten Zustand verbunden werden können. Durch das Els werden bei einem solchen Zahnrad in der Serienproduktion 70 t legierter Stahl eingespart. Rechnet man die Verbesserungen im technologischen Ablauf hinzu, so amortisiert sich die Els-Anlage für diese Teile in 2 bis 3 Jahren.

Das Elektronenstrahlschweißen kann auch dort eingesetzt werden, wo sich mehrere verschiedenartige Zahnäder dicht nebeneinander auf einer Welle befinden, wo die Festigkeit einer Schrupfverbindung nicht ausreicht und große Durchmesserunterschiede an einem Bauteil auftreten (Bild 5).

In den Bildern 6 bis 8 werden Beispiele zur Reparatur und Regenerierung von Teilen dargestellt. *Fortsetzung auf Seite 550*

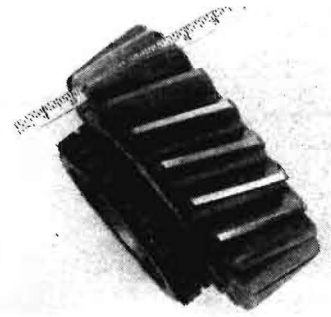


Bild 7. Anschweißen einer neuen Kuppelverzahnung

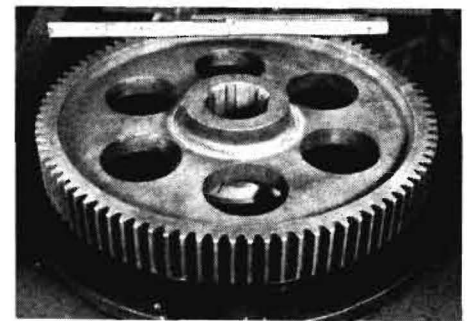


Bild 8. Reparatur eines Antriebsrades durch Einschweißen einer neuen Nabe

Bild 4. Beanspruchungsgerechter Werkstoffeinsatz an einem Getrieberad
Bild 6. Regeneriertes Anlasserritzel



Durchsetzung der technologischen Disziplin in der spezialisierten Instandsetzung von Maschinen — eine Voraussetzung für die Qualitätssicherung

Hochschulung. H. Görg, KDT, VEB Kombinat für Landtechnische Instandhaltung Neubrandenburg

Der Gradmesser für das Niveau der Qualitätsarbeit der 6200 Werkstätten des VEB Kombinat für Landtechnische Instandhaltung (KLI) Neubrandenburg besteht darin, wie es mit den Instandsetzungsmaßnahmen gelingt, die vom Finalproduzenten für die Maschinen und Geräte hinsichtlich Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit, Funktionstüchtigkeit und effektiver Lebensdauer konstruktiv vorgegebenen Qualitätsparameter zu erreichen. In zunehmendem Maß steht dabei jedoch auch die Aufgabe, mit der Durchsetzung funktionsverbessernder Maßnahmen eine zielgerichtete Modernisierung der landtechnischen Arbeitsmittel zu organisieren. Deshalb werden im VEB KLI Neu-

Fortsetzung von Seite 549

gestellt. An das Anlasserritzel (Bild 6) kann bei verschlissener Verzahnung ein neues Ritzel an die Hohlwelle angeschweißt werden. Ebenso kann die Kuppelverzahnung des Getrieberades (Bild 7) abgedreht und durch eine neue ersetzt werden. Die Umformungen durch das Schweißen liegen innerhalb der zulässigen Toleranzen. Ein im Musterbau falsch bearbeitetes Zahnrad (Bild 8) konnte durch Einschweißen einer neuen Nabe instand gesetzt werden.

Als Beispiele für Längsnähte sind das Elektronenstrahlschweißen von Bimetallsägebändern, Lenksäulen, Führungsbahnen und Profilplattenverbindungen zu nennen.

3. Stand des Verfahrens in der DDR

Der Entwicklungsstand des Elektronenstrahlschweißens in der DDR entspricht dem Weltniveau. Els-Anlagen werden vom Institut „Manfred von Ardenne“ in Zusammenarbeit mit dem Anwenderbetrieb und dem ZIS Halle gebaut.

4. Zusammenfassung

Das Elektronenstrahlschweißen ist durch eine hohe Energiestromdichte, geringen Wärmeeintrag und schmale, tiefe Schweißnähte charakterisiert. Es kann zum Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe und fertig bearbeiteter Präzisionsteile eingesetzt werden. Bauteile, an denen bisher nicht geschweißt wurde oder bei denen andere Schweißverfahren versagen, sind mit dem Elektronenstrahl erfolgreich zu fertigen. Völlig neue Konstruktionsformen sind möglich, die zu Einsparungen an hochwertigem Material und Zerspanungsarbeit führen. Die Anwendung des Verfahrens in der Serienproduktion erfordert hohe Stückzahlen. Geringere Losgrößen bestimmter Bauteile können im Lohnauftrag oder kombiniert mit anderen ähnlich gestalteten Bauteilen geschweißt werden.

Literatur

- [1] Beckert, M.; Neumann, A.: Grundlagen der Schweißtechnik — Sonderschweißverfahren. Berlin: VEB Verlag Technik 1969.
- [2] Wiesner, P.: Elektronenstrahlschweißen. Technisch-Wissenschaftliche Abhandlung Nr. 64 des ZIS Halle, 1971.
- [3] Herden, G., u. a.: Ökonomie des Elektronenstrahlschweißens. Schweißtechnik 24 (1974) H. 12, S. 530—532. A 3172

brandenburg zur Beurteilung der Qualität der Grundinstandsetzung die gleichen Parameter herangezogen wie für neue Maschinen. Für jeden Instandsetzungsbetrieb werden die technischen und ökonomischen Möglichkeiten exakt geprüft, bevor das Niveau der Instandsetzung festgelegt wird.

Aufgrund des komplexen Charakters der Qualität durchziehen die Maßnahmen zu ihrer Sicherung alle Abschnitte der Produktion. Auf diese Erfordernisse sind alle Leitungsdokumente, die Führung des sozialistischen Wettbewerbs und die eingeleiteten Maßnahmen zur Schaffung der personellen und materiellen Voraussetzungen zur Qualitätssicherung ausgerichtet. Grundlage für die komplexe Durchsetzung der sich auf ideologischem, technisch-organisatorischem und ökonomischem Gebiet ergebenden Aufgaben bildet die „Konzeption zum Aufbau des Qualitätssicherungssystems in den VEB KfL“, die als Rahmenordnung erlassen wurde.

Darauf aufbauend wurden in den Jahren 1979/80 im VEB KLI Neubrandenburg folgende wichtige Leitungsdokumente erarbeitet:

- Rahmenordnung zur Organisation des betrieblichen Meßwesens
- Überprüfungsvorschrift zur Beurteilung des Qualitätssicherungssystems
- Ordnung für die Durchführung von Erzeugnisüberprüfungen
- Kennziffern für die langfristige und planmäßige Erhöhung und Sicherung der Qualität im Zeitraum 1981 bis 1983. Damit wurden Voraussetzungen für eine wirksame Kontrolle und Bewertung des Standes der Qualitätssicherung geschaffen.

Eine Schwerpunktaufgabe ist gegenwärtig die weitere Erhöhung des Niveaus der Technologie der Instandsetzung. Dabei geht es vor allem darum, die personellen und materiellen Voraussetzungen für eine gründliche wissenschaftliche und kontinuierliche Technologiearbeit und deren kurzfristige Praxiswirksamkeit zu schaffen. Neben den Aufgaben zur Erhöhung der Wirksamkeit des Ingenieurbüros des VEB KLI Neubrandenburg wird dem Aufbau von Technologiekapazitäten in den einzelnen Betrieben verstärkte Aufmerksamkeit beigemessen. Das betrifft vor allem solche Betriebe, in denen die Leistungen der spezialisierten Instandsetzung 40 bis 60% der Produktionskapazität ausmachen.

Ausgehend vom gegenwärtigen Stand des Einsatzes von Technologen (im Bereich der spezialisierten Instandsetzung kommt ein Technologe auf 80 bis 110 Produktionsarbeiter), ist im Plan 1981 die Aufgabe gestellt, den Einsatz von einem Technologen auf 70 bis 72 Produktionsarbeiter und bis 1985 auf 40 Produktionsarbeiter zu erreichen. Dabei wird in Abhängigkeit vom Produktionsprofil und von der Betriebsstruktur darauf orientiert, daß mindestens 60% dieser Kapazität als zentrale Technologengruppe des Betriebes zum Einsatz kommt.

Zur Schaffung der materiellen Voraussetzungen zur Erhöhung des Niveaus der Technologie

Tafel 1. Auszug aus der Prüftechnologie E 301 Baugruppe: Schneidwerk E 023 Endkontrolle

lfd. Nr.	Prüfmerkmale	Maße	Meß- und Prüfmittel
4.	Kontrolle der wichtigsten Schraubverbindungen		
—	Schalenkupplung	55 N · m	Drehmomentenschlüssel
—	Paarungsteile Hebel-Koppellager, Hebel-Messerkopf	170 N · m	Drehmomentenschlüssel
—	Paarungsteile Schlitzblech-Seitenwandkonsole	90 N · m	Drehmomentenschlüssel
—	Klemmschrauben für Schwinge	75 N · m	Drehmomentenschlüssel
—	Radmuttern	75 N · m	Drehmomentenschlüssel
5.	Prüfen während des Probelaufs bei Zapfwellendrehzahl	800 U/min	Probelaufgerät

gibt es eine klare Konzeption. Entsprechend den Erfahrungen anderer Volkswirtschaftszweige wurde mit der Fünfjahrplankonzeption die Aufgabe gestellt, die Struktureinheiten „Hauptmechanik“ weiter aufzubauen. Die Kapazitäten werden so ausgelegt, daß damit die Anforderungen an die Instandhaltung und erweiterte Reproduktion der Ausrüstungen gesichert werden können. Als Richtwert sind 6% des Bruttowerts der Ausrüstungen vorgegeben. Ausgehend von der in [1] festgelegten Verantwortung, wird damit die Entwicklung der Leistungsfähigkeit der produktionsvorbereitenden Bereiche gesichert. Ihre Wirksamkeit hängt jedoch in starkem Maß davon ab, wie es in der politisch-ideologischen Arbeit und organisatorischen Tätigkeit gelingt, das Verantwortungsbewußtsein aller leitenden und mittleren Kader zu entwickeln. Die erreichten Ergebnisse werden über die leistungsabhängige Gehaltsprämie und Jahresendprämie stimuliert.

Die Beurteilung aller Bereiche des Betriebes erfolgt zweimal jährlich auf der Basis gegenseitiger Kontrolle durch berufene Kontrollgruppen, die durch den Leiter der Technischen Kontrollorganisation (TKO) geleitet werden. Das Gesamtergebnis der Betriebsbeurteilung wird in einer Qualitätsstufe zusammengefaßt. Die beiden besten Betriebe werden prämiert.

In den Jahren 1979/80 wurden die Instandsetzungstechnologien für die Maschinen der spezialisierten Instandsetzung überarbeitet. Es wurde dabei darauf geachtet, daß für die einzelnen technologischen Abschnitte und die Arbeitstakte exakte Kriterien für die Qualitätsarbeit und ihre Kontrolle eingearbeitet wurden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen für alle spezialisiert instand gesetzten Großmaschinen Kontrolltechnologien vor, die Angaben über die anzuwendenden Meß- und Prüfmittel, den Prüfort, die Prüflfolge und die Prüfschärfe sowie die Einhaltung der Schutzgüteforderungen enthalten (Tafel 1). Alle technologischen