

## Thema Umformtechnische Verfahrenslösungen in der Einzelteilinstandsetzung (Teil I)

Autoren Dozent Dr. sc. techn. G. Hübner, KDT/Dr.-Ing. F. Leidecker, KDT/Dipl.-Ing. S. Weber, KDT  
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung  
Dozent Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT, VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

### 1. Einleitung

Die Verfahren der Umformtechnik bieten hinsichtlich effektiver Werkstoffausnutzung und Erhöhung der Qualität instand gesetzter Einzelteile eindeutige Vorteile. Aufgrund der Forderungen nach ständiger Sortimentserweiterung instand setzbarer Einzelteile sowie Erhöhung der Nutzungsdauer wird zukünftig die Anwendung umformtechnischer Verfahrenslösungen sowohl für die Neuinstandsetzung als auch für Verfahrenssubstitutionen bei bestehenden Aufarbeitungsvarianten eine zunehmende Bedeutung erlangen. Damit verbunden sind die Forderungen nach der Beurteilung der umformtechnischen Instandsetzbarkeit und der Zuordnung möglicher Verfahrensprinzipie entsprechend den instand zu setzenden Formelementen am Bauteil. Nachfolgend sollen dazu notwendige Entscheidungshilfen vermittelt werden.

### 2. Charakteristik der umformtechnischen Instandsetzung

Nach Untersuchungen in [1] bestehen zwischen der Neuteilfertigung und der Instandsetzung von Einzelteilen grundsätzlich Analogien, die eine weitgehende Anwendung und Übertragung fertigungstechnischer Erkenntnisse auf die Einzelteilinstandsetzung möglich machen. Der für die Instandsetzung wesentliche Unterschied besteht vor allem in der Ausgangsform, da hier ein bereits vorhandenes, aber durch die Nutzungsphase geschädigtes Fertigteil vorliegt, das nur z. T. örtlich begrenzt in seiner Fertigform wiederhergestellt werden muß. Dabei sind gleichzeitig auch die stofflichen Eigenschaften entsprechend den geforderten Qualitätsparametern zu sichern, um die funktionelle Austauschbarkeit der instand gesetzten Einzelteile zu gewährleisten.

Für die umformtechnische Instandsetzung sind neben den in [1] dargestellten Voraussetzungen zur Anwendung von Umformverfahren folgende Charakteristika zu berücksichtigen:

- Fertigungsgeschichte und Einsatzcharakteristik des geschädigten Einzelteils (Vorgeschichte)
- örtlich begrenzter Verschleiß und ganzteilige oder begrenzte Ermüdung
- örtlich begrenzte Werkzeugkontaktbereiche
- örtlich differenziertes Umformvermögen

Tafel 1. Zuordnung umformtechnischer Kenngrößen

Geometrieaspekt	Werkstoffaspekt
- Grundform (GF)	- chemische Zusammensetzung
- Instandsetzungsformelement (ISFE)	- Behandlungszustand
- dem ISFE benachbarte Formelemente (FE) bzw. Nebenformelemente (NFE) im ISFE	- Schädigungszustand (Ermüdung)
- Ergänzungselemente (EFE)	- Möglichkeit des Abtragens von geschädigten Schichten in Zonen großer Umformung (Kontaktflächen)
- Abmessungen und Abmessungsverhältnisse	- Verfahrensparameter (Umformgrad, Umformgeschwindigkeit, Umformtemperatur)
- Verschleißgröße	- Vorbehandlung
- Lage, Form und Umgebung möglicher Werkstoffreserven	- Spannungszustand
- Konturen und Querschnitte, die nicht beeinflußt werden dürfen	- Umformvermögen
- Zugänglichkeit zur Werkstoffreserve	
- Kerbwirkungen	

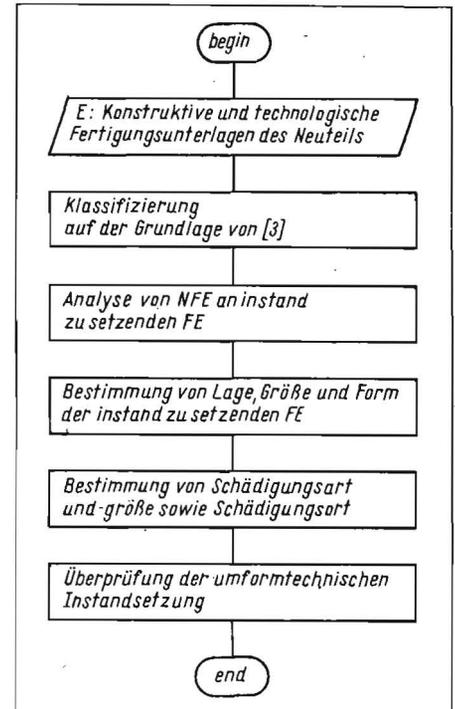


Bild 1  
Bestimmung des Ausgangszustands (E Eingangszustand)

- verhältnismäßig kleine Werkstoffverschiebungen
- instandsetzungsbezogene Modifizierung von Verfahrenskenngrößen.

Ausgehend von der Analyse und Beurteilung der „Vorgeschichte“ des instand zu setzenden Einzelteils muß mit Hilfe aussagefähiger Kenngrößen die umformtechnische Instandsetzbarkeit eingeschätzt bzw. beurteilt werden.

Generell lassen sich die möglichen Kenngrößen dem Geometrie- bzw. Werkstoffaspekt zuordnen (Tafel 1). Durchgeführte Analysen ergeben zwei grundsätzliche Schlußfolgerungen:

- Es gibt eine Reihe von Formelementkombinationen, die an verschiedenen Einzelteilen gleich auftreten oder sich zumindest ähnlich sind. Sie lassen sich in Gruppen zusammenfassen.
- Eine Reihe bestimmter Formelementkombinationen (Vorzugskombinationen) lassen sich nur nach bestimmten Verfahrensprinzipien instand setzen.

Da theoretisch unendlich viele Kombinationen von Grundform, Formelementen, Nebenformelementen und Ergänzungselementen und ihrer örtlichen Lage existieren, von denen jede einzelne schon die Anwendung des Umformens unmöglich machen kann, ist es ausgehend vom Geometrieaspekt nicht möglich, ein jede Kombination berücksichtigendes Alternativprogramm zur Entscheidungsfindung „umformtechnisch instand setzbar – nicht umformtechnisch instand setzbar“ zu erstellen.

### 3. Überprüfung der umformtechnischen Instandsetzbarkeit

Ausgehend von bisherigen Erkenntnissen und unter Beachtung instandsetzungsspezifischer Restriktionen wurde ein Algorithmus zur Überprüfung der Anwendbarkeit der umformtechnischen Instandsetzung erstellt, der aus folgenden Teilen besteht [2]:

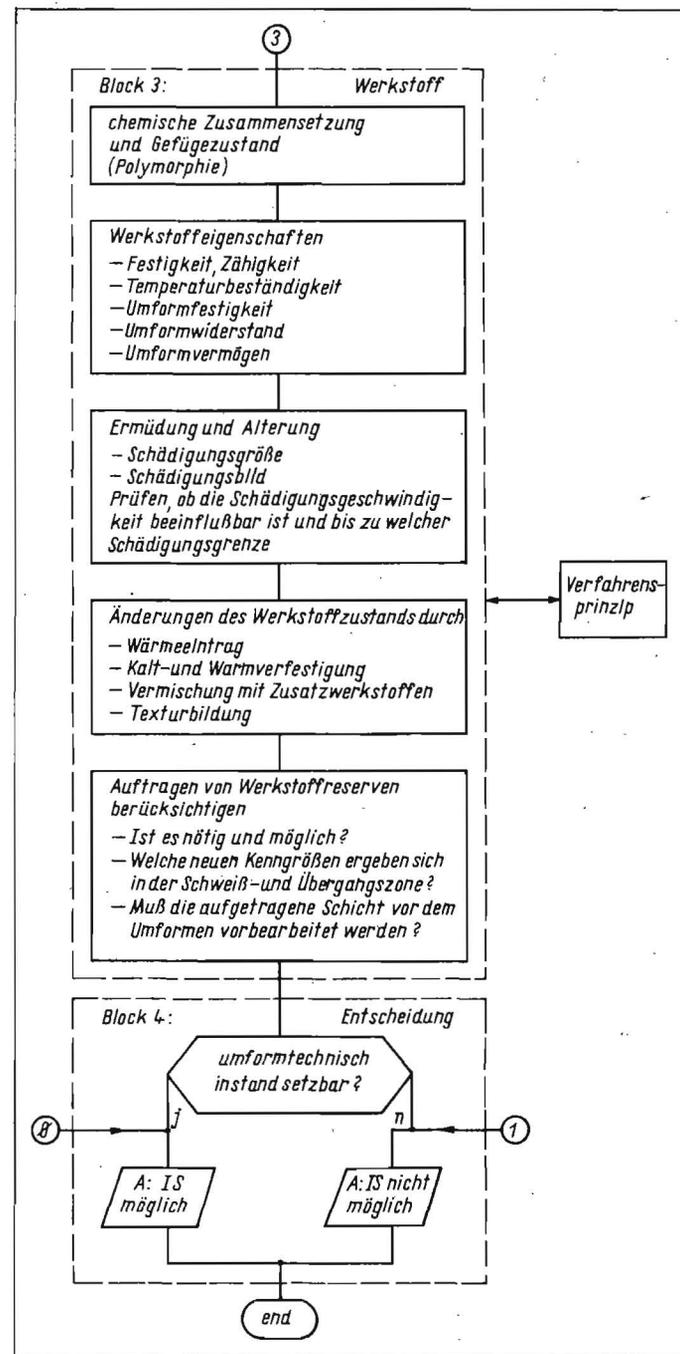
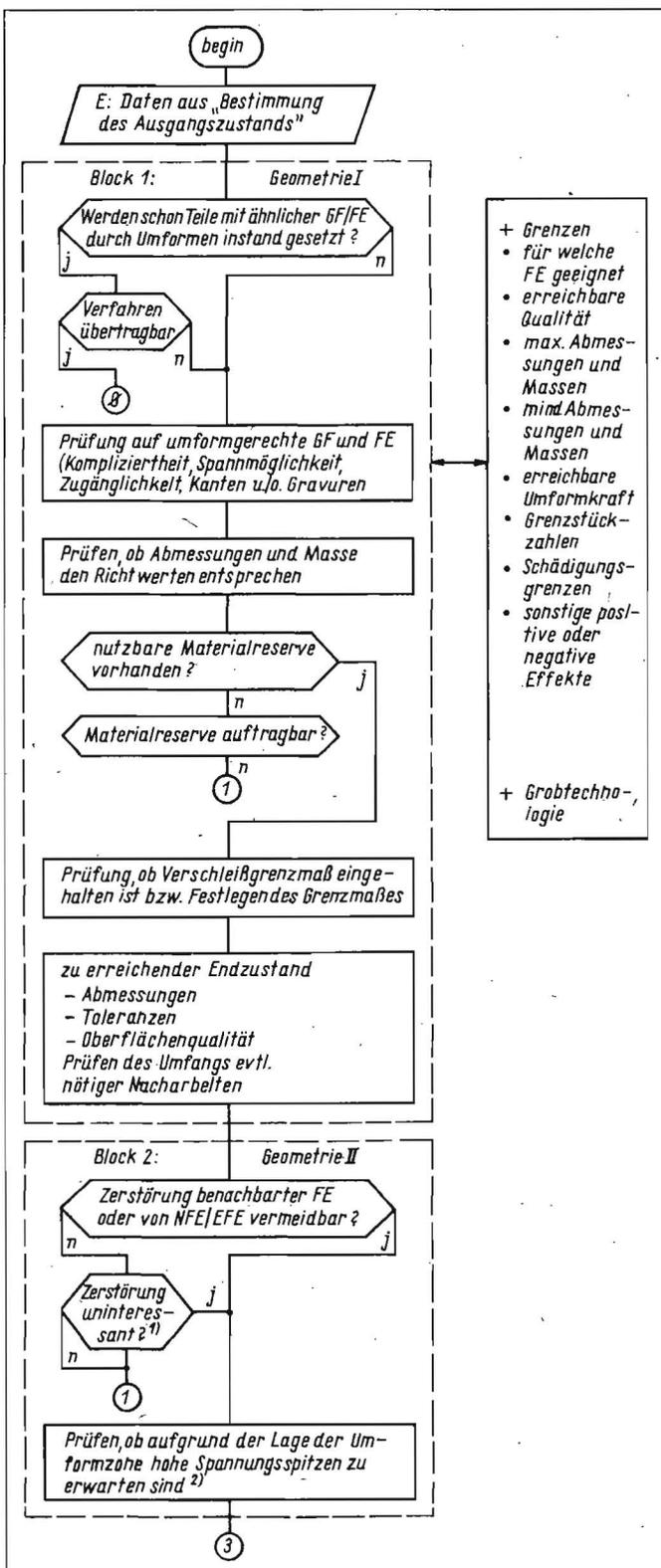
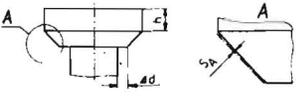


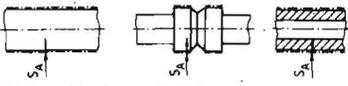
Bild 2. Algorithmus zur Überprüfung der Instandsetzbarkeit (E Eingangsgröße, A Ausgangsgröße, IS Instandsetzung);  
 1) die zerstörten FE, NFE, EFE sind durch Nacharbeit leicht wiederherstellbar oder für die Funktion des Einzelteils nicht maßgebend  
 2) wenn ja, dann Berücksichtigung in Block 3

- Bestimmung des Ausgangszustands (Bild 1)  
 - Überprüfung der umformtechnischen Instandsetzbarkeit (Bild 2).  
 Dabei wurde vorausgesetzt, daß an einem Einzelteil nur eine geringe Anzahl instand zu setzender Formelemente vorhanden ist, so daß sich deren Gruppierung und die gemeinsame Überprüfung auf umformtechnische Instandsetzbarkeit meist als nicht notwendig erweisen. Damit ist eine Analogie zur Formelementherstellung [4] gegeben.  
 Ausgehend von der Priorität des Geometrieaspekts erfolgt die Überprüfung der umformtechnischen Instandsetzbarkeit in zwei Schritten. Dabei bezieht sich der vorgeschlagene Algorithmus vorerst nur auf die technische und technologische Möglichkeit der Anwendung von Umformverfahren.  
 Zuerst erfolgt die Überprüfung auf der Grundlage von Grundform und Instandsetzungsformelementen, wobei das in [3] vorgestellte

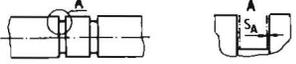
Ordnungsschema für die Einzelteilinstandsetzung genutzt wird. Ist das Ergebnis dieses Schrittes positiv, wird die weitere Prüfung unter Berücksichtigung weiterer Instandsetzungsformelemente, Nebenelemente und Ergänzungsformelemente sowie der Spezifik der Einzelteilinstandsetzung vorgenommen. Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind durch einen technologischen Variantenvergleich zu erarbeiten.  
 Der im Bild 2 dargestellte Algorithmus kann entsprechend dem Bedarf für die Instandsetzungsprozeßgestaltung um folgende Blöcke erweitert werden:  
 - Optimierung durch Variantenvergleich, wenn mehrere Verfahren möglich sind  
 - Variantenvergleich mit nichtumformtechnischen Verfahren nach Standard TGL 21 639  
 - Auswahl der Umformmaschine

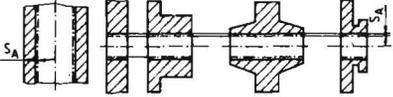
Tafel 2. Instandsetzbare Formelemente (ET Einzelteile)

- 1.1. lange rotationssymmetrische ET
- 1.2. Kegelfläche – außen
- 1.3. kein NFE
- 1.4. 
- 1.5.1. Verbrennungsmotorenventile ohne Einschleifschlitz
- 1.5.2. Verbrennungsmotorenventile mit Einschleifschlitz
- 1.5.3. Sonstige Kegelflächen enthaltende ET, wie Wellen, Zapfen, Ventile
- 1.6.1. produktionswirksam mit VP 1 im VEB LIW Demmin
- 1.7.1. VP 1
- 1.7.2. VP 2
- 1.7.3. VP 3, VP 2, VP 1

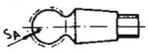
- 2.1. lange rotationssymmetrische ET
- 2.2. Zylinderfläche – außen
- 2.3. kein NFE oder radiale Nuten/Absätze
- 2.4. 

- 2.5.1. Wellen, Zapfen u. ä. Teile
- 2.5.2. Achsschenkel
- 2.5.3. Preßpassungen
- 2.5.4. Hinterachstragrohr
- 2.5.5. Hydraulikkolben
- 2.5.6. Tauchkolben
- 2.5.7. Wälzlagerrollen
- 2.5.8. Kolbenbolzen
- 2.5.9. Stoßdämpferkolben
- 2.6.2. produktionswirksam mit VP 5 in der UdSSR
- 2.6.3. produktionswirksam mit VP 5 in der UdSSR
- 2.6.4. produktionswirksam mit VP 4 in der UdSSR
- 2.6.7. produktionswirksam mit VP 9 in der ČSSR
- 2.6.8. produktionswirksam mit VP 12 in der UdSSR
- 2.6.9. produktionswirksam mit VP 13 in der UdSSR
- 2.7.1. VP 4, VP 5, VP 6, VP 7 + (VP 4, VP 5, VP 6)
- 2.7.2. VP 4, VP 4 + VP 7, VP 5 + VP 7
- 2.7.3. VP 5, VP 5 + VP 7
- 2.7.4. VP 4, VP 4 + VP 7
- 2.7.5. VP 4, VP 5, VP 6, VP 7 + (VP 4, VP 5, VP 6)
- 2.7.6. VP 10
- 2.7.7. VP 9
- 2.7.8. VP 11, VP 12
- 2.7.9. VP 13

- 3.1. kurze oder lange rotationssymmetrische ET
- 3.2. ebene Fläche – mehrfach – außen
- 3.3. keine NFE
- 3.4. 
- 3.5.1. Kolben vom Verbrennungsmotor 4 VD 14,5/12 SRW
- 3.6.1. produktionswirksam mit VP 8
- 3.7.1. VP 8

- 4.1. kurze (mit Einschränkung auch lange) rotationssymmetrische ET
- 4.2. Zylinderfläche innen
- 4.3. kein NFE
- 4.4. 

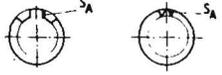
- 4.5.1. Bronzebuchsen
- 4.5.2. Zahn- und Kettenzwischenräder ohne Nabe
- 4.5.3. Zahn- und Kettenzwischenräder mit Nabe
- 4.5.4. Zahn- und Kettenräder mit Synchronleinrichtung oder Schaltverzahnungskranz
- 4.6.1. produktionswirksam mit VP 14 in der UdSSR
- 4.6.2. produktionswirksam mit VP 15 im VEB LIW Demmin
- 4.6.4. produktionswirksam mit VP 15 im VEB LIW Demmin
- 4.7.1. VP 9, VP 14
- 4.7.2. VP 15
- 4.7.3. VP 16, VP 17
- 4.7.4. VP 15, VP 19

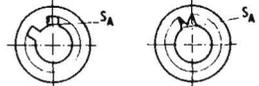
- 5.1. kurze oder lange rotationssymmetrische ET
- 5.2. sphärische Fläche – außen
- 5.3. kein NFE
- 5.4. 
- 5.5.1. Kugelbolzen (Kfz-Lenkung)
- 5.7.1. VP 1, VP 2, VP 8, VP 11

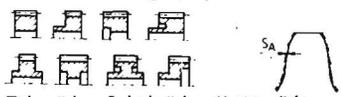
- 6.1. massive Kant- und Formteile
- 6.2. Zylinderfläche – außen
- 6.3. kein NFE
- 6.4. 

- 6.5.1. Gelenkwellenkreuze
- 6.6.1. produktionswirksam mit VP 9 in der ČSSR
- 6.7.1. VP 10, VP 11
- 7.1. hebeförmige Teile
- 7.2. Zylinderfläche – außen
- 7.3. kein NFE, benachbarte Hohlkehlen möglich
- 7.4. 

- 7.5.1. Kurbelwellen
- 7.6.1. produktionswirksam mit VP 3, VP 4 in der UdSSR
- 7.7.1. VP 3, VP 4

- 8.1. (kurze) oder lange rotationssymmetrische ET
- 8.2. Keil- oder Zahnwellenprofil
- 8.3. kein NFE
- 8.4. 
- 8.5.1. Zapfwellen, Gelenkwellen, Schaltgetriebewellen
- 8.7.1. VP 8, VP 18

- 9.1. (kurze) oder lange rotationssymmetrische ET
- 9.2. Keil- oder Zahnwellenprofil
- 9.3. kein NFE
- 9.4. 
- 9.5.1. Zahnräder mit Nabe
- 9.5.2. Gelenkwellenhülse (Schiebestück)
- 9.7.1. VP 16, VP 18, VP 17
- 9.7.2. VP 18

- 10.1. kurze rotationssymmetrische ET
- 10.2. Verzahnung – zylindrisch – außen – Geradverzahnung oder Kettenradverzahnung
- 10.3. keine FE in der Kraftübertragungszone in Richtung der Umformkraft (Werkzeugbewegung), wie z. B. Freistriche, Schaltverzahnungen, Synchronleinrichtungen
- 10.4. 
- 10.5.1. Zahnräder, Schalträder, Kettenräder
- 10.6.1. produktionswirksam mit VP 2 und VP 15 im VEB LIW Demmin
- 10.7.1. VP 2, VP 15, VP 19, VP 20, VP 21

- 11.1. kurze rotationssymmetrische ET
- 11.2. Verzahnung – zylindrisch – außen – Kettenrad- oder Geradverzahnung
- 11.3. keine FE in der Kraftübertragungszone in Richtung der Umformkraft
- 11.4. wie 10.4., jedoch Zahnbreitenverschleiß
- 11.5.1. Zahnräder, Kettenräder, Schalträder
- 11.6.1. produktionswirksam mit VP 15 und VP 19 im VEB LIW Pritzwalk
- 11.7.1. VP 15, VP 19

– Auswahl bzw. Konstruktion des Umformwerkzeugs auf der Grundlage der Ermittlung von Kraft- und Arbeitsbedarf. Teile dieses Programmablaufplans können zweckmäßig mit Hilfe eines Rechners abgearbeitet werden. Das erhöht die Produktivität der Instandsetzungsvorbereitung und läßt den Technologen mehr Raum für schöpferische Tätigkeiten. Erste Rechnerprogramme dazu liegen vor.

**4. Verfahrenslösungen zur Anwendung von Umformverfahren in der Einzelteilinstandsetzung**

Die Überprüfung der umformtechnischen Instandsetzbarkeit setzt die Kenntnis bereits angewandter umformtechnischer Lösungen voraus. Der vorliegende Überblick über instand setzbare Formelemente und

zugeordnete Verfahrensprinzip ist ein erster Schritt zur Erarbeitung eines Datenspeichers für die umformtechnische Instandsetzung. Damit werden gleichzeitig eine Verbindung von der Instandsetzung zur Neuteilfertigung hergestellt und der Aufbau eines einheitlichen Systems Neuteilfertigung – Instandsetzung weiter vorangebracht. Die in Tafel 2 zusammengestellte Übersicht über instand setzbare Formelemente kann ständig aktualisiert werden. Die übersichtliche Darstellung wird durch die Anwendung eines dreistelligen dekadischen Schlüssels erreicht, der folgenden Aufbau hat:

- 1. Stelle  
fortlaufende Numerierung der Einzelteil-Formelement-Kombination
- 2. Stelle  
alle Angaben zur Einzelteil-Formelement-Kombination  
1 Grundform nach [3]

- 2 Instand zu setzendes Formelement nach [3]
- 3 Angaben zu Nebenformelementen am Instandsetzungsformelement
- 4 Skizze
- 5 Beispiele für diese Kombination
- 6 Hinweise auf Produktionswirksamkeit
- 7 Verfahrensprinzip zur Instandsetzung
- 3. Stelle
  - fortlaufende Numerierung der Beispiele, wenn die 2. Stelle gleich 5 ist
  - Kennzeichnung, welches Beispiel produktionswirksam ist, wenn die 2. Stelle gleich 6 ist
  - Kennzeichnung möglicher Verfahrensprinzipie, wenn die 2. Stelle gleich 7 ist.

wird fortgesetzt

## Aus Diplomarbeiten des Jahres 1988 der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

**Hofmann, F.**

### **Untersuchungen zur mehrfachen Wärmebehandlung von Einsatz- und Vergütungsstahl**

Ausgehend von einer Analyse der in der landtechnischen Einzelteilinstandsetzung angewendeten Wärmebehandlungsverfahren werden Untersuchungen an Laborproben durchgeführt, die ausgewählten Wärmebehandlungen unterzogen wurden. Ziel ist es, das Verhalten des Werkstoffs bei einer mehrfachen Wärmebehandlung kennenzulernen, wie sie unter den Bedingungen der wiederholten Einzelteilinstandsetzung auftritt. Die Wärmebehandlungen werden an praktisch angewendete Technologien angelehnt. Als Vergleichskenngrößen kommen die technische Streckgrenze  $R_{p0,2}$ , die Kerbschlagzähigkeit KCV und die Oberflächenhärte zur Anwendung. Die Untersuchungen werden durch Schließen vervollständigt.

Beim Einsatzstahl 16MnCr5 kommt es bei mehrmaliger Wiederholung des Karbonitrierhärtens zu Karbidanhäufungen in der Randzone.

Die mehrfach wiederholte Wärmebehandlung zeigt beim Vergütungsstahl C35 keine nennenswerten Veränderungen der Kennwerte. Ein Normalisieren des Vergütungsstahles 50CrV4 vor der Vergütung führt zu erheblichen Festigkeitssteigerungen. Abschließend werden Hinweise zu weiterführenden Untersuchungen gegeben, die die aufgestellten Theorien bestätigen könnten.

**Bombowsky, F.**

### **Untersuchung zur Aufarbeitung der Kolbenbohrung von Dieselmotoren mittels Elektronenstrahlschweißen**

Hubkolben in Verbrennungsmotoren unterliegen einer hohen Belastung und daher auch einem hohen Verschleiß. Um den Anteil verschrotteter Kolben zu senken, werden Varianten aufgestellt und in Versuchen erprobt, die zur Aufarbeitung der Kolbenbohrung führen sollen. Es wird das Verfahren des Elektronenstrahlschweißens verwendet.

Ausgehend von der Probenform wurde eine Vorrichtung konstruiert und gebaut, auf der die Varianten erprobt wurden, die einen Flüssigphasen- oder einen Festphasenprozeß beinhalten.

Die Vorversuche zeigen, daß ein Arbeiten im Flüssigphasenprozeß keine technologisch nutzbaren Effekte bei der Schweißung von Kolbenbohrungen ergibt. Für die Festphasenvariante werden bestimmte nutzbare Ergebnisse ermittelt. In Auswertung der durchgeführten Untersuchungen und Versuchsschweißungen werden Probleme aufgeworfen, die Gegenstand weiterer Untersuchungen sein sollten.

**Bundermann, Heike**

### **Untersuchungen zum Aufbau einer Datenbank für Fördermittel**

In Auswertung förder technischer Fachliteratur werden die Fördermittel in Stetig- und Unstetigfördermittel unterteilt, wichtige technische Parameter ausgewählt und erläutert sowie die Rechentechnik hinsichtlich der Hardware- und Softwareeinsätze dargestellt. Von ausgewählten Förderern werden Datenbanken erstellt. Infolge der großen Anzahl der Daten der vorhandenen Hardware ist es not-

wendig, die Daten nach der Unterteilung der Fördermittel zu strukturieren und sie weiter zu untergliedern.

Rechenausdrücke zeigen den Aufbau der Datenbank. Mit einer kurzen Dokumentation ist eine Anleitung zum Zugriff auf die Datenbank gegeben.

**Kramer, E.**

### **Meßeinrichtung zum Ermitteln von Bodenspannungen unter der Einwirkung von Radfahrwerken**

Bei der Untersuchung des Standes der Sensortechnik werden Erkenntnisse über eine Reihe anwendbarer neuartiger Drucksensoren gewonnen. Unter Berücksichtigung der Anforderungen an Meßgeber und an vorhandene fertigungstechnische Möglichkeiten werden das Konzept eines Meßgebers vorgestellt und seine Konstruktion beschrieben.

Der konstruierte Meßwertgeber bewies bei Labor- und Feldversuchen seine Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck. Die ermittelten Ergebnisse werden vorgestellt und unter Verwendung ausgewählter Theorien diskutiert.

Neben bekannten Versuchsaufbauten wird das Konzept einer neuen, mikroprozessorgesteuerten Meßwertfassungsschaltung vorgestellt, die einen größeren Umfang und eine höhere Qualität der Versuchsdurchführung ermöglicht.

**Mehner, D.**

### **Erarbeitung und Systematisierung von Berechnungs- und Auslegungsgrundlagen von Systemlösungen der Wärmerückgewinnung**

Für die Projektierung von Wärmerückgewinnungseinrichtungen (WRGE) werden notwendige thermodynamische Grundlagen zusammengestellt und erläutert sowie eine Übersicht über die in der DDR produzierten Wärmerückgewinnungseinrichtungen gegeben.

Die rechnergestützte Projektierung wird als bestimmend herausgestellt, und die dafür notwendigen Stoffkennwerte, Kennzahlen und Größen werden dargestellt und strukturiert. Zur Auswahl einer für den jeweiligen Anwendungszweck günstigen Wärmerückgewinnungseinrichtung werden die Herangehensweise beschrieben und zwei Komplexe von Auswahlkriterien vorgestellt, die für weitere Arbeiten als Ausgangsmaterial dienen können. Außerdem werden alle notwendigen Daten für die Auswahl und Berechnung von Wärmerückgewinnungseinrichtungen aufgelistet und eine Struktur erarbeitet. Die endgültige Struktur der Daten und ihr Umfang richtet sich letztendlich nach dem gewählten Datenbanksystem und den Programmen. Am Beispiel von REDABAS wird eine mögliche Struktur gezeigt. In dem für den Projektierungsprozeß von Wärmerückgewinnungsanlagen aufgestellten Programmablaufplan wird eine Untergliederung in Blöcke und Teilblöcke (Unterprogramme) vorgenommen.