

# Progressive Werkstoffveredelungsverfahren und ihre Nutzung in der Einzelteilinstandsetzung

Dozent Dr.-Ing. G. Kamenarov, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

## 1. Weiterentwicklung oder Suchen nach völlig neuen Lösungen?

Die Erhöhung der Zuverlässigkeit instand gesetzter Einzelteile landtechnischer Arbeitsmittel ist eine aktuelle, aber nicht leicht zu lösende Aufgabe. Aus der Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten haben sich bis jetzt jene technologischen Methoden durchgesetzt, die einerseits leicht zu steuernde und zu regelnde Parameter der technologischen Zuverlässigkeit aufweisen, bei denen die Gerätetechnik leicht zugänglich und leicht zu handhaben ist und die andererseits die Ökonomie der Wiederherstellung der Teile garantieren. Die breiteste Anwendung finden dabei die schweißtechnischen Verfahren. Viele der konventionellen Verfahren der Werkstoffveredelung in der Neufertigung, wie die Oberflächenverfestigung, die thermo-mechanische und chemisch-thermische Werkstoffbearbeitung, die Werkstoffdiffusion sowie die galvanische Herstellung von metallisch reinen Überzügen, finden in der Einzelteilinstandsetzung nur begrenzte bzw. keine Anwendung. Ohne die Gründe hierfür einer tiefgründigen Analyse zu unterziehen, muß an dieser Stelle festgestellt werden, daß die bisherige Entwicklung den erhöhten Forderungen der Werkstoffveredelung und der hiermit steigenden Qualität nicht immer gewachsen ist [1, 2]. Folgerichtig stellt sich die Frage, ob in der bisherigen Entwicklung noch Reserven bestehen oder ob nach völlig neuen Wegen gesucht werden muß.

Da es sich bei der Einzelteilinstandsetzung um den Ausgleich von partiellem Verschleiß landtechnischer Arbeitsmittel handelt, muß der Ausgleich durch Auftragen von Oberflächenschichten erfolgen, die mindestens den gleichen Qualitätsanforderungen der Oberflächen von neuen Teilen genügen, diese sogar in einigen Merkmalen übertreffen. Von den Auftragschichten wird nicht nur das gleiche Verschleißverhalten wie von neuen Teilen verlangt, sondern auch ein Mindestmaß an Druckspannung, die die Ermüdung und Alterung des Kernwerkstoffs kompensiert. Die Auftragmethoden müssen sich grundsätzlich nach diesen Forderungen orientieren, andererseits müssen sie geeignet sein, den partiellen Auftrag dort zu realisieren, wo er notwendig ist. Nach einer in der UdSSR [3] durchgeführten Analyse von konstruktiv ähnlichen Teilen kann der Verschleiß 0,01 bis 10 mm betragen. Die prozentuale Verteilung des Verschleißes bis zu 0,6 mm bei der großen Anzahl untersuchter Teile ergibt sich wie folgt:

bis 0,1 mm 52 %  
 bis 0,2 mm 12 %  
 bis 0,3 mm 10 %  
 bis 0,4 mm 1 %  
 bis 0,5 mm 5 %  
 bis 0,6 mm 3 %.

Der Verschleiß bis zu 0,6 mm stellt insgesamt 83 % dar.

Die gleiche Analyse zeigt, daß bei 40 % aller Teile Außenrundflächen und bei 60 % der Teile Innenrundflächen das Verschleißgrenz-

maß überschritten und die Teile einer Instandsetzung unterworfen werden mußten. In der DDR dürften die Verhältnisse ähnlich sein. Aus solchen Analysen ergibt sich die Frage, ob der jetzige Stand der Technik den Anforderungen der Instandsetzung genügt und welche Möglichkeiten zu seiner Verbesserung in der Zukunft genutzt werden sollten. Dabei fällt sofort auf, daß die in der Instandsetzung meist verbreiteten Schmelzschweißverfahren aus materialökonomischer und energetischer Sicht für die o.g. 83 % aller Verschleißteile als nicht optimal geeignet erscheinen. Es werden nämlich Auftragschichten mit einer Nahtüberhöhung von 1,5 bis 3 mm aufgetragen (0,1 bis 0,6 mm werden meist benötigt), der Grundwerkstoff wird bis zu einer Tiefe von 5 mm aufgeschmolzen (Energie wird hier umsonst zugeführt), der Kernwerkstoff wird je nach Schweißparameter und Teilegeometrie thermisch geschädigt, und schließlich werden im Durchschnitt 2 mm wertvoller hochfester und harter Werkstoffe (vorausgesetzt, es wird solch ein Werkstoff aufgetragen) mit anderen teuren Werkstoffen (mit Co, W und Ti versehene Hartmetalle) zu Spänen verarbeitet.

## 2. Möglichkeiten zur instandsetzungsgerechten Modifizierung bekannter Auftragverfahren

Zu den Möglichkeiten, den bisherigen Stand zu vervollkommen, zählen folgende Modifizierungen der konventionellen Verfahren:

- Kurzlichtbogenschweißen
- MBL-Auftragverfahren
- Schweißverfahren mit veränderter Wärmebilanz gegenüber dem konventionellen MAG-Schweißen.

### Kurzlichtbogenschweißen

Diese Verfahrensvariante wird zwar in der Einzelteilinstandsetzung angewendet, die Anwendungsbreite läßt jedoch noch zu wünschen übrig. Dieses Verfahren bietet die Vorteile eines geminderten Einbrands und einer kleineren Nahtüberhöhung sowie eine Verringerung des Wärmeeintrags in den Grundwerkstoff und somit auch eine im Vergleich zur konventionellen MAG-Schweißung geminderte thermische Schädigung. Nachteilig wirkt sich jedoch die geminderte Ökonomie des Verfahrens aufgrund der kleineren Abschmelzleistung und Schweißgeschwindigkeit aus. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Ökonomie wäre die Anwendung der Paralleldrahtschweißung.

### MBL-Auftragverfahren

Es handelt sich hier um ein Lichtbogenverfahren (Bild 1), das im Vergleich zum MAG-Schweißen eine veränderte Wärmebilanz aufweist (die Wärmequelle ist hier als linear anzusehen), die sich positiv auf die Eigenschaften des Grundwerkstoffs auswirkt. Als Zusatzwerkstoffe werden Schweißpasten mit hohem Karbidanteil verwendet. Die Auftragschichten können in ihrer Dicke verändert und die Eigenschaften durch die Zusammensetzung der Pasten in breiten Grenzen variiert werden. Mit Hilfe von Fokussierblenden für das Magnetfeld kann die Wärmeeinbringung gesteuert werden. Der Einsatz von auswechselbaren Kupferelektroden mit unterschiedlichem Durchmesser in der wassergekühlten Elektrodenaufnahme (Bild 2) erhöht die Universalität des Verfahrens weiter.

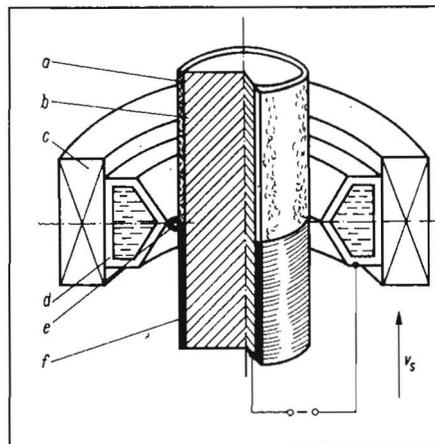
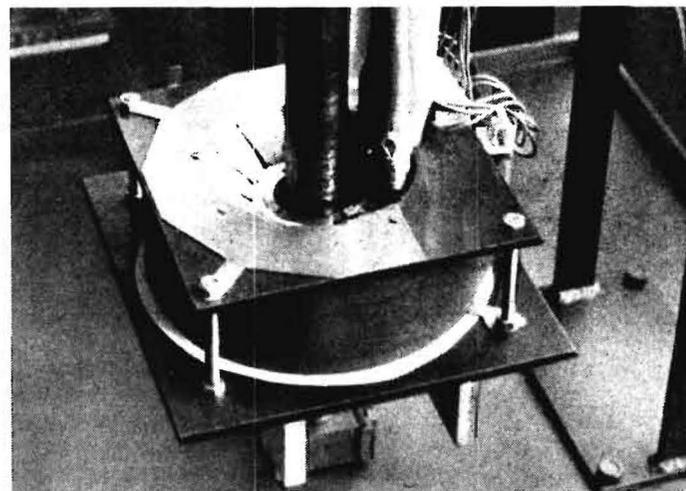


Bild 1  
 Grundschemata des MBL-Auftragverfahrens:  
 a Schweißpaste (Zusatzwerkstoff)  
 b Schweißteil (Grundwerkstoff)  
 c Magnetspule  
 d wassergekühlte Elektrode  
 e rotierender Lichtbogen  
 f Auftragschicht (Auftragschicht)

Bild 2  
 Kupferelektrode für das MBL-Auftragverfahren mit universeller wassergekühlter Elektrodenaufnahme und Fokussierblende



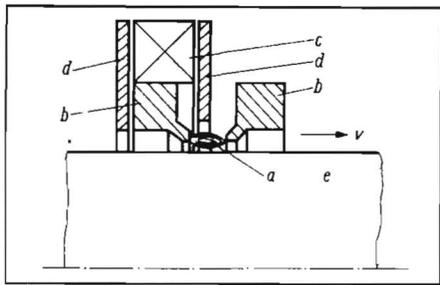


Bild 3. Prinzipschema des MBL-Verfahrens mit indirekter Lichtbogenwirkung; a rotierender Lichtbogen, b Elektroden, c Magnetspule, d Fokussierblenden, e Werkstück

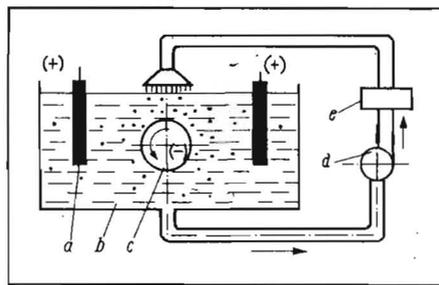


Bild 4. Schema der elektrochemischen Erzeugung von Dispersionsschichten (nach [5]); a Anode, b Elektrolyt, c Werkstück, d Pumpe, e Filter

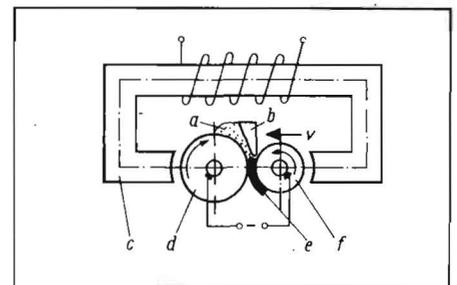


Bild 6. Schema des EIL-Verfahrens; a Magnetpulver, b Dosiereinrichtung, c Elektromagnet, d diamagnetisches Werkzeug, e Auftragschicht, f Werkstück

Die Anwendung der MBL-Erwärmung mit indirektem Lichtbogen (Bild 3) kann sich als eine brauchbare Methode zur partiellen Wärmebehandlung erweisen. Durch gesteuerte Temperatur-Zeit-Verläufe (hauptsächlich über die Vorschubgeschwindigkeit der Wärmequelle) können vergütungsfähige Auftragschichten wärmebehandelt werden.

#### Schweißverfahren mit veränderter Wärmebilanz gegenüber der konventionellen MAG-Schweißung

Zu diesen Verfahren zählen das Pulverdraht-Auftragschweißen mit seinen breiteren Auflegierungsmöglichkeiten des Schweißgutes. Auch das MAG-Vibrationsschweißen [4], das sehr breite und flache Auftragschichten mit günstigem Vermischungsgrad zwischen Grund- und Zusatzwerkstoff garantiert und dessen Wärmebilanz in Richtung einer linearen Wärmequelle verändert ist, hat für die Auftragschweißung eine sehr gute Eignung. Ähnliche Erfolge bietet die Schweißung mit Bändern als Zusatzwerkstoff, besonders durch die zunehmende Entwicklung von karbid- und oxidhaltigen Sinterbändern. Bei der Anwendung solcher Bänder sind Varianten mit Instandsetzungsgerecht veränderter Wärmebilanz möglich. Mit der schnellen Entwicklung der Pulvermetallurgie ist auch ein breiteres Angebot an Zusatzwerkstoffen für den Werkstoffauftrag zu erwarten.

### 3. Möglichkeiten zur Anwendung neuer Verfahren in der Einzelteilinstandsetzung

#### 3.1. Auftragen von elektrochemischen Dispersionsschichten

In der Neufertigung werden in den letzten Jahren mit immer größerem Erfolg Technologien zum elektrochemischen Ausscheiden von Dispersionsschichten aus elektrolytischen Bädern angewendet. Diese Methode wird dadurch charakterisiert, daß zusammen mit dem Basismetall auch dispergierte nichtmetallische Teilchen, wie Karbide, Boride, Sulfide und sogar Polymerpartikel, aus dem galvanischen Bad an die Metalloberfläche des Werkstücks ausgeschieden und in der Grundmatrix des Basismetalls eingebettet werden. Auf diese Weise werden Tragstrukturen in der Oberflächenschicht mit harten und weniger harten bis weichen Bestandteilen ähnlich wie bei den metallurgisch hergestellten Lagermetallen geschaffen. Das Einbetten von dispergierten Teilchen in die Grundmatrix des Auftragsmetalls verändert grundlegend seine Eigenschaften, und zwar hauptsächlich bezüglich der Verschleißwiderstandserhöhung. Der Ver-

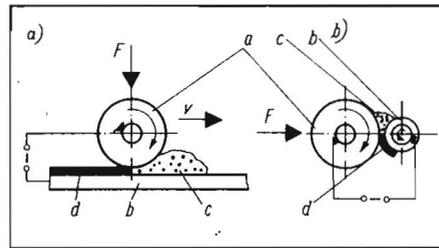


Bild 5. Schema des Widerstandsaufrisinterns ebener a) und runder b) Metalloberflächen (nach [3]); a Werkzeug, b Werkstück, c Pulver (Zusatzwerkstoff), d Auftragschicht

schleißwiderstand wird oft um mehr als das 10fache verbessert, und die Nutzungsdauer der Teile wird somit erheblich erhöht. Bei dieser Methode sind besonders die relative Einfachheit der Handhabung, die leichte Automatisierbarkeit des Prozesses und der unwesentliche Einfluß der Beschichtung auf den Grundwerkstoff erwähnenswert. Die Probleme der Vorausbestimmung der Zusammensetzung der Schichten scheinen mit der Entwicklung der mikroelektronischen Prozeßüberwachung und -steuerung vor ihrer endgültigen Lösung zu stehen. Um Dispersionsschichten mit konstanten Eigenschaften zu erzeugen, wird die Suspension auf unterschiedliche Weise in Bewegung gehalten (Bild 4). Die dispersiven Phasen können aus unterschiedlichen Verbindungen bestehen. Für selbstschmierende Substanzen werden z. B. Nickelschichten (Dicke bis 150 µm) mit 9% MoS<sub>2</sub>, Kupferschichten (bis 150 µm) mit 9% MoS<sub>2</sub>, Nickelschichten (bis 180 µm) mit 5% WC und 6% MoS<sub>2</sub>, verschleißfeste Schichten mit einer Grundschicht (Unterschicht) von 6 µm aus Kupfer, einer 9 µm dicken Nickel-Zwischenschicht und einer 240 µm dicken Deckschicht auf Ni-

Basis mit 8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sowie als Korrosionsschutz mehrlagige Schichten mit einer Grundschicht (10 µm), einer Zwischenschicht (30 µm) als Dispersionsschicht mit 24% SiC in der Nickelmatrix und einer Deckschicht (25 µm) aus Cr hergestellt [6]. Einige selbstschmierende Dispersionsschichten (besonders die dickeren) können zum Zweck der Erhöhung der Verschleißeigenschaften gezielt kaltverformt werden bzw. erhalten diese Eigenschaften während des Betriebs. Dabei steigen die durch die fremden Phasen hervorgerufenen Versetzungen in der Grundmatrix z. B. bei MoS<sub>2</sub> in der Ni-Matrix von  $6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-2}$  auf  $10,8 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ .

#### 3.2. Herstellung von gesinterten Oberflächenschichten

Eine weitere Methode zur Oberflächenveredelung ist der Auftrag von karbidhaltigen Bestandteilen auf Metalloberflächen durch Aufsintern. Das Grundprinzip dieser Auftragart ist im Bild 5 dargestellt. Diese Auftragsmethode ist an der Tscheljabinsker Hochschule für Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft entwickelt worden und ermöglicht in sehr breitem Maß die Herstellung von harten aufgesinterten Oberflächenschichten. Der Porenanteil dieser Schichten liegt in den Grenzen von 8 bis 12%, die Härte kann durch die Zusammensetzung des Pulvers und der Verfahrensparameter variiert werden. Die Auftraggeschwindigkeiten (der Auftrag kann sowohl spiralförmig als auch im Rundumlauf hergestellt werden) liegen je nach Pulversorte und gewünschter Qualität zwischen 0,12 m/min und 0,25 m/min.

Eine Verfahrensvariante des Aufsinterns stellt das sog. EIL-Verfahren (Elektro-Impuls-Legieren) dar – eine Methode, die früher als EFMB-Verfahren (Elektro-Ferro-Magnetische-Bearbeitung) bekannt war [7] und an

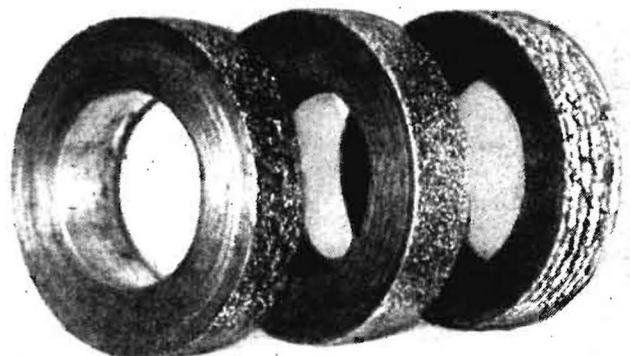


Bild 7. Nach dem EIL-Auftragsverfahren beschichtete Probestkörper

der Landwirtschaftlichen Hochschule Wolograd patentiert ist (Bild 6). Die Vorteile dieser Methode liegen in der hohen Auftragsleistung (30 cm<sup>2</sup>/min), in der breiten Möglichkeit, Schichten mit unterschiedlicher Zusammensetzung (C, Cr, Si, Ni, B, Fe) und entsprechender Breite herzustellen sowie im relativ niedrigen energetischen Bedarf (Stromstärke 98 A, Spannung 18 V, magnetische Induktion im Spalt 0,2 T). Die optimalen Schichtdicken liegen z. Z. bei 0,3 bis 0,6 mm und somit im Bereich des am meisten vorkommenden Verschleißmaßes. Im Bild 7 sind Probekörper dargestellt, die nach der EIL-Methode beschichtet worden sind.

### 3.3. Andere Methoden zur Oberflächenveredelung

Zu diesen Methoden zählt das Auftragen von Zusatzwerkstoffen in Draht- oder Bandform, indem diese mit Hilfe der Widerstandserwärmung auf die Teileoberflächen aufgebracht werden. Dieses in der UdSSR entwickelte Verfahren eignet sich gut für den Auftrag an Innen- und Außenrundflächen. Der relativ hohe Energiebedarf steht bei dieser Widerstandsschweißung einer hohen Auftragsleistung gegenüber.

In der Neufertigung, aber auch in der Instandsetzung wird zunehmend das Plasmaspritzen von pulverförmigen Zusatzwerkstoffen angewendet, wobei die Universalität des Verfahrens bezüglich der Werkstoffbreite sehr groß ist [8, 9].

Weitere progressive Methoden, die in der Instandsetzung genutzt werden können, sind

HF-Auftragsverfahren [3], die Diffusions-schweißung [3], die Reibschweißung [10] u. a. Eine relativ neue Art der Werkstoffveredelung stellt die Explosionsbeschichtung [11] dar. Bemerkenswert an dieser Auftragsart ist die hohe Qualität der Beschichtung. Bei der Anwendung von Aluminiumoxiden als Auftragwerkstoff werden Qualitäten erzeugt, die sonst nur mit den teuren Pulversystemen Kobalt-Wolframkarbid oder Nickel-Wolframkarbid zu erreichen sind.

### 4. Zusammenfassung

Auf dem Gebiet der Werkstoffveredelung werden sowohl bekannte Verfahren weiterentwickelt als auch vollkommen neue Auftragsverfahren nach bisher nicht genutzten physikalischen, physikalisch-chemischen und anderen Prinzipien entwickelt. Ihre Übertragung auf das Gebiet der landtechnischen Instandsetzung erscheint in vielen Fällen erfolgversprechend. Vorher müssen jedoch einige Grundfragen, wie die Haftung solcher Schichten auf verschlissenen und z. T. inhomogenen Oberflächen, der Einfluß des Verfahrens auf die Kernfestigkeit der instand zu setzenden Teile, der Einfluß auf zeitabhängige Werkstoffvorgänge, wie Ermüdung und Alterung, d. h. die Ökonomie der Herstellung solcher Schichten und die Ökonomie des Einsatzes (Lebensdauer) der instand gesetzten Teile, untersucht werden.

### Literatur

[1] Kamenarow, G.; Wojciechowski, P.: Untersuchungen zum Schweißen rotationssymmetri-

- scher Einzelteile. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 3, S. 117–119.
- [2] Kamenarow, G.; Pankow, U.: Über die Beeinflussung des Grundwerkstoffs bei der Instandsetzung vergüteter Einzelteile. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 3, S. 120–121.
- [3] Volovik, E. L.: Spravočnik po vosstanovleniu detalj (Handbuch der Einzelteilinstandsetzung). Moskau: Verlag „Kolos“ 1981.
- [4] Sučkov, O. E.; Kondratev, E. T.; Emeljanov, V. A.: Vosstavlenie detalj naplavkoj (Die Instandsetzung verschlissener Einzelteile mittels Auftragschweißen). Metallovedenie i termičeskaja obrabotka, Moskau (1968) 7, S. 114–117.
- [5] Sajfulin, R. S.: Dispersionschichten. Berlin: VEB Verlag Technik 1978.
- [6] Borodin, I. N.: Upročnenie detalj kompozicionnyimi pokrytjiami (Die Verstärkung von Einzelteilen mittels Dispersionschichten). Moskau: Verlag „Mašinostroenie“ 1982.
- [7] Onistenko, W. I.: Vosstanovlenija detalj ferromagnitnymi kompozicijami (Einzelteilinstandsetzung mittels ferromagnetischer Dispersionschichten). Technika v sel'skom chozjajstve, Moskau 42 (1982) 2, S. 55–56.
- [8] Hantzsche, H.: Plasmaspritzen – Möglichkeiten und Grenzen. Metallverarbeitung, Berlin 37 (1983) 1, S. 20–22.
- [9] Kudinov, V. V.: Plazmenye pokrytija (Plasmaauftragsschichten). Moskau: Verlag „Nauka“ 1977.
- [10] Vill, V. I.: Svarka metallov treniem (Die Reibschweißung von Metallen). Moskau: Verlag „Mašinostroenie“ 1970.
- [11] Bartenev, S. S.; Fedko, J. P.; Grigorov, A. I.: Detonacionnye pokrytija v mašinostroenie (Explosionsschichten im Maschinenbauwesen). Leningrad: Verlag „Mašinostroenie“ 1982.

A 3893

## Unbeaufsichtigt betriebener Elektromotor führte zum Brand

Während der Erntezeit kam es in der Hopfendarre einer LPG zu einem Brand mit erheblichen Folgeschäden. Bei der Untersuchung der Ursachen durch das Staatliche Amt für Technische Überwachung wurde folgender Sachverhalt festgestellt:

- Der Brand war im Obergeschoß ausgebrochen, an einer Stelle, an der der thermisch getrocknete Hopfen auf Transportbändern in Silos befördert wird.
- Der Brandherd befand sich in unmittelbarer Nähe eines der Elektromotoren für den Bandantrieb.
- Alle Motoren waren mit Hopfen vollkommen überschüttet und zugedeckt.
- Die Ansaugöffnungen der konstruktiv an den Motoren vorhandenen Ventilatoren waren zugesezt. Die Oberflächenkühlung war nicht mehr wirksam.
- Weitere am Brandherd und speziell an den elektrotechnischen Zuleitungen und deren Schutzeinrichtungen vorgefundene Zerstörungen ließen vermuten, daß sich einer von den Motoren so stark erwärmt hatte, daß sich das Erntegut daran entzünden konnte.

Bei der Zerlegung des in Verdacht stehenden Motors wurde eine völlig verkohlte Wicklungsisolierung vorgefunden. Merkmale für einen Kurzschluß oder Windungsschluß in den einzelnen Spulen fehlten.

Da alle Bänder die gleichen technischen Werte hatten, war die Nachbildung der Verhältnisse kurz vor und bis zum Brandausbruch relativ einfach möglich. Anhand von Meßreihen konnte das Temperaturverhalten der Motorenoberfläche bei blockierter Kühlung und verminderter Wärmeabführung untersucht werden. Dadurch war es möglich, den Beweis zu erbringen, daß der stark überhitzte Motor die Brandursache war.

Der Versuch erfolgte in einem Prüffeld. Ein gleicher Motor wurde so hergerichtet, daß an der Oberfläche eine kontinuierliche Temperaturmessung vorgenommen werden konnte. Die Überschüttung wurde durch Abdecken mit Matten und der Ausfall des Lüfters durch das Blockieren des Rotors nachgestaltet. Letzteres ermöglichte noch die Einstellung des Motorstroms über einen Regeltrafo in jeder gewünschten Größe. Da vorausgesetzt werden konnte, daß der Motor zum Zeitpunkt seines Einsatzes nicht voll belastet war, wurden nur 90 % seines Nennstroms als Prüfstrom gewählt. Der Versuch wurde bei einer Raumtemperatur von 25 °C begonnen und nach 2 Stunden und 10 Minuten beendet. In dieser Zeit war die Temperatur der Motorenoberfläche von 25 °C auf 170 °C angestiegen. Aus dem angefertigten Zeit-Temperatur-Diagramm war erkennbar, daß der Temperaturanstieg nahezu linear verlief. Die Temperaturerhöhung betrug rd. 1 K je Minute (für Motoren anderer Größen können andere Temperaturanstiegswerte gelten).

Die daraufhin vorgenommenen Isolationswertmessungen und die anschließende Demontage des Motors ergaben, daß die Wicklungen noch keinen Schaden genommen hatten. Die Funktion war durch diese hohen Temperaturen nicht wesentlich beeinträchtigt. Eine Fortsetzung des Erwärmungsversuchs hätte noch höhere Oberflächentemperaturen ergeben, bevor die Zerstörung der Isolation eingetreten wäre.

Diese Motoren haben Wicklungen mit der Wärmebeständigkeitsklasse „E“ nach Standard TGL 20675/02, d. h., daß eine Wicklungstemperatur von 120 °C ständig ausgehalten werden kann. Durch die Hersteller sind konstruktiv Temperaturreerven vorgesehen, die zugunsten einer erhöhten Lebensdauer genutzt werden.

Der Versuch hat gezeigt, daß bei fehlender Belüftung eine erhebliche Erwärmung der Motorenoberfläche möglich ist und daß sich darauf leicht brennbare Stoffe entzünden können. Auch bei einer geringeren Motorenbelastung sind derartige Temperaturen erreichbar, wenn die Betriebszeit entsprechend lang ist.

Im konkreten Fall war die Anlage bereits 3 Tage unterbrochen in Betrieb gewesen. Die angeordneten Kontrollen und die Säuberung der Anlagen waren nicht erfolgt. Berücksichtigt man weiterhin, daß der Hopfen mit einer erhöhten Temperatur und einem sehr geringen Feuchtigkeitsgehalt aus der Trocknungsanlage kommt und aufgrund seiner lockeren Schüttung und den dadurch entstehenden vielen Luftpolstern eine vorzügliche Wärmeisolierung darstellt, so waren die Voraussetzungen für die unbemerkte Entstehung eines Brandes erfüllt.

### Schlußfolgerungen

Der geschilderte Fall zeigt, daß elektrotechnische Anlagen die Ursache für die Entstehung von Bränden sein können, obwohl die Wahl der Installationsart und die Wahl der Schutzgrade für die einzelnen elektrotechnischen Geräte und Motoren entsprechend den Brand- bzw. Explosionsgefährdungsgraden nach Standard TGL 30042 – Verhütung von Bränden und Explosionen – erfolgte und auch die Installation mangelfrei vorgenommen wurde. Jeder Betreiber muß einschätzen können, ob weitere Festlegungen, z. B. periodische Kontrollen und Wartungen, für derartige Anlagen erforderlich sind.

A 3876

Ing. H. Jörk, KDT