

# Laser- Hartbeschichtungen

- Laserstrahl-Auftragschweißen
- Laserstrahl-Legieren
- Laserstrahl-Dispergieren
- Laserstrahl-Härten
- Laserstrahl-Silizieren
- Rapid Prototyping

# Überblick

**Mit dem Einzug der Lasertechnik in die industrielle Produktion steht eine neue Energiequelle für die Erzeugung verschleißfester Schichten zur Verfügung. Diese werden in der Dichtungstechnik als Hartbeschichtung, Panzerung oder Härtung bezeichnet.**

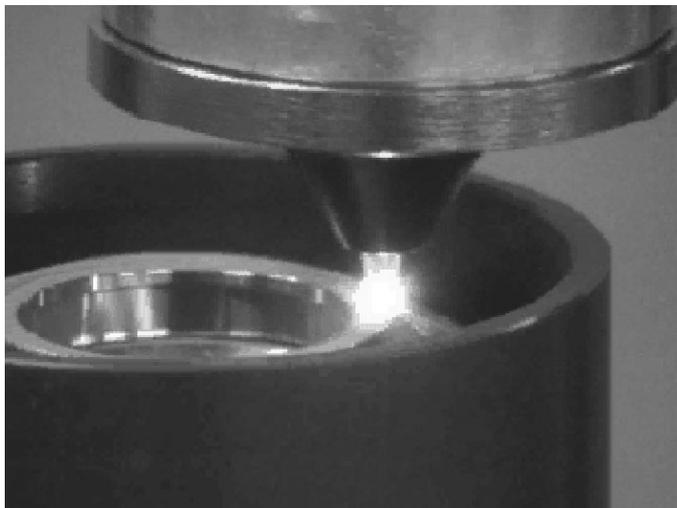
**Neue Verfahren wurden mittels Lasertechnik etabliert, von denen acht relevante Verfahren für die industrielle Praxis im Folgenden vorgestellt werden.**

## Laserstrahl-Auftragschweißen

Das Laserstrahl-Auftragschweißen nutzt den Laserstrahl, um Zusatzwerkstoffe oberhalb einer Werkstückoberfläche aufzuschmelzen. Durch die in der Regel konzentrierte Energieeinbringung erstarren die aufgeschmolzenen Metalle relativ schnell und bilden eine qualitativ hochwertige Beschichtung, die eine Stärke bis zu 1,2 mm erreichen kann.

Dabei können neben metallischen Beschichtungen auch oxidkeramische Verschleiß- schutzschichten erzeugt werden. Besonders hervorzuheben sind hierbei Aluminiumoxid- und Zirkoniumoxidschichten. Die derzeit erreichbaren Schichtdicken bei Oxidkeramiken liegen im Verhältnis von 1 : 6 gegenüber metallischen Hartschichten.

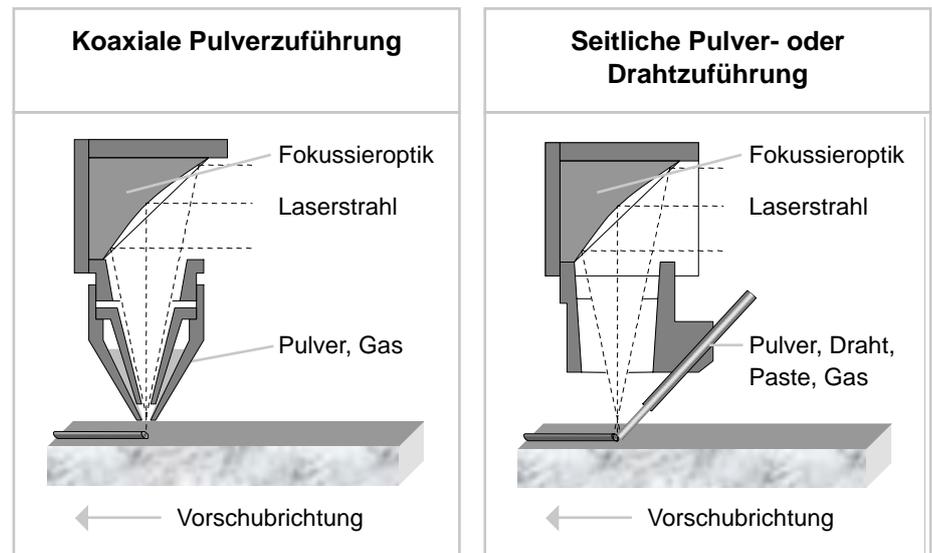
Der im Vergleich zu anderen Verfahren verringerte Energieeintrag in den Grundwerkstoff kann zur Erzeugung von Verschleißschutzschichten mit höherem Verschleißwiderstand oder zur Reduzierung von Verzugsproblematiken genutzt werden. Abbildung 1 stellt den Auftrag von verschleißfestem Werkstoff auf ein fertig bearbeitetes dünnwandiges Dichtungselement dar.



**Abbildung 1**  
**Laserstrahl-Auftragschweißen auf**  
**einem Dichtungsring**

Zur Realisierung einer für den industriellen Produktionsfortschritt ausreichenden Prozessstabilität müssen optimierte Schweißdüsen und Regelungen der Schweißwärme eingesetzt werden. Bei den Schweißdüsen kommen heute seitliche und koaxiale Systeme zum Einsatz.

Das Prinzip dieser Schweißdüsen ist in Abbildung 2 und die technische Umsetzung in Abbildung 3 dargestellt.



**Abbildung 2:**  
Koaxiale und seitliche Schweißdüsen  
in der Laser-Materialbearbeitung

Neueste Düsenkonzepte ermöglichen prozessstabile Schweißverfahren und minimierte Rüst und Reinigungszeiten. Koaxiale Schweißdüsen sind gegenüber seitlichen Schweißdüsen aufwendiger in Herstellung und Justage.

Diesem Mehraufwand steht folgender Nutzen gegenüber:

Die koaxialen Schweißdüsen haben einen regelnden Einfluss auf die Höhe der Auftragschicht und erzeugen unabhängig von der Vorschubrichtung eine identische Schweißnahtgeometrie. Zusätzlich kann besonders diese Düsenart pulverförmigen Zusatzwerkstoff auch in Zwangslagen mit gleichmäßiger Pulverdichteverteilung ausbringen.

Abbildung 3 stellt eine koaxiale und eine seitliche Schweißdüse, die am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) aktuell für die industrielle Serienfertigung konzipiert wurden, dar.



**Abbildung 3:**  
**Bauformen koaxialer und seitlicher**  
**Schweißdüsen**

**links: Koaxiale Pulverzuführung**  
**rechts: Seitliche Schutzgas-, Pulver-**  
**oder Drahtzuführung**

## Laserstrahl-Legieren

Das Laserstrahl-Legieren unterscheidet sich vom Auftragschweißen dadurch, dass Zusatzwerkstoff nicht auf eine Basis aufgetragen wird, sondern genutzt wird, um den Grundwerkstoff in seiner Legierung positiv zu verändern. Die Düsentechnik, die zur Zuführung der Zusatzwerkstoffe genutzt wird, entspricht der in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellten Anlagentechnik.

Im Vergleich mit dem Auftragschweißen wird in der Regel weniger Zusatzwerkstoff und mehr Laserstrahlleistung eingesetzt. Das Verfahren eignet sich, um zum Beispiel an Scheidkanten eines niedrig legierten Stahls auf die Werkstoffeigenschaften eines HSS oder um die Korrosionsfestigkeit eines Stahls durch Legierung mit Chrom anzuheben.

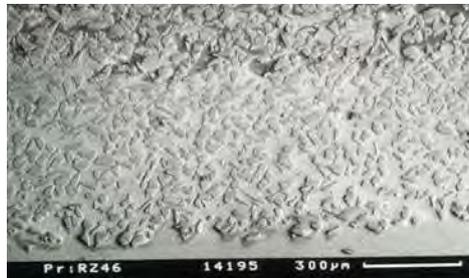
Dieses Verfahren wird in modifizierter Form auch durch die Köthener Spezialdichtungen GmbH genutzt, um beispielsweise Laufwerksdichtungen aus Grauguss an der Lauffläche in verschleißfestes ledeburitisches Gefüge umzuschmelzen. Gegenwärtig wird untersucht, inwieweit durch Einbringen von Hartstoffen die Verschleißfestigkeit weiter gesteigert werden kann. Auch hierbei nehmen möglicherweise, wie später noch weiter erörtert, die Elemente Kohlenstoff und Silizium eine Schlüsselposition ein.

Dieses Verfahren ermöglicht eine sehr kostengünstige und kurzfristige Herstellung von Laufringen für Anwendungen in der Landwirtschaft, im Bergbau und in der Baumaschinenindustrie.

## Laserstrahl-Dispergieren

Während beim Laserstrahl-Legieren der Prozess so geführt wird, dass der gesamte Zusatzwerkstoff aufschmilzt und eine Legierung mit dem Grundwerkstoff erzeugt wird, wird beim Laserstrahl-Dispergieren Zusatzwerkstoff in eine Werkstoffoberfläche eingebracht, ohne dass der Zusatzwerkstoff sich vollständig auflöst. Durch diese Verfahrensführung wird eine Verschleißschutzschicht mit fein verteilten (dispergieren = fein verteilen) Partikelein-schlüssen erzeugt. Abbildung 4 stellt eine derartige Verteilung von Siliziumkarbid in einer Aluminiumlegierung dar.

**Abbildung 4:**  
Verschleißschutzschicht bestehend aus dispergiertem Siliziumkarbid in einer aluminiumbasis Matrix

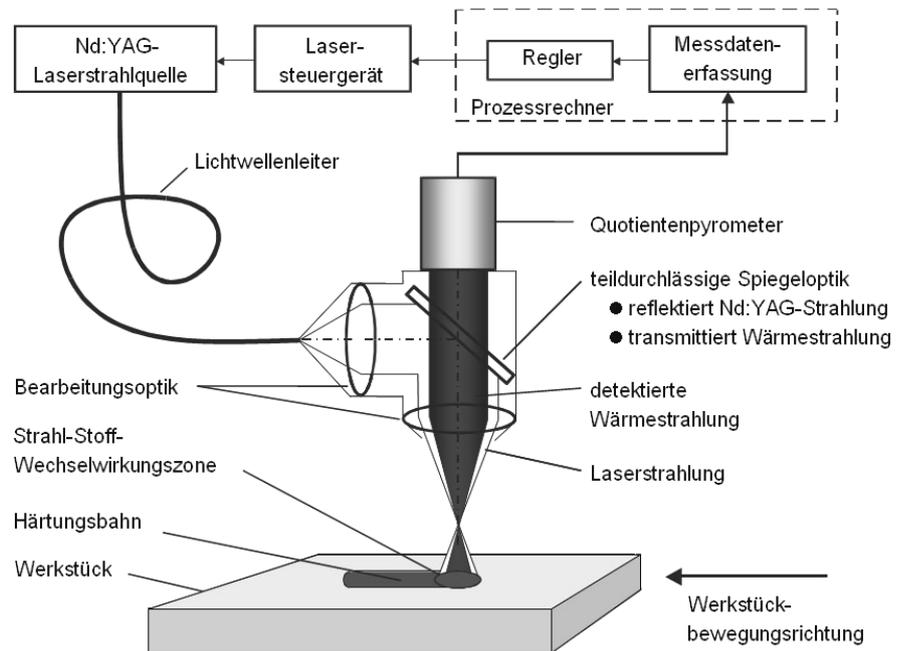


Material:	AZ 91 HP
Leistung, Nd:YAG, cw:	1550 W
Geschwindigkeit:	0,5 m/min
Zusatzwerkstoff:	AlSi, SiC
Schutzgas, Argon:	4 l/min
Breite:	5 mm

## Laserstrahl-Härten

Beim Laserstrahl-Härten werden Stähle im Laserstrahlwirkungsbereich auf Temperaturen oberhalb 1000 °C erwärmt. In diesem Temperaturbereich kann Kohlenstoff verstärkt in das  $\gamma$ -Eisenkristallgitter diffundieren. Bei ausreichend schneller Abkühlung durch Selbstabschreckung, kann das Eisenkristallgitter so schnell in die  $\alpha$ -Kristallgitterstruktur umklappen, dass eine mit Kohlenstoff übersättigte  $\alpha$ -Kristallstruktur, der so genannte Martensit, entsteht.

Beim Laserstrahl-Härten wird ohne den Einsatz von Zusatzwerkstoffen gearbeitet. Argon wird in der Regel als Schutzgas eingesetzt. Als Schutzgasdüsen kommen meist seitliche Düsen zum Einsatz (Abbildung 3, rechts). Zur Stabilisierung der Einhärtetiefe (0,1 bis 1,0 mm) sollte eine Regelung der Laserstrahlleistung eingesetzt werden. Abbildung 5 stellt einen entsprechenden Regelkreis vor.



**Abbildung 5:**  
Leistungsregelung in der Laser-  
Materialbearbeitung

Bei der in Abbildung 5 dargestellten Laserstrahl-Leistungsregelung wird direkt in der Laserstrahlwirkfläche die Temperatur gemessen. Die reale Temperatur wird mit einer Sollgröße verglichen. Bei Abweichungen wird die Laserstrahlleistung nachgeregelt.

Die am LZH entwickelte Leistungsregelung TemCon© realisiert Regelfrequenzen von bis zu 2000 Hz. Diese sind notwendig, um hohe Qualitäten der Härte zu realisieren.

Auch dieses Verfahren ist geeignet zur Herstellung von Lauf- oder Gleitringen auf der Basis von Wälzlagerstahl.

Gegenüber ledeburitisch modifiziertem Grauguss sind jedoch Funktionsnachteile insbesondere bei Trockenlauf vorhanden.

## Laserstrahl-Silizieren

Dieses Verfahren beruht auf einer Entwicklung der Köthener Spezialdichtungen GmbH (KSD) und ist als Verfahrenspatent angemeldet. Im Gegensatz zu allen bisher vorgestellten Laser-Oberflächenveredlungsverfahren ist die Basis des Laserstrahl-Silizierens ein Verbundwerkstoff, vorzugsweise aus Kohle- oder PAN-Fasern.

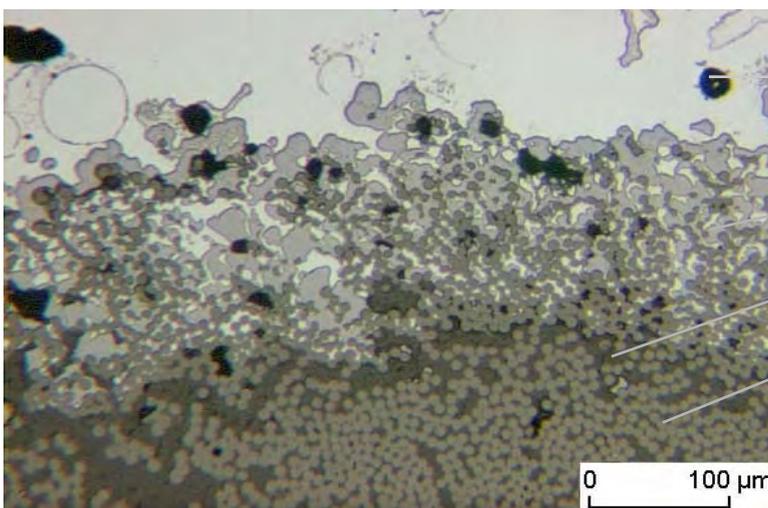
Die verwendete Düsenteknik, entspricht der des Laser-Hartbeschichtens, so wie sie in Abbildung 2 und 3 dargestellt ist. Als Zusatzwerkstoff kommt Siliziumpulver zur Anwendung.

Der eigentliche Silizierungsvorgang läuft innerhalb eines sehr kleinen Zeitfensters zweistufig ab, d.h. der vorhandene Binder wird zuerst in sehr reaktionsfreudigen Kohlenstoff gekrecks, und dann unter Schutzgasatmosphäre mit dem Siliziummetallpulver in Siliziumcarbid umgewandelt, so dass eine C/SiC – Matrix entstehen kann.

Durch die Bewegung der Laserdüse und die extrem hohe Energiedichte durchlaufen die chemischen Reaktionen ein so kleines Zeitraster, dass die Kohlefasern im Vergleich zu den bekannten Ofensilizierungsprozessen unbeschädigt bleiben.

Obwohl sich das Verfahren noch in den Anfängen der Entwicklung befindet, sind die ersten Ergebnisse viel versprechend.

Sie zeigen, dass innerhalb kurzer Bearbeitungszeiten eine fest haftende silizierte Oberfläche entstehen kann.



Si-Metallschicht mit  
Luft einschüssen

C/SiC-Schicht ca. 0,15 mm

Epoxydharz (dunkelgrau)

Kohlefasern (hellgrau)

**Abbildung 6:**  
Lasersilizierter Kohlefaserwerkstoff

Das Laser-Silizieren kann bei entsprechender Silizierungstiefe (Ziel ist 1,0 bis 1,5 mm) das interessanteste Oberflächenveredelungsverfahren für die Dichtungstechnik werden. Es verbindet auf nahezu idealer Weise die positiven Gleit- und Trockenschmiereigenschaften des Kohlenstoffs mit den hervorragenden Verschleißigenschaften des Siliziumkarbids.

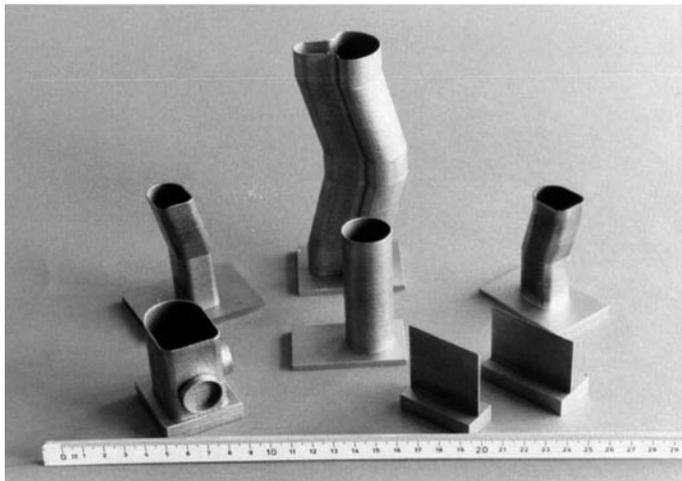
Niedrigere Reibungswärme und ein beeindruckende Thermoschockbeständigkeit sind weitere Pluspunkte.

Das aber wohl wichtigste Argument für den Kunden sind extrem kurze Herstellungsabläufe und niedrige Herstellungskosten.

Bereits Anfang des nächsten Jahres beabsichtigt die KSD GmbH mit Unterstützung des LZH und anderen Forschungspartnern die ersten nach diesem Verfahren industriell gefertigten Gleitringe herzustellen.

## Rapid Prototyping, schneller Modellbau

Das Laserstrahl-Auftragschweißen zum Zweck des schnellen Modellbaus (Rapid Prototyping) befindet sich in der Entwicklung. Hierbei wird eine beliebige Form mittels 3D-Laserstrahl-Auftragschweißen erzeugt. Abbildung 7 stellt durch das Verfahren hergestellte Bauteile dar.



**Abbildung 7:**  
Prototypen erzeugt durch Laserstrahl-  
Auftragschweißen

Die Geometrien in Abbildung 7 bestehen vollständig aus Schweißgut. Die Festigkeit dieser Bauteile entspricht oder übertrifft in der Regel die Festigkeit von gleichartigen Geometrien, die gießtechnisch hergestellt wurden. Diese Bauteile können daher prinzipiell auch für das so genannte Rapid Manufacturing, die schnelle Herstellung von Kleinserien, genutzt werden.

Tabelle 1 stellt die Verfahrenseigenschaften vergleichend zusammen.

**Tabelle 1:**  
**Gegenüberstellung der**  
**Verfahrenseigen-schaften in der**  
**Laseroberflächentechnik**

<b>Verfahren</b>	<b>Zusatzwerkstoff</b>	<b>Rauhigkeit <math>R_z</math></b>	<b>erreichbare Härte <math>HV_{100}/HRC</math></b>	<b>Nacharbeit</b>
Laserstrahl - Auftragschweißen	ja	43	900/ 67	ja
Laserstrahl-Legieren	ja	30	700/ 60	ja
Laserstrahl-Dispergieren	ja	55	700/ 60	ja
Laserstrahl-Härten	keine	identisch zu Vorbehandlung	900/ 67	keine
Laserstrahl-Silizieren	ja	30 - 50	-	ja
Rapid Prototyping	ja	43	400/ 40	ja
Rapid Manufacturing	ja	43	400/ 40	ja

# Verfahrensvergleiche

**Eine realistische Bewertung der Möglichkeiten der Laserstrahl-Oberflächenveredlungsverfahren für Anwendungen in der Dichtungstechnik, insbesondere des Laserstrahl-Hartbeschichtens, erfordert einen Vergleich mit anderen Verfahren. Nachfolgend sind die wichtigsten Verfahren zusammengefasst und hinsichtlich bestimmter praktischer Kriterien wie erreichbare Schichtdicke, Härte, Haftfähigkeit und Verschleißverhalten, Wärmeeinwirkung usw. bewertet.**

## Dünnschichtverfahren ( PVD– und CVD– Verfahren )

Die PVD- (physical vapour deposition) und CVD- (chemical vapour deposition) Beschichtungen haben trotz ihrer hohen Härte von bis zu 3000 HV auf Grund der geringen Beschichtungsdicken von 1 – 10 µm nur geringe Bedeutung in der Dichtungstechnik erlangt.

Umfangreiche Versuche mit diamantähnlichen Kohlenstoffschichten (1-2µm) zeigten, dass die Beschichtungsdicke zu gering ist, um den metallischen Grundkörper vor Verschleiß oder bei VA vor Materialfressern dauerhaft zu schützen. Unter normalen Versuchsbedingungen waren diese Schichten bereits nach einer Standzeit von 2 -6h beschädigt. Besonders niedrig war die Standzeit gegenüber Wolframcarbid. Vermutlich brechen diese Schichten unter dem relativ weichen Stahlträger ein und erreichen dadurch nicht die erhofften Ergebnisse.

Diamantähnliche Zusatzbeschichtung auf Hartstoffen, wie Silizium- oder Wolframcarbid, finden jedoch bei extremen Beanspruchungen wachsenden Zuspruch, um vorzugsweise Reibungswerte und Verschleiß zu minimieren.

## Edelstahlhärteverfahren (Kolsterisieren und Plasmanitrieren)

Diese teilweise sehr preiswerten Edelstahlhärteverfahren sind eine Alternative zum Chromguss. Die erreichbare Härtetiefe liegt beim Kolsterisieren zwischen 20 bis 30 µm und beim Plasmanitrieren kann sie bis zu 100 µm betragen.

Das Kolsterisieren erfordert keine Nacharbeit, die erreichbare Oberflächenhärte liegt bei knapp 1200 HV 0,05, vergleichbar etwa 70 HRC. Kolsterisierte Edelstahlgleitringe sind in Wasser- und Abwasseranwendungen erfolgreich gegen Kohle-, Silizium- und Wolframcarbidringen erprobt wurden. Insbesondere bei Heißwasseranwendungen mit Kohle als Gegenlaufpartner liegen gute Langzeitergebnisse vor.

Beim Plasmanitrieren kann es zu leichten Verzügen kommen, so dass ein kurzes Nachlappen zu empfehlen ist. Die erreichbaren Ergebnisse entsprechen denen des Kolsterisierens, jedoch führten Paarungen mit Wolframcarbid zur sofortigen Zerstörung der plasmanitrierten Oberfläche.

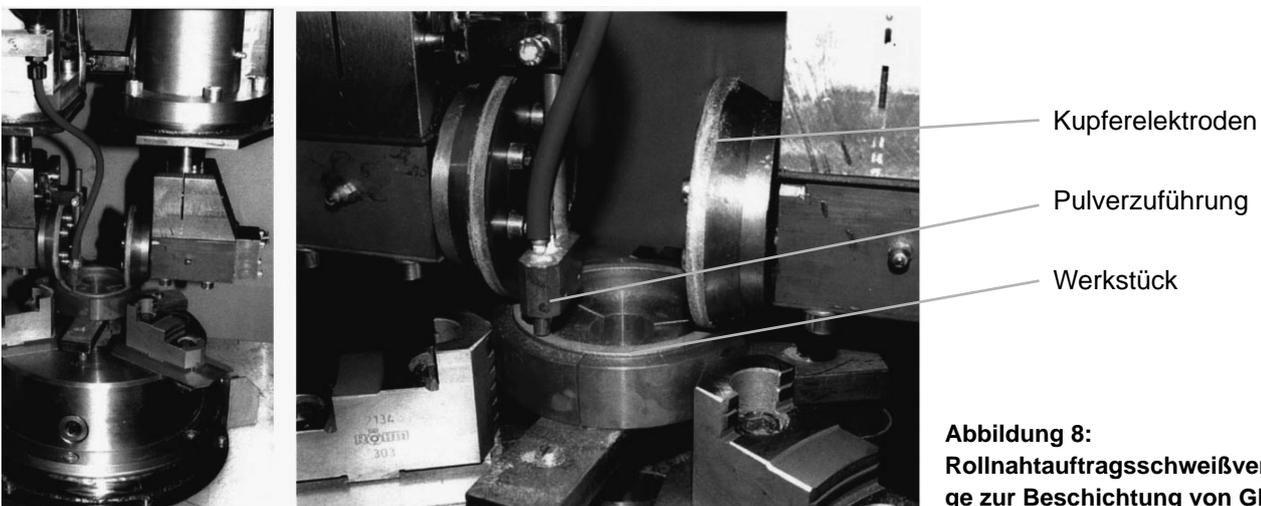
Eine echte Alternative gegenüber den bekannten Hart/Hart-Paarungen sind die Edelstahlhärteverfahren jedoch nicht.

## Dickschichtverfahren (Flamm- bzw. Plasmaspritzen, Rollnahtauftragschweißen und Laserhartbeschichten)

Diese Beschichtungsverfahren können auf Grund der erreichbaren Schichtdicke (je nach Verfahren von 0,3 bis 1mm) und Schichthärte eine echte Alternative gegenüber Massivgleitringen aus Aluminiumoxid, Siliziumcarbid und Wolframcarbid darstellen.

Auf das Laserhartbeschichten als das z. Z. interessanteste Verfahren der Laseroberflächenveredlung wurde bereits ausführlich eingegangen. Die Flamm- bzw. Plasmaspritzverfahren sind heute bereits sehr verbreitet, so dass das Prinzip ebenfalls nicht näher erklärt werden braucht. Weniger bekannt ist jedoch das Rollnahtauftragschweißen.

Es wurde Ende der 80iger Jahre am ZIS Halle, heute SLV Halle entwickelt. Vom Prinzip her ist es dem Widerstandsschweißen zuzuordnen. Zwei wassergekühlte Kupferelektrodenrollen drücken auf den zu beschichtenden Ring. Zwischen dem Ring und den Kupferelektroden wird ein leitfähiges Hartstoffpulver eingebracht, das durch den fließenden Strom erweicht und sich durch den aufgetragenen Pressdruck mit dem metallischen Grundkörper verbindet



**Abbildung 8:**  
Rollnahtauftragsschweißversuchsanlage zur Beschichtung von Gleitringen

Auch dieses Beschichtungsverfahren wurde durch die KSD GmbH eingehend untersucht. Es ermöglicht eine sehr kostengünstige Dickbeschichtung (~ 0,3mm / Lage) mit Wolframcarbid und NiBSi als Binder, da die Pulververluste sehr gering und Beschichtungsgeschwindigkeiten über 300 mm/min realisierbar sind.

Gleichzeitig sind diesem Verfahren aber auch Grenzen gesetzt:

- Es sind nur Beschichtungen mit metallisch leitenden Pulvern und Grundkörpern möglich.
- Die Beschichtungsrandzonen sind sehr zerklüftet und nicht sauber abgrenzbar.
- Beschichtungsdurchmesser ≤ 30 mm sind nicht bzw. nur mit großem geräte-technischen Aufwand realisierbar.
- Jede spezielle Beschichtungsaufgabe (Ringe; Wellen; Stege usw.) erfordert auch eine spezielle Gerätetechnik.

## Technisch-ökonomische Bewertung

Für eine technisch -ökonomische Bewertung der aufgeführten Dickschichtverfahren kann das Produkt aus Beschichtungsindex **BI** und der Nachbearbeitungsindex **NBI** herausgezogen werden.

Der Beschichtungsindex **BI** verkörpert als Verhältnis aus realisiertem Beschichtungsvolumen pro Zeiteinheit und eingesetztem Pulvervolumenstrom den Wirkungsgrad des jeweiligen Verfahrens.

$$(1) \quad \mathbf{BI} = V_B / (t_B \times V_P) = V_B \times \textcircled{8}_P / (t_B \times m_P)$$

Beschichtungsvolumen  $V_B$  [cm<sup>3</sup>]

Beschichtungszeit  $t_B$  [min]

Förderstrom Pulvervolumen  $V_P$  [cm<sup>3</sup> / min]

Förderstrom Pulvermenge  $m_P$  [g / min]

Pulverdichte  $\textcircled{8}$  [g / cm<sup>3</sup>]

Das Beschichtungsvolumen  $V_B$  ist immer als Zielvolumen zu beachten.

Für praktische Anwendungen kann es völlig unterschiedlich, von flächig bis filigran sein.

Für die Gleitringbeschichtung ist es dagegen immer eine Zylinderform.

Je höher der Wert des Beschichtungsindex BI ist, desto effizienter kann das Verfahren für den jeweiligen Anwendungsfall angewandt werden.

Vergleicht man den Beschichtungsindex BI der Dickbeschichtungsverfahren untereinander, so ergeben sich für die Wolframcarbidbeschichtung von Gleitringen (Dichte 19,7 g/cm<sup>3</sup>) folgende Werte:

<b>Flamm- / Plasmaspritzen:</b>	<b>&lt; 0,05 (geschätzt)</b>
<b>Rollnahtauftragsschweißen:</b>	<b>≈ 0,6 ... 0,7</b>
<b>Laserhartbeschichten:</b>	<b>≈ 0,7 ... 0,8</b>

Sind gezielte Beschichtungskonturen zu erzeugen, schneidet das Flamm- bzw. Plasmaspritzen relativ schlecht ab, da große Pulververluste auftreten und die Beschichtungsgeschwindigkeit relativ klein ist.

Der Nacharbeitsindex **NBI** berücksichtigt den erforderlichen Abtrag um eine ebene Gleitfläche zu erhalten.

Beschichtungshöhe  $h_B$  [mm]  
Endbearbeitungshöhe  $h_0$  [mm]

(2)

$$\text{NBI} = (h_B - h_0) / h_B$$

Vergleicht man den Nacharbeitsindex, so ergeben sich folgende Ergebnisse:

<b>Flamm- / Plasmaspritzen:</b>	<b>≥ 0,9</b>
<b>Rollnahtauftragsschweißen:</b>	<b>~ 0,5</b>
<b>Laserhartbeschichten:</b> Seitliche Düse	<b>~ 0,5 ... 0,6</b>
Koaxiale Düse	<b>~ 0,7 ... 0,8</b>

Je näher der Nacharbeitsindex **NBI** dem Wert 1 ist, je geringer ist die erforderliche Nacharbeit. Hier besitzt das Flamm / Plasmaspritzen Vorteile, die jedoch durch die Anwendung moderner Düsentechnologien beim Laserhartbeschichten aufholbar sind.

Hohe Haftfähigkeit der Beschichtung, geringe Verzugsgefahr und technologische Flexibilität sind weitere Kriterien die eindeutig für das Laserhartbeschichten sprechen.

Bezüglich der erreichbaren Härten unterscheiden sich die Dickschichtverfahren kaum, da die verwendeten Pulver gleich sind. Auf Grund der intensiven Wechselwirkung zwischen Energiequelle und Werkstück hat das Laserhartbeschichten jedoch noch unausgeschöpfte Potenzen die derzeit erreichbaren Härtewerte von ca. 60 – 65 HRC weiter zu erhöhen.

## Die Technologieumgebung

Die Laserhartbeschichtung erreicht in den wichtigsten Bewertungskriterien die besten Kennwerte, erfordert jedoch auch entsprechende Rahmentechnologien zur Umsetzung einer kostengünstigen und flexiblen Fertigung von beschichteten Gleitringen.

Im Bild 9 ist eine Übersicht dargestellt, wie sie durch die KSD GmbH derzeit umgesetzt wird, um beschichtete Gleitringe und Armaturenkegel mit kurzen Durchlaufzeiten zu fertigen.

Für mittlere bis große Stückzahlen erfolgt die Formbearbeitung mittels modernster CNC Twintechnologie ( Zweiseitenbearbeitung ).

Für großen Abmessungen oder kleine Stückzahlen ist die Formbearbeitung zweistufig angelegt. Mit der in Unternehmen verfügbaren Wasserstrahltechnologie können Ronden oder Ringe bis zu einer Dicke von 40 mm wirtschaftlich geschnitten werden, um sie nachfolgend einer CNC - Endbearbeitung (Zyklenbearbeitung) zu unterziehen.

Für die Laserhartbeschichtung befindet sich z. Z. die seitliche Düse im Einsatz. Die koaxiale Düsentechnologie ist vorrangig für die sich in Vorbereitung befindliche Lasersilizierung gedacht.

Die Finishbearbeitung ist standardmäßig bis zu einer Rauigkeit von  $R_a \sim 0,15$  und einer Ebenheit von ca. 3 Lichtbändern ( $\sim 1 \mu\text{m}$ ) im Unternehmen als Flachsleifen. (MACO – Technologie) angelegt.

Sind polierte Oberflächen und / oder Ebenheiten  $< 0,1 \mu\text{m}$  erforderlich, kommt konventionelle Läpptchnik zur Anwendung.

Für mattgeläppte reibungsminimierte Oberflächen mit einer Rauigkeit  $R_a < 0,10$  wenden wir extern das Magnetfeldläppen (KMM – Verfahren) mit automatischer Kantenabrundung an.

Die derzeit bei der KSD GmbH realisierten Beschichtungen sind:

- Nickel Bor Silizium – Aufpanzerungen mit einer Härte von 60 HRC und mit einer unbearbeiteten Schichthöhe von 0,8 bis 1mm.
- Wolframcarbid – Aufpanzerungen mit einem Nickel Bor Silizium – Binderanteil von ca. 30 % und einer Binderhärte von 60 HRC. Die realisierte unbearbeitete Schichthöhe liegt bei 0,6 bis 0,8 mm.

In Vorbereitung befindet sich die Laseranwendung für die:

- Stellitebeschichtungen von Armaturenkegelsitzen.
- Oberflächensilizierung von Kohlefaserverbundwerkstoffen

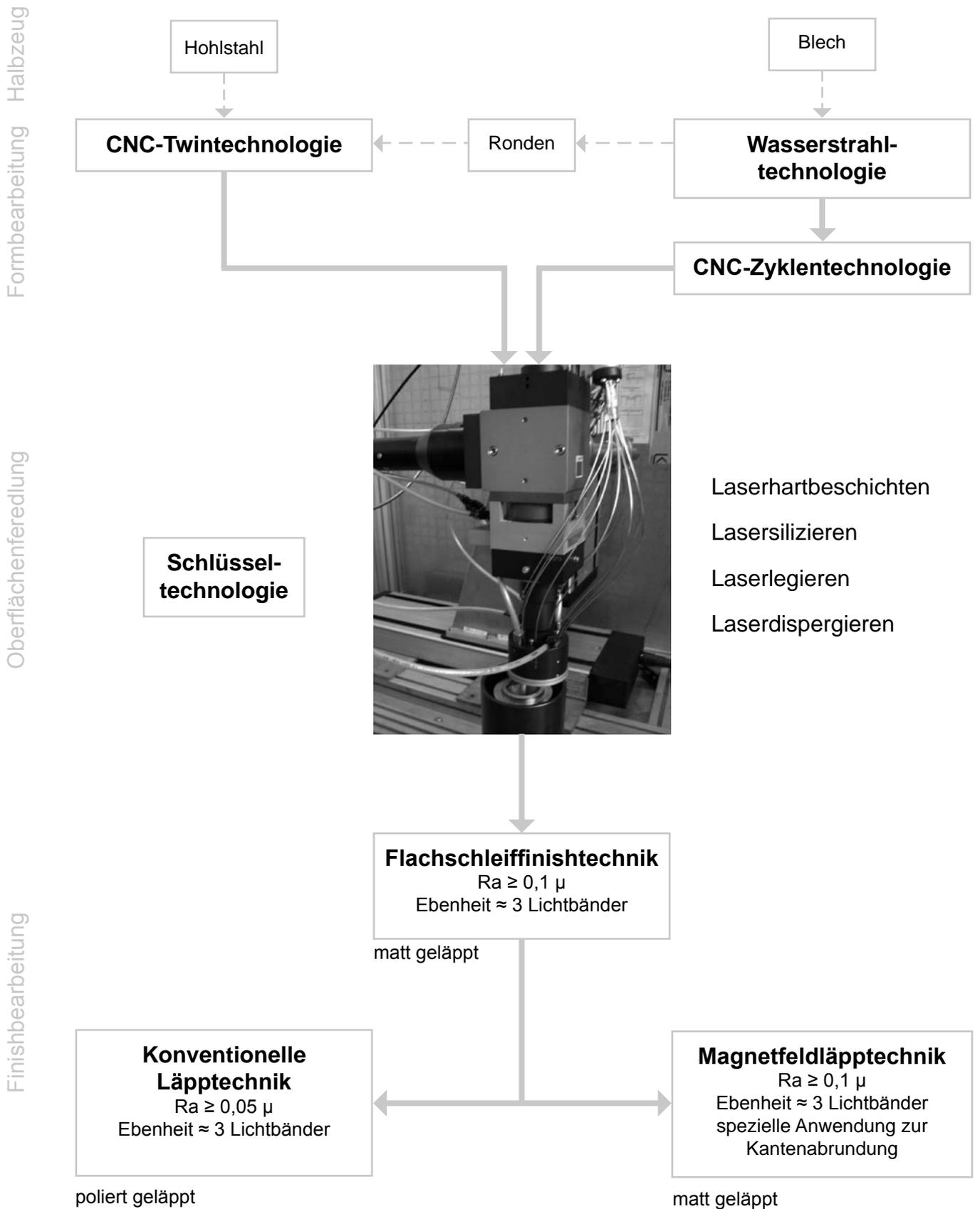


Abbildung 9

## Schlusswort

Traditionelle Verfahren in der Hartbeschichtung haben angestammte Einsatzgebiete in der Dichtungstechnik. Die laserstrahlgestützten Verfahren bieten neue Alternativen. Das Laserstrahl-Härten realisiert die Einstellung extremer Härten in Oberflächen nahen Bereich unter Beibehaltung zäher Werkstückkerne und der Werkstücktoleranzen. Das Laserstrahl-Legieren bietet die Fähigkeit lokal begrenzt einem Werkstück neue Legierungseigenschaften zu verleihen. Das Laserstrahl-Dispergieren realisiert die Einbringung von Hartstoffen in oberflächennahe Schichten. Das Laserstrahl-Auftragschweißen bietet die Fähigkeit verschleißfeste Werkstoffe mit hoher Reinheit auf Werkstückoberflächen stoffbündig aufzubringen. Das Laserstrahl-Silizieren eröffnet die Fähigkeit Hartstoffe durch chemische Reaktion in Oberflächenbereichen von z.B. CFK-Werkstoffen zu erzeugen.

Die verschiedenen Laserstrahl-Verfahren lassen gut sich miteinander kombinieren. In der technischen Anwendung erfolgt dies z.B. bei dem Auftragschweißen von wolframkarbid durchsetzten Verschleißschutzschichten. Hierbei wird ein kombinierter Prozess aus Auftragschweißen und Dispergieren genutzt. Höchste Werkstoffeffizienz und Volumenauftrag auf Gleitringdichtungen werden hierbei erreicht.

Das Laser Zentrum Hannover e.V. ist innerhalb dieser Thematik der Partner in der Entwicklung von maßgeschneiderten Techniken für den industriellen Lasereinsatz. Die Köthener Spezialdichtungen GmbH ist hierbei der Partner für die Lohnfertigung von Verschleißschutzschichten.

Laser Zentrum Hannover e.V.

Dipl.-Ing. S. Czerner  
Hollerithallee 8  
D-30419 Hannover

Tel. 0511-2788-348  
Fax. 0511-2788-100  
Email [cr@lzh.de](mailto:cr@lzh.de)

Köthener Spezialdichtungen

Dr. Ing. J.Kästner  
Deltaplatz 1  
D-06369 Kleinwülknitz

Tel. 03496 - 50 80 11  
Fax 03496 - 50 80 20  
e-mail [info@ksd-de.com](mailto:info@ksd-de.com)