

JAHRESBERICHT

2024





Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt & Dr.-Ing. Stephan Roth

Liebe Leserinnen und Leser,

in diesem Jahr hatten wir die besondere Freude, ein bedeutendes Jubiläum zu feiern: Die LANE Konferenz feierte ihren 30. Geburtstag. Seit ihrer Premiere im Jahr 1994 hat sich die LANE zu einer zentralen Plattform für den Austausch über die neuesten Entwicklungen in der Lasertechnologie entwickelt. Drei Jahrzehnte geprägt von Innovation, inspirierenden Diskussionen und wertvollen Partnerschaften.

Auch die diesjährige Konferenz setzte diese Erfolgsgeschichte fort. Mit über 200 Vorträgen und anregenden Diskussionsrunden wurden aktuelle Fortschritte und zukünftige Herausforderungen in der Lasertechnologie umfassend beleuchtet. Das wissenschaftliche Programm wurde durch mehrere Abendveranstaltungen abgerundet, die nicht nur eine entspannte Atmosphäre boten, sondern auch ideale Gelegenheiten, Kontakte zu knüpfen und Netzwerke zwischen Wissenschaft und Industrie weiter auszubauen.

Ein solcher Erfolg wäre ohne das Engagement unserer Partner, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie unseres gesamten Teams nicht denkbar. Dank Ihrer Unterstützung und aktiven Beteiligung hat sich die LANE im Laufe der Jahre zu einem zentralen Treffpunkt für den Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie entwickelt.

Mit Blick auf die Zukunft möchten wir weiterhin den Dialog fördern, die Entwicklung der Lasertechnologie vorantreiben und gemeinsam mit Ihnen innovative Impulse setzen. Wir danken Ihnen herzlich für Ihre Treue und freuen uns darauf, die nächsten Schritte gemeinsam zu gehen.

Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt | Dr.-Ing. Stephan Roth
Geschäftsführer der Bayerisches Laserzentrum GmbH



Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt & Dr.-Ing. Stephan Roth

Dear readers,

This year we had the special pleasure of celebrating an important anniversary: the LANE celebrated its 30th birthday! Since its debut in 1994, LANE has developed into a central platform for exchanging information on the latest developments in laser technology. Three decades of innovation, inspiring discussions and valuable partnerships.

This year's conference continued this success story. With over 200 presentations and inspiring discussion panels, current advances and future challenges in laser technology were comprehensively highlighted. The scientific program was completed by several evening events, which not only provided a relaxed atmosphere, but also ideal opportunities to make contacts and further expand networks between science and industry.

Such a success would not have been possible without the commitment of our partners, scientists and our entire team. Thanks to your support and active participation, LANE has developed over the years into a central platform for exchange between science and industry.

Looking to the future, we would like to continue to promote the dialog, advance the development of laser technology and provide innovative impulses together with you. We would like to thank you for your loyalty and look forward to taking the next steps together.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. Schmidt', written in a cursive style.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S. Roth', written in a cursive style.

Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt | Dr.-Ing. Stephan Roth
Managing Directors of Bayerisches Laserzentrum GmbH



Erfolgsgeschichten
Success stories

Maßgeschneiderte Eigenschaften von PBF-LB/M-Bauteilen durch lokale in-situ-Legierungsbildung

Tailored properties of PBF-LB/M as-built parts enabled by local in-situ alloying

Die additive Fertigung im Pulverbett mittels Laserstrahlung und Metallpulvern etabliert sich allmählich als eine echte Produktionstechnologie, obwohl es noch viel Forschungspotenzial gibt, um bestehende Restriktionen der Bauteile zu reduzieren. Ein klarer Nachteil des klassischen Pulverbettverfahrens ist, dass das finale Bauteil in seiner Gesamtheit aus demselben Werkstoff bestehen muss und meist auch eine Wärmebehandlung oder Härten auf den Bauprozess folgt. In diesem Forschungsbereich wird daran gearbeitet, den Pulverbettprozess für niedrig legierte Stähle zu erweitern, um eine lokale Anpassung der Legierungszusammensetzung zu erreichen. Dies wird am Beispiel der Materialeigenschaft Härte verfolgt. Ziel ist es, ein nachgelagertes Einsatzhärten obsolet zu machen, indem die zu härtenden Bereiche bereits im as-built Zustand erzeugt worden sind. Lokale Bauteilhärten wären somit frei von den geometrischen Bedingungen des klassischen Einsatzhärtens. Aktuell wird ein Dispensersystem entwickelt, welches den Austrag von Legierungsbestandteilen im Micro- bis Milligramm ermöglicht. Es konnte auch gezeigt werden, dass die in globalen Legierungsversuchen mit vorgemischtem Pulver eingestellten Härten auch in ersten lokalen in-situ Legierungsbildungsversuchen erzeugt werden können. Dabei zeigen der zusätzliche Kohlenstoff und Wolframcarbidgepartikel eine homogene Verteilung im modifizierten Bereich. Ebenso binden die Hartpartikel mit ausgeprägten Diffusionszonen gut an die Matrixlegierung. In der Zukunft sollen erste Lagerringe mit diesem Verfahren bereits im gehärteten Zustand im PBF-LB/M gedruckt und getestet werden.

Additive manufacturing with powder bed using laser radiation and metal powders is slowly beginning to establish itself as a fully-fledged production technology, although there is still lots of research potential to reduce existing restrictions on components. A clear disadvantage of the classic powder bed process is that the final component must consist of the same material in its entirety and is usually followed by heat treatment or hardening after the building process. This research group is working on extending the powder bed process for low-alloy steels in order to achieve a local adjustment of the alloy composition. This is being pursued using the material property of hardness as an example. The aim is to make downstream case hardening obsolete by creating the areas to be hardened in the as-built state. Local component hardening would thus be free from the geometric restrictions of classic case hardening. At present, a dispensing system is being developed that enables the discharge of alloy components in the micro- to milligram range. It could also be shown that the hardness set in global alloying tests with premixed powder can also be generated in initial local in-situ alloy formation tests. The additional carbon and tungsten carbide particles show a homogeneous distribution in the modified area. The hard particles also bind with pronounced diffusion zones to the matrix alloy. In the future, the first bearings are to be printed with this process in the hardened state in the PBF-LB/M and tested.

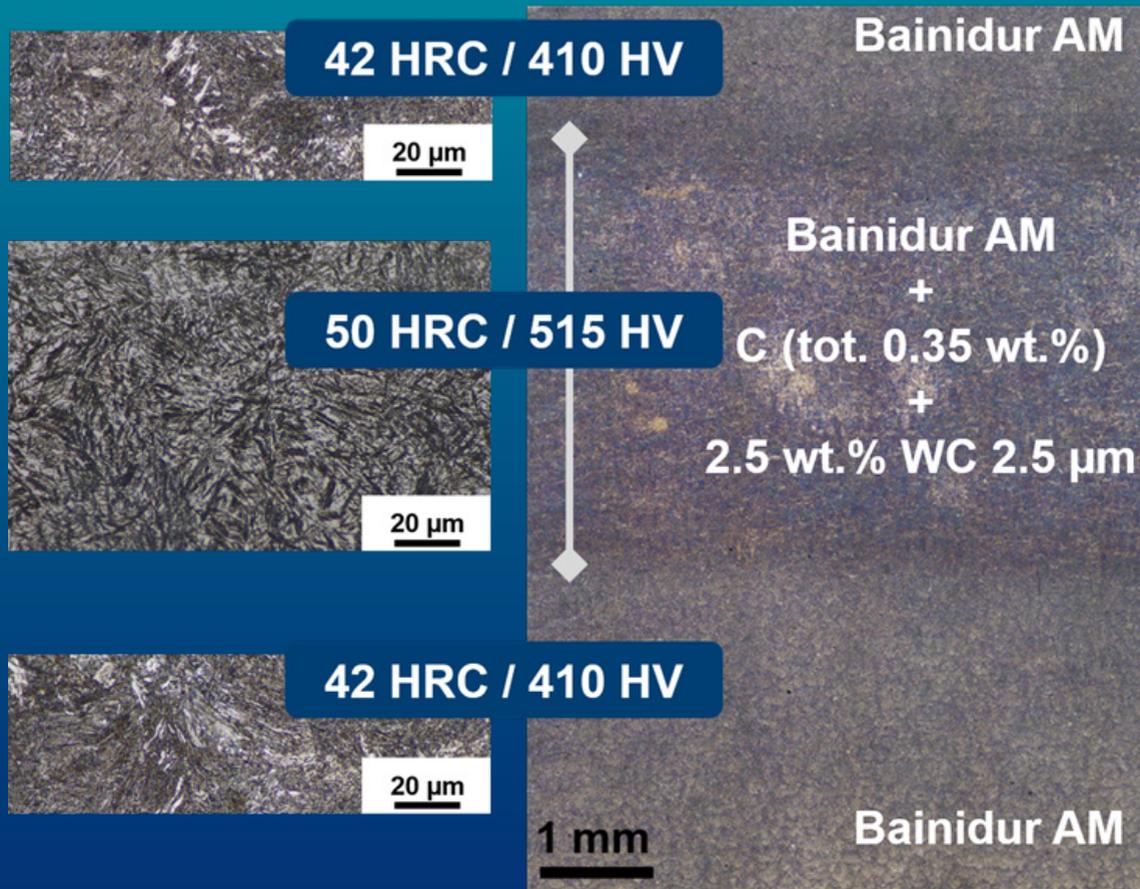


Abbildung: Übersichtsaufnahme eines Nitral geätzten Probenquerschnitts in Sandwichstruktur mit in-situ legierter Mittellage und Gefügemikroskopie auf der linken Seite

Figure: Overview of nitral etched cross section with in-situ alloyed sandwiched hardened layer and representative microstructure on the left

SBBhybrid - Entwicklung eines modularen, skalierbaren und bauraumoptimierten Brennstoffzellen/Batterie-Systembaukastens

SBBhybrid - Development of a modular, scalable and space-optimized fuel cell/battery system

Bisher sind kaum Konzepte auf dem Markt, die eine umweltschonende und nachhaltige Möglichkeit bieten, Arbeitsmaschinen und Sonderfahrzeuge zuverlässig ohne fossile Kraftstoffe zu betreiben. Energiebedarf kann oftmals über ausschließliche Batterielösungen nicht wirtschaftlich rentabel abgedeckt werden.

Ziel des Projektes SBBhybrid ist es, einen modularen und skalierbaren Brennstoffzellen/Batterie-Systembaukasten für höhere Leistungsklassen zu entwickeln. Zeitgleich soll der begrenzte Bauraum ideal ausgenutzt werden. Hierbei werden Leistungen der Brennstoffzelle von bis 90 kW angestrebt, die bei höheren Leistungsanforderungen modulweise kombiniert werden können. Der Systembaukasten ist speziell als Lösung für Anwendungen z.B. in kommunalen Arbeitsmaschinen vorgesehen, um sowohl die umweltpolitischen Ziele zu erreichen, als auch die Verfügbarkeit dieser Maschinen zu gewährleisten. Ein Fokus der wissenschaftlichen Arbeit des Bayerischen Laserzentrums liegt auf der Optimierung der Strukturbaugruppe, um u.a. den Herausforderungen eines begrenzten Bauraums zu begegnen. Dafür werden Leichtbauansätze unter Anwendung des Laserstrahlschweißens und der Additiven Fertigung untersucht. Das Laserstrahlschweißen bietet die Möglichkeit, neue Materialkombinationen, die mittels konventioneller Fügeverfahren nur eingeschränkt angewandt werden können, und deren Leichtbaupotentiale zu beleuchten. Ergänzend dazu wird Additive Fertigung für die Erzeugung topologieoptimierter Geometrien genutzt, um das Leichtbaupotential dieser Anwendungen zu heben. Dafür werden vorrangig das Laserstrahlschmelzen aus dem Pulverbett sowie das Laserpulveraufftragschweißen genutzt. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung des Laserstrahlschweißens und -lötens für die Kontaktierung. Dabei werden vor allem die Potentiale kürzerer Bearbeitungswellenlängen ausgenutzt. Dies ermöglicht einen kontrollierten Energieeintrag des Laserstrahls in die Kupferwerkstücke. Ziel ist die defektfreie und reproduzierbare Kontaktierung von Kupferfügeverbindungen in Hochvoltanwendungen.

So far, there are hardly any concepts on the market that offer an environmentally friendly and sustainable way of reliably operating special-purpose machines and vehicles without fossil fuels. It is often not economically viable to cover the energy demand with battery-only solutions. The objective of the SBBhybrid project is to develop a modular and scalable fuel cell/battery system kit for higher performance classes. At the same time, the limited installation space is to be optimally utilized. The target are fuel cell outputs of up to 90 kW, which can be combined in modules to meet higher output demands. The modular system is specifically intended as a solution for applications, e.g. in municipal machines, in order to achieve ecological goals on the one hand and to ensure the availability of these machines on the other. One focus of the Bayerisches Laserzentrum's scientific work is on optimizing the structural assembly in order to meet the challenges of limited installation space, among others. To achieve this, lightweight construction approaches are being investigated using laser beam welding and additive manufacturing. Laser beam welding offers the opportunity to investigate new material combinations, that can only be used to a limited extent with conventional joining processes, and their lightweight construction potential. Additionally, additive manufacturing is used for the production of topology-optimized geometries in order to increase the lightweight construction potential of these applications. Powder Bed Fusion and Direct Energy Deposition are primarily used for this purpose. Another focus is the investigation of the potential of laser beam welding and soldering for contacting. In particular, shorter processing wavelengths will be utilized, allowing a more controlled input of the laser energy into copper workpieces. The aim is defect-free and reproducible contacting of copper joints in high-voltage applications.



Abbildung: Symbolbild Kupferschweißen
Figure: Symbol image copper welding

Modulares Überwachungssystem für die Laserbearbeitung

Modular Monitoring System for Laser Processing

Moderne Fertigungsprozesse sind aufgrund stark wachsender Anforderungen an die Prozess- und Ressourceneffizienz von einer robusten Prozessüberwachung abhängig. Bei Laserbearbeitungsprozessen erlaubt erst eine spezifisch an den individuellen Fertigungsprozess angepasste Erfassung von Prozessemissionen und Verarbeitung der Informationen, Fehler frühzeitig zu erkennen und darauf zu reagieren. Hierbei spielt die simultane und flexible Erfassung der vielfältigen Messdaten eine zentrale Rolle. Daher wird aktuell in einem Forschungsprojekt zusammen mit dem Projektpartner CESYS Gesellschaft für angewandte Mikroelektronik mbH ein modulares Überwachungssystem entwickelt, das für eine Vielzahl von Lasermaterialbearbeitungsprozessen eingesetzt werden kann. Mit diesem modularen Sensorsystem, siehe Abbildung, wird es möglich sein, effizient und flexibel unterschiedliche Sensortypen zu kombinieren. Besonders herausfordernd ist hierbei die notwendige zeitliche Kohärenz der unterschiedlichen Sensordaten, die jedoch einen großen Mehrwert im Vergleich zur bisher üblichen singulären Messdatenerfassung, siehe Abbildung, darstellt. Das Projekt konzentriert sich zu Beginn auf den Prozess der Laserablation. Hierfür wurden geeignete Sensoren / Messsysteme zur Erfassung relevanter optischer, thermischer, spektraler und akustischer Prozessemissionen sowie von Schmelze und entstehender Partikel definiert. Anschließend wurden die ausgewählten Sensoren in einen Versuchsaufbau zur Erfassung der Prozessemissionen integriert. Über die Auswertung der prozessbasierten Sensordaten in Korrelation mit den Bearbeitungsergebnissen soll im weiteren Verlauf eine Entscheidungsmatrix erarbeitet werden, die es erlaubt, die für bestimmte zu erzielende Bearbeitungsergebnisse entscheidenden Sensoren und Sensorkombinationen zu definieren.

Modern manufacturing processes depend on robust process monitoring due to rapidly growing requirements for process and resource efficiency. In the case of laser machining processes, only the recording of process emissions and processing of the information specifically adapted to the individual manufacturing process allows errors to be detected and reacted to at an early stage. The simultaneous and flexible acquisition of the diverse measurement data plays a key role here. For this reason, a modular monitoring system is currently being developed in a research project together with the partner CESYS Gesellschaft für angewandte Mikroelektronik mbH, which can be used for a variety of laser material processing processes. With this modular sensor system, see Figure, it will be possible to combine different sensor types efficiently and flexibly. Particularly challenging here is the necessary temporal coherence of the different sensor data, which, however, represents great added value compared to the singular measurement data acquisition that has been common up to now, see Figure. At the beginning, the project focuses on the process of laser ablation. For this purpose, suitable sensors / measuring systems were defined for the recording of relevant optical, thermal, spectral and acoustic process emissions as well as melt and resulting particles. Subsequently, the selected sensors were integrated into a test setup for recording the process emissions. By evaluating the process-based sensor data in correlation with the machining results, a decision matrix will be developed in the further course of the process, which will allow the sensors and sensor combinations to be defined that are decisive for certain machining results to be achieved.

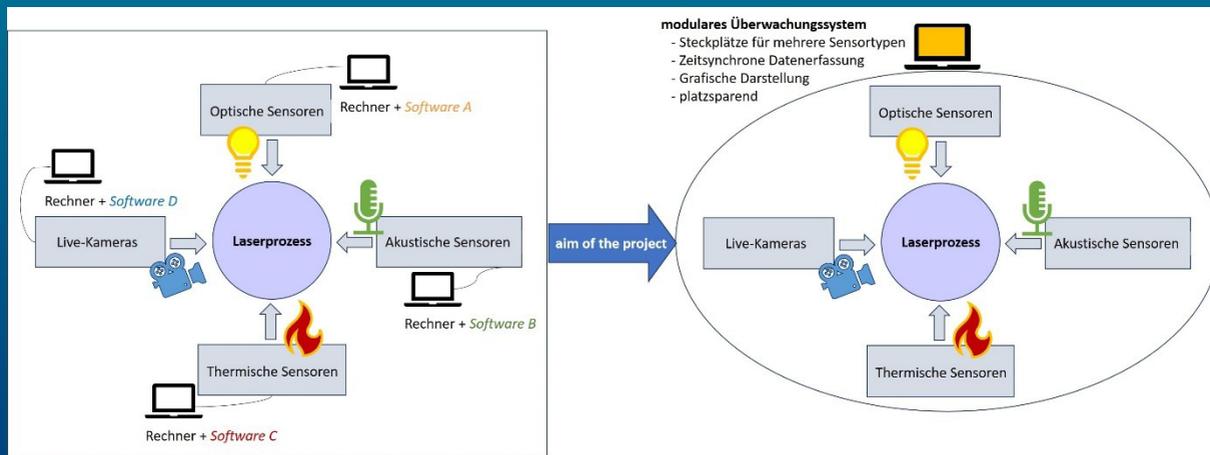


Abbildung: Ziel – ein platzsparendes, modulares Überwachungssystem für unterschiedliche Sensorsysteme zur zeitsynchronen Datenerfassung und graphischen Darstellung

Figure: Aim – a space-saving, modular monitoring system for different sensor systems for time-synchronous data acquisition and graphical display

Intelligente und effiziente Schutzgasführung beim laserbasierten Pulverbettsschmelzen von Metallen (PBF-LB/M)

Intelligent and efficient shielding gas supply for laser-based powder bed fusion of metals (PBF-LB/M)

Ein Forschungsschwerpunkt im Bereich der additiven Fertigung ist die Entwicklung neuartiger Verfahren zur Verbesserung der Eigenschaften der erzeugten Bauteile bei gleichzeitiger Steigerung der Effizienz des Prozesses. Für das PBF-LB/M-Verfahren wurde ein lokalisiertes und vertikal gerichtetes Schutzgasversorgungssystem entwickelt. Durch die vertikale und gezielte Zuführung von Schutzgas in den Bereich, in dem das Pulver aufgeschmolzen wird, werden die Prozessnebenprodukte unabhängig von der Druckstelle auf der Bauplattform gleichermaßen effektiv entfernt. Im Vergleich zur konventionellen Schutzgasversorgung mit horizontaler Strömung konnte der Energieverbrauch der PBF-LB/M-Maschine durch die Verringerung der Schutzgasmenge in der Baukammer reduziert werden.

Zusätzlich zur signifikanten Verringerung der Menge an Prozessnebenprodukten, die sich im Weg des Laserstrahls befinden und diesen stören, wird durch die vertikale Schutzgasführung auch der Verschmutzungsgrad der optischen Oberflächen in der Baukammer nach dem Baujob deutlich verringert. Infolgedessen hat sich gezeigt, dass diese Konfiguration die Bauteileigenschaften, wie z.B. die Oberflächenrauheit und -dichte, erheblich verbessert.

One research focus in the field of additive manufacturing is the development of novel techniques to improve the properties of generated parts while increasing the efficiency of the process. A localized and vertically directed shielding gas supply system has been developed for the PBF-LB/M process. Due to the vertical and targeted supply of shielding gas to the area where the powder is melted, the process by-products are equally effectively removed regardless of the printing location on the building platform. In contrast to the conventional shielding gas supply configuration with a horizontally directed flow, the energy consumption of the PBF-LB/M machine has been reduced by decreasing the volume of shielding gas supplied to the building chamber.

In addition to the fact that the amount of process by-products in the path of the laser beam and interfering with it is significantly reduced using a vertical shielding gas flow configuration, the degree of contamination of the optical surfaces inside the building chamber is also considerably decreased after the building job. As a result, this configuration has been shown to significantly improve part properties, such as surface roughness and density.

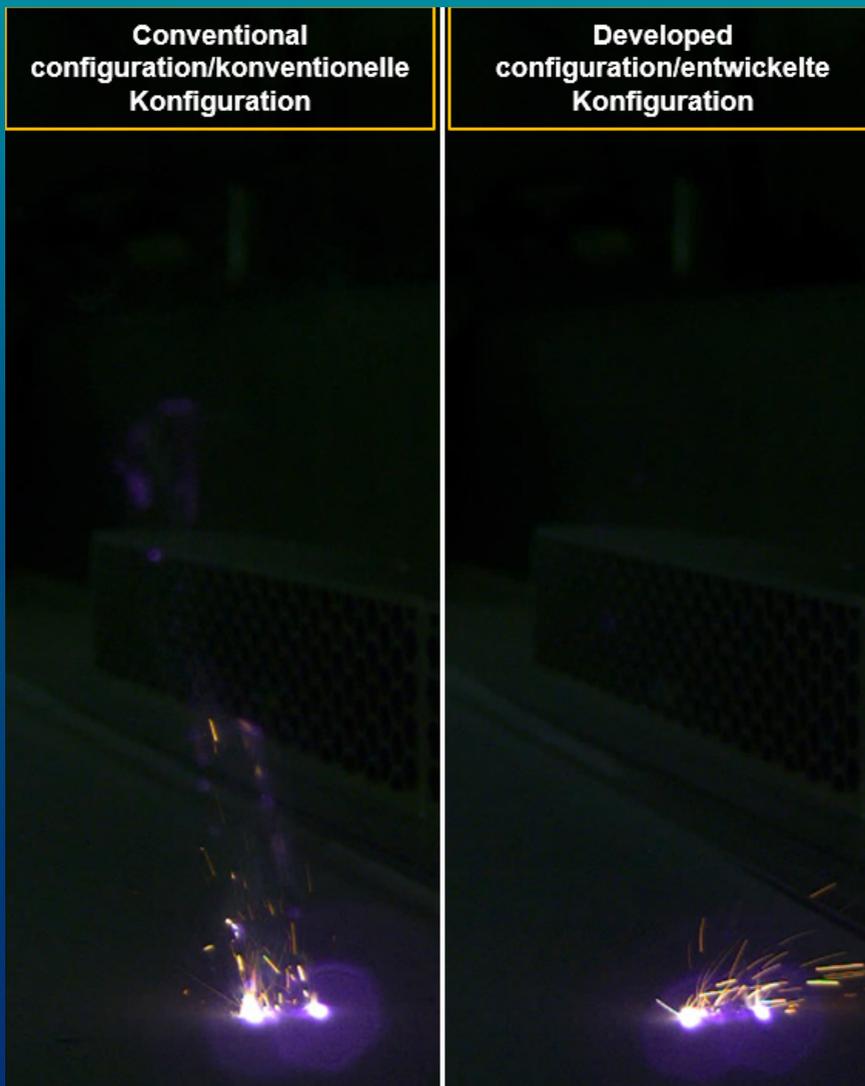


Abbildung: Streuung des Laserstrahls durch Prozessnebenprodukte
Figure: Scattering of laser beam by process by-products

Laserbasierte Fälschungssicherheit für den Motorsport- und Automobilbereich

Laser-Based Counterfeit Protection for Motorsport and Automotive

Im Forschungsvorhaben FaMoLa, das innerhalb des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wurde, untersuchten und entwickelten wir zusammen mit der Firma leomax verschiedene Strategien zur Fälschungssicherheit von unterschiedlichen Produkten. Das Fälschen von bspw. Kfz-Ersatzteilen, die kostengünstiger sind als Originalbauteile, aber oftmals eine mangelnde Qualitätssicherung und/oder minderwertige Materialien aufweisen, ist ein sehr lukratives Geschäft. Aus diesem Grund ist die Entwicklung von Sicherheitsmerkmalen zur Fälschungssicherheit für eine möglichst große, für den Motorsport-/Automobilbereich relevante Materialvielfalt (Metall- und Kunststoffoberflächen) innerhalb des Vorhabens von entscheidender Bedeutung. Zudem sollen die erarbeiteten Ergebnisse auf andere Produkte übertragbar sein. Die entwickelten Sicherheitsmerkmale basieren auf definiert erzeugten Substrukturen oder auf durch bestimmte Bearbeitungsparameter eingebrachte Strukturen. Hierbei soll auch sichergestellt werden, dass diese Merkmale nicht mit dem bloßen Auge erkennbar sein, um eine gewisse Selektivität der Zielgruppe zu gewährleisten, welche die Sicherheitsmerkmale erkennen soll. Von besonderer Bedeutung ist nicht zuletzt eine reproduzierbare Erzeugung dieser Merkmale. Zur Erzeugung der Sicherheitsmerkmale wurden kommerziell erhältliche Lasersystem mit einer Wellenlänge im NIR-Bereich ($\lambda = 1064 \text{ nm}$) verwendet. Um Beschriftungen und Sicherheitsmerkmale zu erzeugen, die auf rein thermischen Effekten beruhen, wurde ein Lasersystem mit ca. 30 ns Pulsdauer τ (ns-Lasersystem) genutzt. Zur Untersuchung von weiteren Effekten, wie bspw. der Innenbeschriftung von transparenten Kunststoffen, siehe Abbildungen, wurde ein Lasersystem mit $\tau = 10 \text{ ps}$ (ps-Lasersystem) eingesetzt.

In the research project FaMoLa, funded by the Central Innovation Program for SMEs (ZIM) of the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection (BMWK), various strategies for product counterfeiting security were investigated and developed in collaboration with the company leomax. Counterfeiting, particularly of automotive replacement parts that are cheaper than original components but often lack adequate quality assurance and/or use inferior materials, is a very lucrative business. For this reason, the development of security features for counterfeiting protection, covering a broad variety of materials relevant to the motorsport and automotive sectors (metal and plastic surfaces), was a primary focus of the project. Additionally, the results achieved are transferable to other products. The developed security features are based on specifically created substructures or structures generated through certain processing parameters. However, these features are often not immediately recognizable as security features. It is also important to ensure that these features are not visible to the naked eye, in order to maintain a certain selectivity of the target audience that is supposed to recognize the security features. Furthermore, the reproducible generation of these features is crucial, as they must be readable by insiders at any time. To create the security features, commercially available laser systems operating in the NIR range ($\lambda = 1064 \text{ nm}$) were used. A laser system with a pulse duration of approximately 30 ns (ns-laser system) was employed to produce markings and security features based purely on thermal effects. For the investigation of further effects, such as the internal labeling of transparent plastics, a laser system with a pulse duration of 10 ps (ps-laser system) was utilized.

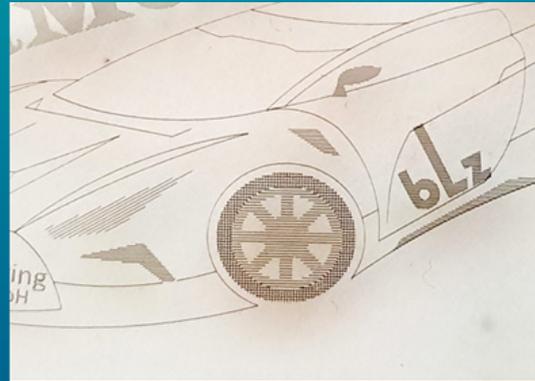
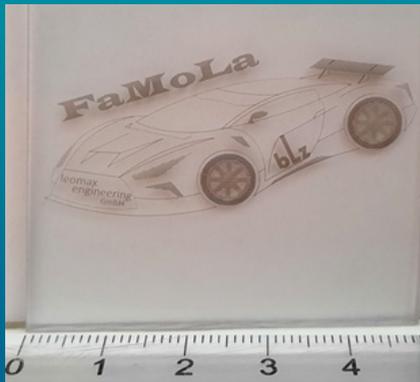


Abbildung 1: Innenmarkierung in Polycarbonat (PC) mit dem ps-Lasersystem erzeugt: Links: normale Ansicht und Rechts: vergrößerte Ansicht zum Auslesen der Sicherheitsmerkmale (Linienabstand und Linienorientierung)

Figure 1: Internal marking in PC created with the ps laser system: Left: normal view and right: enlarged view to read out the safety features (line spacing and line orientation)

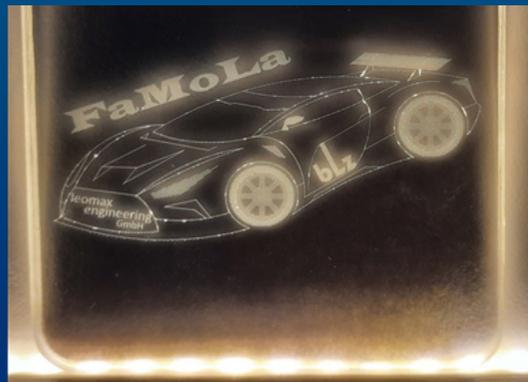


Abbildung 2: Innenmarkierung in Polymethylmethacrylat (PMMA) mit dem ps-Lasersystem erzeugt: Links: Innenmarkierung auf hellem Untergrund nicht deutlich erkennbar und Rechts: Beleuchtete Ansicht, Innenmarkierung nun deutlich sichtbar

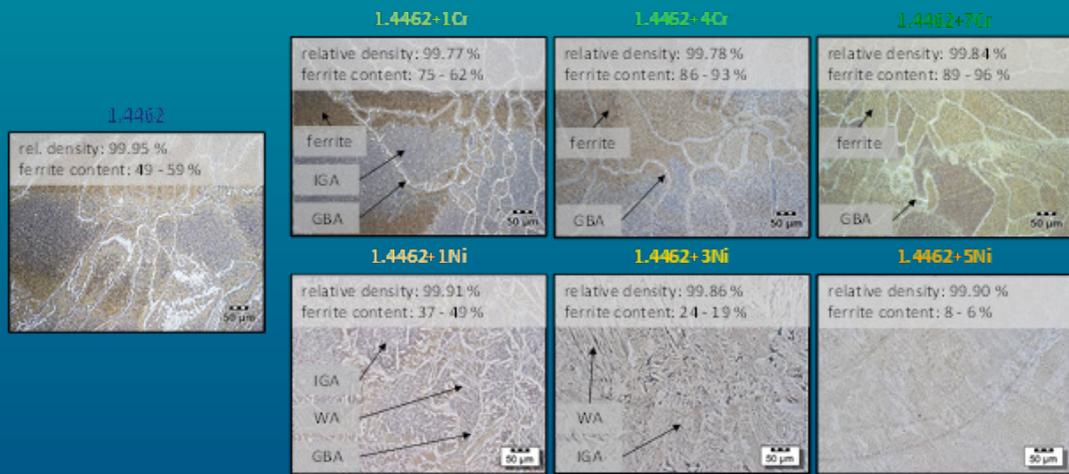
Figure 1: Internal marking in PMMA created with the ps laser system: Left: Internal marking not clearly visible on a light-colored background and Right: Illuminated view, internal marking now clearly visible

Maßgeschneiderte Materialeigenschaften mittels Additiver Fertigung und In-Situ-Legierungsbildung

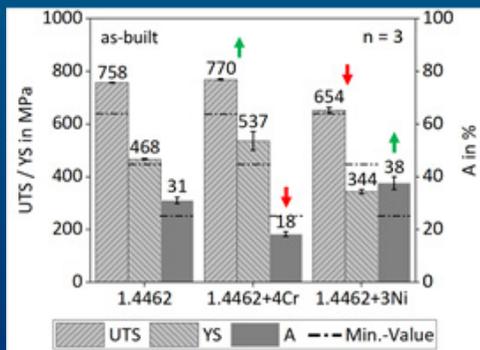
Tailoring material properties by means of Additive Manufacturing and in-situ alloying

Nichtrostende Stähle sind in verschiedenen Bereichen mit anspruchsvollen Umgebungen etabliert, z.B. in der Offshore-, Petrochemie- und Automobilindustrie. Die Kombination von Hochleistungseigenschaften und Anwendungen mit hoher Wertschöpfung macht nichtrostende Stähle für die Additive Fertigung (engl. Additive Manufacturing, AM) attraktiv. Bei pulverbasierten AM-Prozessen wie dem Laser-Pulverauftragschweißen (LPAS) werden in der Regel vorlegierte Pulverwerkstoffe zur Bauteilherstellung verwendet. Durch einen innovativen Ansatz, der sogenannten in-situ-Legierungsbildung, kann die chemische Zusammensetzung eines vorlegierten Pulvers durch Mischen mit einem zusätzlichen Pulvermaterial angepasst werden. Dadurch lassen sich die Materialeigenschaften flexibel und ressourceneffizient auf bestimmte Anforderungen abstimmen. In Zusammenarbeit mit unserem Projektpartner KSB SE & Co. KGaA wurde erstmalig ein ferritisch-austenitischer Duplexstahl (engl. duplex stainless steel, DSS) mit Elementarpulver modifiziert, um die daraus resultierende Phasenbildung, die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit systematisch einzustellen. Dazu wurden Pulvermischungen erzeugt, die aus vorlegiertem DSS 1.4462 und Zusätzen von reinem Chrom- (1,0 bis 7,0 Gew.-%) bzw. Nickelpulver (1,0 bis 5,0 Gew.-%) bestanden. Die Verarbeitung mittels LPAS führte je nach Pulverzusammensetzung zu Proben (rel. Dichte > 99,8 %) mit gezielt angepassten Ferrit-Austenit-Phasenverhältnissen von ca. 10:90 % bis 90:10 %. Die Erhöhung des Chromgehalts führte zu einer sukzessiven Erhöhung des Ferritanteils und damit zu einer höheren Materialhärte, höherer Festigkeit und Beständigkeit gegen Lochfraßkorrosion, aber zu einer geringeren Duktilität und Zähigkeit im Vergleich zu unmodifiziertem DSS. Im Gegensatz dazu führte ein erhöhter Nickelgehalt zu einer verstärkten Austenitbildung mit geringerer Härte und Festigkeit, aber erhöhter Zähigkeit. Weiterhin wurde demonstriert, dass mittels LPAS und einer lokalen in-situ-Legierungsbildung funktional gradierte Strukturen durch eine gezielt chemische Gradierung erzeugt werden können. Diese Methodik erhöht somit die Flexibilität von pulverbasierten AM-Prozessen, indem sie ein bedarfsgerechtes Materialdesign für nichtrostende Stähle ermöglicht.

Stainless steels are established in various fields with challenging environments, e.g. offshore, petrochemical, and automotive industries. The combination of high-performance properties and high-value added applications makes stainless steels attractive for Additive Manufacturing (AM). In powder-based AM processes such as Laser Directed Energy Deposition (DED-LB/M) typically pre-alloyed powders are used for part generation. By an innovative approach called in-situ alloying, the chemical composition of pre-alloyed powder can be adjusted by mixing it with an additional powder material. This allows the material properties to be flexibly and resource-efficiently tailored for specific applications. In collaboration with our project partner KSB SE & Co. KGaA, a standard ferritic-austenitic duplex stainless steel (DSS) was modified for the first time with elemental powders in order to systematically adjust the resulting phase formation, mechanical properties and corrosion resistance. For this, powder mixtures were generated consisting of pre-alloyed DSS 1.4462 and additions of pure Chromium (1.0 to 7.0 wt.%) or Nickel (1.0 to 5.0 wt.%) powder. Processing them by means of DED-LB/M resulted in specimens (rel. density > 99.7 %) with ferrite-austenite phase ratios ranging from almost 10:90 % to 90:10 %. Increasing the Chromium content successively increased the ferrite percentage, resulting in higher material hardness, higher strength and resistance against pitting corrosion, but poor ductility and toughness compared to unmodified DSS. In contrast, an increased Nickel content resulted in an increased austenite formation with lower hardness and strength, but increased ductility. Furthermore, it was demonstrated that via DED-LB/M and local in-situ alloying functionally graded structures can be generated by chemical gradation of the material. This strategy was shown to add flexibility to powder-based AM processes by enabling an on-demand material design for stainless steels.



Tensile Properties at RT



Critical Pitting Corrosion Temperature (CPT)

$$PREN = \%Cr + 3.3 \cdot \%Mo + 16 \cdot \%N$$

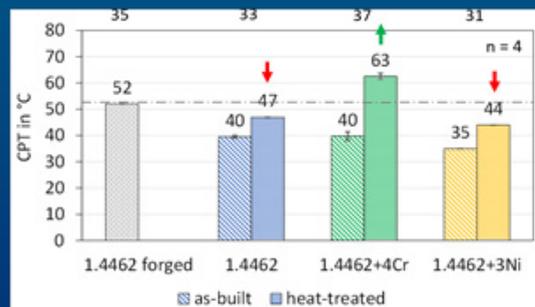


Abbildung: LPAS mit In-situ-Legierungsbildung zur Anpassung der Materialeigenschaften von Duplexstahl

Figure: DED-LB/M with in-situ alloying to adjust material properties of duplex stainless steel

CAUTION LASER IN USE



blz-Laserschutzjahr 2024

blz laser safety year 2024

Bayerische Laserschutztage | Bavarian Laser Safety Days



Ein Highlight im Laserschutz stellten sicherlich die sechsten Bayerischen Laserschutztage im Januar im Flughafen Nürnberg dar. Rund 100 Laserschutzzerinnen und Laserschützer konnten sich in 16 Vorträgen und einer begleitenden Ausstellung über aktuelle Themen zum Laserschutz informieren. | The sixth Bavarian Laser Safety Days, held at Nuremberg Airport in January, were certainly a highlight in the field of laser safety. Around 100 participants were able to inform about current topics in laser safety in 16 talks and an accompanying exhibition.

**Schulung, Beratung und Prüfung – Alles aus einer Hand
Training, consulting and testing – single-source supply**



- In mehr als 50 Laserschutzkursen wurden wieder zahlreiche Laserschutzbeauftragte aus- und fortgebildet. | In more than 50 laser safety courses, numerous laser safety officers were trained.
- Eine Vielzahl von Anwendern und Herstellern vertrauten der unabhängigen und neutralen Beratung des blz im Hinblick auf die Umsetzung betrieblicher und technischer Laserschutzmaßnahmen. | Laser users and manufacturers took advantage of the independent and neutral advice provided by the blz with regard to the implementation of occupational and technical laser safety measures.
- Für die Produktsicherheit führten wir hunderte von Laserbelastungsprüfungen an persönlicher Schutzausrüstung und Laserabschirmungen durch. | For product safety, we carried out hundreds of laser

Aktuelle Forschung am blz | Current research at blz



Das Projekt SALSA – *Strahldurchmesserabhängigkeit der Standzeiten von Laserschutzabschirmungen* – ist dank der Förderung durch die Bayerische Forschungsförderung erfolgreich ins dritte Jahr gestartet. | Thanks to funding from the Bavarian Research Foundation the project SALSA – *Beam diameter dependence of the lifetime of laser safety shields* – successfully entered its third year.



Technologietransfer

Technology Transfer



Aktuelle Aus- und Weiterbildungsangebote finden Sie online auf www.blz.org
Please find current offers for workshops and trainings online on www.blz.org



13th CIRP Conference on Photonic Technologies [LANE 2024] September 15-19, 2024

30 years of LANE Conference!

22
countries



204
talks



343
participants

To get an even better idea of LANE 2024, take a look at our After Movie and the Proceedings.



Save the date LANE 2026:

14th CIRP Conference on Photonic Technologies [LANE 2026], September 06-10, 2026

LASER World of PHOTONICS 2025

Special Exhibit >Photons in Production<

June 24-27, 2025 | Munich, Germany



Organisatoren
Organizers



hw - Institut für
Werkzeugmaschinen und
Betriebswissenschaften

We are looking
forward to meet
you at our booth!

Weiterbildungsangebote

Offers for vocational training

Workshops & Technologieseminare

Fragestellungen zur Lasermaterialbearbeitung und optischen Themen

Workshops & Technology Seminars
questions concerning laser material processing and optical issues



Anwendertrainings
theoretische Grundlagen und praktische Übungen

Application Trainings
theoretical basics and hands-on experiences



Online-Schulungen

individuell gestaltet und virtuell durchgeführt

Online Trainings
adapted to your specific requirements and performed virtual

blz Inside
blz Inside



Sommerevent Geo Caching Summer geo caching



Dr.-Ing. Lisa Ackermann

Dr.-Ing. Florian Huber

Dr.-Ing. Dominic Bartels

**Herzlichen
Glückwunsch
zur Promotion!
Congratulations on
your promotion!**

Dr.-Ing. Moritz Späth

Dr.-Ing. Sebastian Paul-Kopp

Dr.-Ing. Thomas Will

LICHTGESTALTEN

Physikalische Effekte / Physical effects



D. Opplereffekt

Er kommt und geht ständig, dehnt und staucht sich und kann sich nicht entscheiden, ob Rot oder Blau seine Lieblingsfarbe ist!

He is constantly coming and going, stretching and compressing and can't decide whether red or blue is his favorite color!

Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Photonische Technologien haben wir physikalische Effekte zum Leben erweckt.

Together with the Institute of Photonic Technologies we brought physical effects to life.

Master of Dispersion

Am Anfang des Regenbogens kann es nur einen geben.
Wer sonst könnte weißes Licht in farbiges verwandeln?
At the beginning of the rainbow, there can be only one.
Who else could transform white light into colored light?



Dr. Speckle

An diesem funkelnden Körnchen scheiden sich die Geister.
Brauchst Du sie oder fürchtest Du sie? Das ist hier die Frage.
Opinions are divided on this sparkling grain.
Do you need it or do you fear it? That is the question here.



LICHTGESTALTEN

Die neuen Mitglieder/ the new members



Dr. N₀



Agent JK

Our two new Lichtgestalten describe the refractive index. Dr. No describes the refraction, Agent JK the absorption coefficient.

Stay tuned for the latest stories of our Lichtgestalten.

Bayerisches Laserzentrum GmbH

Konrad-Zuse-Straße 2-6 | 91052 Erlangen

Tel.: +49 (0)9131 977 90 - 0

Fax: 49 (0)9131 977 90 - 11

E-mail: info@blz.org

URL: www.blz.org



Mitglied der

ZUSE-GEMEINSCHAFT