

# inspire

Das härteste Material der Welt kraftfrei bearbeiten  
Herstellung von Diamantwerkzeugen mit UKP-Lasern

## Schienenschleifen – Instandhaltung des Schiennetzes von morgen

Neue, innovative Schienenschleiftechnologie mit hoher Effizienz

inspire Academy – über 700 Green Belts ausgebildet!

Grösster und breitester Lean Six Sigma Trainingsanbieter in der Schweiz





**inspire AG**

Von der Idee zur Innovation –  
Vom „Rohdiamanten“ zum „Juwel“ !



## Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser

Sie halten die zweite Ausgabe der „inspire Tech News“ in den Händen. Über dieses neue Format möchten wir Sie regelmässig über ausgewählte Projekte informieren. Wir möchten Ihnen Projekte vorstellen, die gemeinsam mit der Industrie für den Wissens- und Technologietransfer durchgeführt wurden. Unsere Projekte zeigen, wie wir bei inspire zusammen mit unseren Partnern Lösungen entwickeln und umsetzen.

Mit dieser Ausgabe möchten wir einen Einblick in unsere Aktivitäten im Bereich Produktionsüberwachung und Qualitätssicherung geben. Die Projekte in diesen Bereichen erstrecken sich von Produktionsüberwachung über ein „Smart Camera“ System mit künstlicher Intelligenz bis hin zur Optimierung des Schienenschleifens für das Bahnnetz in der Schweiz. Bei unseren Projekten gehen wir auf Frage- und Problem-

stellungen der Industrie ein. Wir diskutieren aber auch neue Forschungsergebnisse und Technologietrends mit unseren Partnern. So sind wir in der Lage, neueste Technologien zusammen mit der Industrie in Produkte und Dienstleistungen umzusetzen.

Forschung und Weiterentwicklung braucht es schlicht und einfach in jedem Bereich und in jeder Anwendung. Denn jeder der rastet, rostet – und verliert Marktanteile.

In jedem der Projekt war ein hohes Mass an Forschung, Entwicklung und Erfindungsgabe gefragt, immer mit Blick auf die Anwendung beim Projektpartner. Ohne guten internen Austausch und gute Projektpartner wären solche Projekte allerdings nicht möglich. Wir danken an dieser Stelle allen beteiligten Personen und Unternehmen.

Möchten Sie erfahren, wie Sie Ihre Produktion verbessern, Ihre Prozesse beschleunigen, die Genauigkeit und die Produktivität steigern können? Dann kommen Sie auf uns zu!

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre!



Dr. Ralf Gerdes  
CEO inspire AG

Dr. Ralf Gerdes  
8005 Zürich, Januar 2023



# Inhalt

- 6 Das härteste Material der Welt kraftfrei bearbeiten.
- 8 Effiziente Simulation steigert die Erkenntnis bei der Entwicklung von Werkzeugmaschinen.
- 11 inspire Academy: Kurse und Trainings auf dem Gebiet der Produktion – äußerst wertvoll für Teilnehmende und Unternehmen.
- 12 Instandhaltungsprozesse für das Schienennetz von morgen.
- 14 Mit Smart Cameras manuelle Montageprozesse unterstützen.
- 16 Prozessforschung und Technologieentwicklung auf der Aconity Midi+ Anlage.

## Das härteste Material der Welt kraftfrei bearbeiten.

Durch die Anwendung von Ultrakurz-puls (UKP)-Lasern, kann selbst Diamant mit höchster Präzision, kraftfrei und ohne Wärmeeintrag bearbeitet werden. Die Gruppe «Laser Material Processing» bei inspire nutzt dieses Verfahren, um Werkzeuge aus ultraharten Materialien herzustellen.

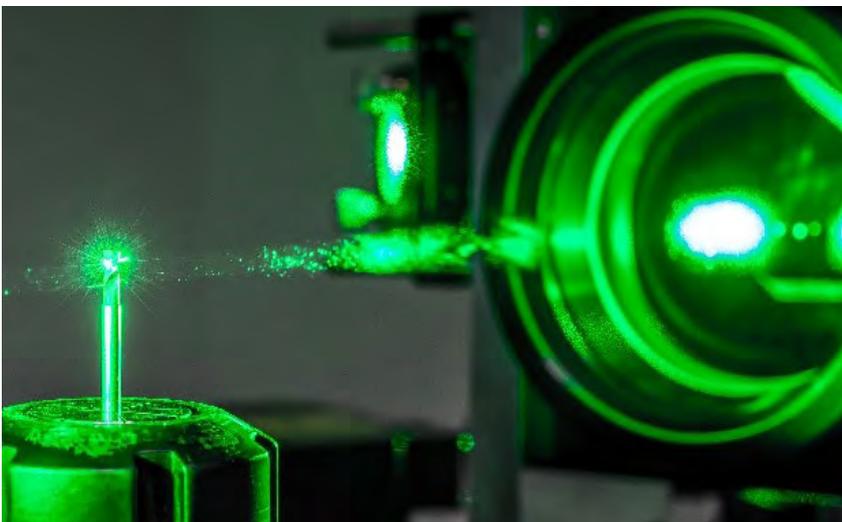
Konventionelle Bearbeitungsmethoden wie das Schleifen stossen bei der Herstellung von Werkzeugen aus ultraharten Werkstoffen, wie polykristallinem Diamant, an ihre Grenzen. Da Diamant das härteste bekannte Material ist, muss ein hoher Verschleiss der Schleifwerkzeuge und eine lange Bearbeitungszeit in Kauf genommen werden. Durch eingebrachte Querkräfte brechen die harten, aber oft sehr spröden Werkstoffe häufig während des Schleifens, was zu einem hohen Ausschuss führt.

Anders ist dies bei der Laserbearbeitung mittels UKP-Laser. Im wenigen Mikrometer grossen Fokus des Lasers wird durch kurze Pulse (<10ps) hoher Intensität das Material abgetragen. Dies geschieht, bevor die Wärmelei-

tung einsetzt, weshalb das Verfahren als kalte Ablation bezeichnet wird. Der schonende und kraftfreie Abtrag ermöglicht eine Vorschädigung zu vermeiden und den Ausschuss weit unter 5% zu reduzieren.

Mit UKP-Lasern kann ein Werkzeug aus Diamant oder Keramik, was konventionell über Stunden geschliffen wird, innerhalb wenigen Minuten und automatisiert hergestellt werden.

Ein weiterer Vorteil der Laserbearbeitung ist die hohe geometrische Flexibilität, die lediglich durch den Strahldurchmesser (ca. 10 µm) und den Strahleinfall limitiert ist. Die Werkzeuggeometrie wird nicht mehr durch die Geometrien der Schleifwerkzeuge bestimmt und auch



**Herstellung eines Bohrers mit UKP-Laser auf einer 5-Achs-Kinematik mit grünem Laserlicht**  
Aus einem Werkzeug-Rohling (zylindrischer Schaft aus Hartmetall verlötet mit einem Stift aus polykristallinem Diamant) wird mittels Laserablation in wenigen Minuten und in einer Aufspannung ein Fräswerkzeug hergestellt.

verschiedene Werkzeuggeometrien können in Losgrösse 1 ohne Rüsten hergestellt werden.

Aus der jahrelangen Forschung von inspire in Zusammenarbeit mit der ETH ist das erfolgreiche Spin-off Unternehmen 6C-Tools entstanden, welches kontinuierlich neue Branchen-Massstäbe in der Zerspanung von ultraharten Werkstoffen setzt – sowohl hinsichtlich Produktivität als auch hinsichtlich Qualität.

In Projekten zusammen mit Industriepartnern werden neuartige Werkstoffe wie binderlose Nano-Polykristalline Diamanten getestet, Verfahren zu Herstellung von neuartigen Werkzeugen mit gepulsten Lasern entwickelt und neue Werkzeug-Geometrien in Zerspanexperimenten getestet.

---

Die Arbeiten entstanden in der Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung der ETH Zürich unter Leitung von Prof. K. Wegener.



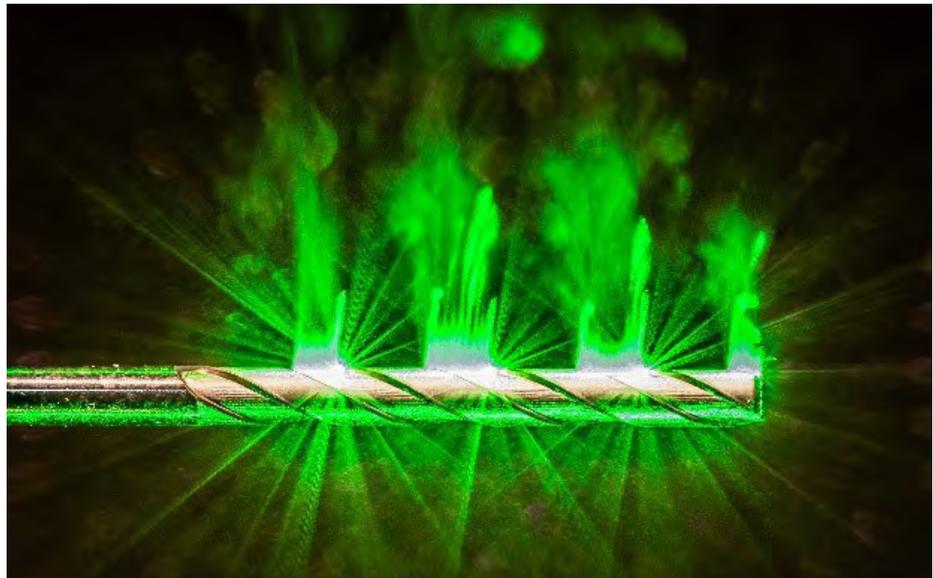
**Dr. Timo Schudeleit**  
Leitung Gruppe Laser- und Mikrobearbeitung  
(ab Februar 2022)



**Josef Stirnimann**  
Leitung Gruppe Laser- und Mikrobearbeitung  
(bis Januar 2022)

**UKP-Laserprozess zur Herstellung eines Tieflochbohrers**

Fertigung der Helix eines Bohrers durch radiale Ablation. Der Laserstrahl trifft orthogonal auf das Werkstück während dieses rotiert wird.



## Effiziente Simulation steigert die Erkenntnis bei der Entwicklung von Werkzeugmaschinen.

Durch die Anwendung der MORE-Simulationsumgebung von inspire, entwickelt speziell für Werkzeugmaschinen, lassen sich die kritischen Punkte der Maschinen vorab ermitteln und beherrschen.

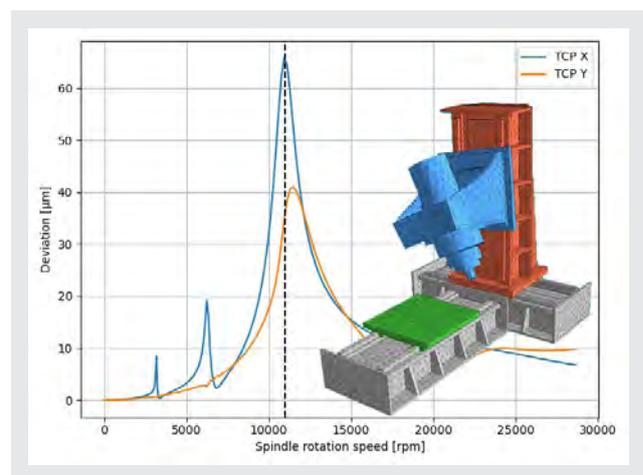
Die Simulation des statischen, dynamischen und thermischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen erlaubt die umfassende Überprüfung und Optimierung dieser Systeme bereits sehr früh in der Designphase. Aber auch im Fall von Störungen oder bei auftretenden Abweichungen im Betrieb liefert die Simulation Einblick in die wirkenden Zusammenhänge und erlaubt so oftmals die rasche Bereitstellung von Gegenmassnahmen. Insbesondere die konsistente Verwendung der gleichen Modelle in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus während der Entwicklung, der Inbetriebnahme, der Anwendungstechnik und des Kundensupports bringt den Mehrwert von digitalen Zwillingen zum Tragen.

Von ausschlaggebender Bedeutung bei Werkzeugmaschinen ist hierbei das Verhalten zwischen Werkzeug und Werkstück am Tool Center Point (TCP). Die resultierende Bahn des Werkzeugs am TCP wird durch das Zusammenspiel der Strukturkomponenten und den geregelten Antrieben bestimmt. Für das Maschinenverhalten sind verschiedenste Einflussfaktoren von Bedeutung. Darunter statische Verformungen, Struktur-dynamik, Regelung, Antriebe, die Anordnung der Messsysteme, Empfindlichkeit auf Störungen wie Spindelunwucht oder Prozesskräfte, das thermische Verhalten aufgrund von Wärmequellen, Umgebungstemperatur und Kühlung und die Verformung aufgrund der sich einstellenden Temperaturverteilungen. Dabei verändern sich die Eigenschaften der Struktur entlang der Verfahrbereiche der einzelnen Maschinenachsen.

Die Analyse der Maschinen erfordert, dass diese Einflüsse von dem eingesetzten Simulationswerkzeug effizient und genau abgebildet werden. Dafür wurde die Simulationsumgebung MORE entwickelt.

inspire stellt mit MORE ([www.more-simulations.ch](http://www.more-simulations.ch)) sowohl Software als auch Support, Schulungen und Simulations-Dienstleistungen für die Industrie zur Verfügung. Damit wird den Werkzeugmaschinenherstellern jeglicher Grösse ein Zugang zu virtuellen Prototypen und digitalen Zwillingen von Werkzeugmaschinen in Bezug auf das mechanische, mechatronische und thermo-mechanische Verhalten ermöglicht.

Die Software und Dienstleistungen werden laufend weiterentwickelt, sodass immer mehr Aspekte der Produktionsmaschinen immer genauer und immer effizienter simuliert werden können.



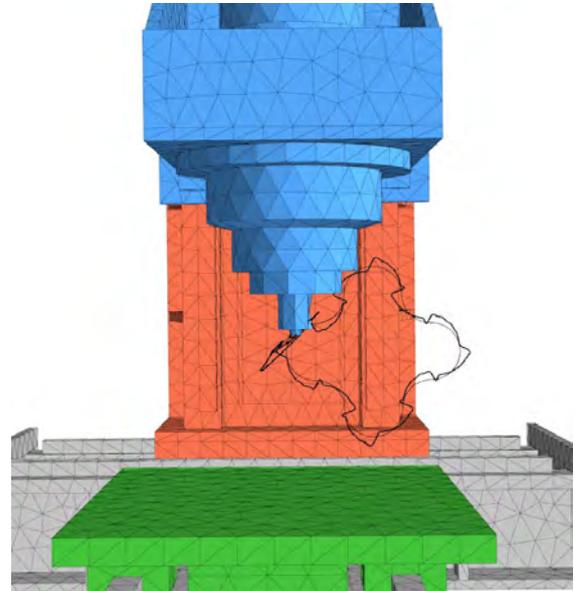
### Verlagerungen der Spindel in Abhängigkeit von der Drehzahl

Unwucht von rotierenden Bauteilen wie Spindeln führt unweigerlich zu Vibrationen in der Maschinenstruktur – die Frage ist nur, wie gross diese sind. Die Simulation bietet die Möglichkeit die Auswirkung einer Spindelunwucht zu bestimmen.

Ein Anwendungsbeispiel: Anregung der Maschine durch Unwucht der Spindel. Schwingungen der Hauptspindel, die durch Unwucht entstehen, sind ein weit verbreitetes Problem, speziell bei Schleifmaschinen.

Die Simulation bietet hier die Möglichkeit, die Auswirkung einer Spindelunwucht simulativ vorherzusagen. Dadurch wird die zielführende Auslegung der Maschine unterstützt. Ausserdem lassen sich die Anforderungen an die Massnahmen der Auswuchtung spezifizieren. Mit MORE benötigt die Berechnung eines kompletten Spindel-Hochlaufs nur ein paar Sekunden. Abstriche hinsichtlich Genauigkeit sind hierfür nicht erforderlich. Die Ergebnisse liefern direkt die Grösse der Schwingungen / Schwingamplitude in Abhängigkeit von der Spindeldrehzahl.

Weiter ist die Form der Schwingungen ersichtlich, was wiederum direkt Hinweise zur Verbesserung der Konstruktion liefert.



Die Arbeiten sind im Rahmen von mehreren Innosuisse- und Industrieprojekten mit einer Reihe von Industriepartnern und in enger Zusammenarbeit mit Prof. K. Wegener (ETH) entstanden.

#### **System mit Strukturdynamik, Antrieben und Regelung**

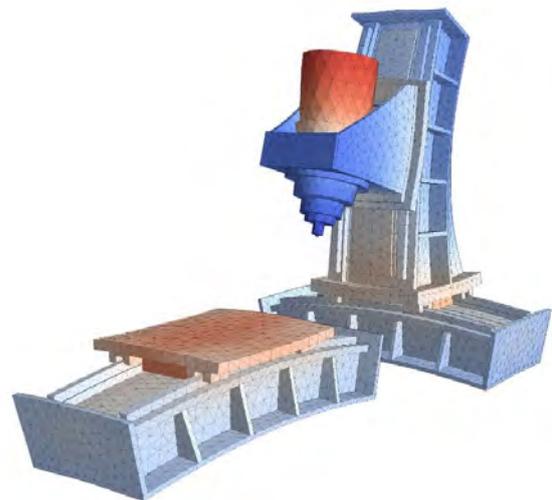
Das Simulationsmodell beinhaltet nicht nur die Maschinenstruktur, sondern auch die geregelten Antriebe. Resultierende Abweichungen der Maschine lassen sich so simulativ bestimmen. Das Beispiel zeigt den Einfluss von Haftreibung in den Linearführungen. An der vom TCP gezeichneten Kurve erkennt man die Auswirkung der Haftreibung an den Achsumkehrpunkten sowie die dynamischen Abweichungen.



**Dr. Daniel Spescha**  
Leitung Team MORE



**Dr. Sascha Weikert**  
Leitung Simulation



#### **Verformungsbild und Temperaturverteilung bei thermischer Belastung**

Thermisch induzierte Verformungen stellen insbesondere bei Präzisionsmaschinen eine der grössten Fehlerquellen dar. Mit MORE lässt sich das thermodynamische Verhalten und die zugehörigen Verformungen einer Maschine in variierender Umgebungstemperatur mit variablen Wärmequellen und Kühlsystemen berechnen.



*Die inspire AG verbindet Forschung und Praxis und betreibt einen hocheffektiven Wissens- und Technologietransfer zur Industrie, um Innovationen in Schweizer Industrieunternehmen anzustoßen.*



## inspire Academy.

### Kurse und Trainings auf dem Gebiet der Produktion – äusserst wertvoll für Teilnehmende und Unternehmen.

Der Schwerpunkt der inspire Academy liegt auf Lean Production und Six Sigma, kurz „Lean Six Sigma“ (LSS). Die mit LSS in der Schweizer Industrie erzielten Produktivitätssteigerungen sind beachtlich – eine veritable Erfolgsgeschichte!

Die inspire AG führt unter inspire Academy seit 2009 sehr erfolgreich LSS Green Belt Trainings und seit 2010 Black Belt Trainings durch. Inzwischen sind mehr als 700 Green Belts, 116 Black Belts, 16 Master Black Belts sowie weit über 100 Yellow Belts ausgebildet worden. Nach den Trainings führen diese Abgänger bei ihren Arbeitgebern Verbesserungsprojekte durch, die Ineffizienzen und Verschwendungen reduzieren oder die vorhandene Kapazität besser ausnutzen. Dies führt zu erheblichen Produktivitätssteigerungen.

Erfahrungen zeigen, dass ein typisches Green Belt-Projekt zu einem finanziellen Benefit von etwa CHF 50'000 pro Jahr führt und ein Black Belt-Projekt zu einem solchen von mindestens CHF 150'000 pro Jahr. Eine grobe Abschätzung hat ergeben, dass sich bei einer durchschnittlichen Prozessverbesserungsnutzungsdauer von 5 Jahren und bei über 800 Green und Black Belts ein wirtschaftlicher Gesamtbenefit von etwa CHF 12 Mio. pro Jahr resultiert. Seit 2009 sind das gesamthaft über CHF 130 Mio.!

Die Trainings sind eine Mischung aus Theorie, Anwendungsbeispielen und Simulationsspielen und leben vom

„Bei einer Ausbildung sind meines Erachtens drei Dinge wichtig: Seriosität, Wirksamkeit – und Spass. Theorie kann trocken und ermüdend sein. Bei unseren Trainings lockern wir die Theorie mit Beispielen, Anekdoten und eigenen Erfahrungen auf und erwecken den Stoff so zum Leben und machen ihn spannend. Damit bleibt er lange in Erinnerung.“

*Dr. Bruno Rüttimann, MBB und langjähriger Trainer bei inspire*

aktiven Austausch unter den Teilnehmenden. Deswegen kommen sie auf allen Stufen und in allen Branchen sehr gut an und werden von den Teilnehmenden entsprechend gut bewertet, was uns sehr freut. Und der signifikante „Impact“ in der Industrie auf der anderen Seite spornt uns weiter an, den Werkplatz Schweiz zu stärken.

Die inspire Academy versteht sich aus diesem Grunde nicht als reiner Trainings- und Kursveranstalter, sondern als Partner der Industrie, der die Mitarbeitenden weiterbildet und persönlich weiterbringen will. Gleichzeitig ist es das Ziel der inspire Academy, die Industriefirmen zu nachhaltigen Produktivitätssteigerungen zu führen. Zu diesem Zweck entwickelt inspire die Theorie und Methoden von Lean Six Sigma weiter, macht sie für die Industrie nutzbar und nimmt neue Trends wie Digitalisierung und Agile Development auf.



**Dr. Martin Stöckli**  
COO/CFO inspire,  
Leiter inspire Academy

## Instandhaltungsprozesse für das Schienennetz von morgen.

Mit dem beschlossenen Ausbau des Schweizer Schienennetzes ist ein stark steigender Instandhaltungsbedarf des Oberbaus absehbar. Mit einer neuen, innovativen Schienenschleiftechnologie schafft die inspire AG zusammen mit dem IWF der ETH Zürich, der Scheuchzer SA und Comet Schleiftechnik die Grundlage, um den Ausbau des am stärksten befahrenen Eisenbahnnetz der Welt zu ermöglichen.

Im Rahmen eines Innosuisse-Projekts entwickelt die inspire AG einen der wichtigsten Schienen-Instandhaltungsprozesse grundlegend weiter, um den sich ändernden Rahmenbedingungen und Anforderungen Rechnung zu tragen. Die neue Schleiftechnologie liegt weit ausserhalb des bisherigen Prozessfensters. Statt in zahlreichen iterativen Pendelfahrten kann das gewünschte Ergebnis in nur einem oder wenigen Schliffrunden erzielt werden. Das senkt Kosten und erhöht die Sicherheit. Auf diese Weise können in Zukunft selbst die Schienen in langen Tunnels geschliffen werden, ohne die Strecke für mehrere Stunden sperren zu müssen.

Eisenbahnschienen sind durch die enorme mechanische Belastung starkem Verschleiss und Ermüdung ausgesetzt, wodurch sich Schienenfehler wie Rissnester, Riffel und Ausbrüche im Schienenkopf bilden. Werden die Schienenfehler nicht entfernt, droht das stark verfrühte Ende der Schienenlebensdauer – der kostenintensive Austausch der Schienen erfolgt dann schon nach wenigen Betriebsjahren. Durch die Riffel entstehen zudem Lärmemissionen, vor denen die wachsende Bevölkerung mit aufwendigen baulichen Massnahmen wie Lärmschutzwänden geschützt werden muss.

Schienenerschleifzüge der Scheuchzer SA bieten eine kombinierte Lösung: Mit den meist nachts stattfindenden Schleifzugfahrten entfernen Sie regelmässig Rissnester und verlängern damit die Schienenlebensdauer um ein Vielfaches. Gleichzeitig werden beim Akustikschleifen gezielt Riffel entfernt, wodurch die sogenannte akustische Rauheit von Schienen stark vermindert und somit die Ursache der Lärmemissionen behoben



### **Schliffbild nach Schruppschleifen**

*Schienenkopf nach einem Schruppprozess. Jede der Schleifscheiben ist nur auf einem schmalen Band in Kontakt mit dem Schienenkopf. Die so entstehenden Facetten sind hier klar erkennbar.*

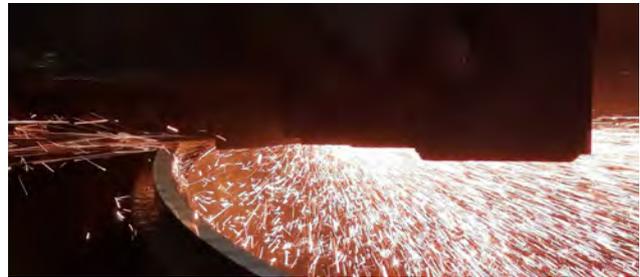
wird. Damit leistet das Schienenschleifen einen entscheidenden Beitrag zum wirtschaftlichen Betrieb des Schienennetzes.

Zu den grössten Herausforderungen gehört, eine thermische Schädigung der Werkstückoberfläche (Schleifbrand) zu vermeiden. Denn im Schienenschleifprozess muss trotz der enormen Leistung trocken geschliffen werden, damit kein Kühlschmiermittel in die Umwelt gelangt. Das Werkzeug wird anders als bei konventionellen Werkzeugmaschinen hier vom Werkstück – der Schiene – geführt und hat kein vergleichbares Maschinenkoordinatensystem. Zudem fehlt die Möglichkeit zum Abrichten der Schleifscheiben, sodass ständig ein Selbstschärfeffekt sichergestellt werden muss und dies ohne die Standzeit zu stark zu beeinträchtigen. Klassische Vorgehensweisen zur Entwicklung von Schleifprozessen sind beim Schienenschleifen deshalb nicht anwendbar.

Auf dem einzigartigen Versuchsstand im Technopark Zürich konnte der Schienenschleifprozess von Grund auf neu entwickelt werden.

---

Diese Arbeit entstand im Rahmen mehrerer Innosuisse-Projekte in Zusammenarbeit mit Prof. K. Wegener, ETH Zürich.



#### **Schienenschleifprozess auf Versuchsaufbau**

*Auf dem Versuchsaufbau im Technopark Zürich wird der reale Schienenschleifprozess emuliert. Selbst mit nur einer Schleifscheibe sind die lokalen Temperaturen und Prozesskräfte beträchtlich.*

Mit neuen Schleifwerkzeugen und einer intelligenten Prozessregelung konnte das Zeitspannvolumen (Abtragsvolumen pro Zeiteinheit) stark erhöht werden, ohne die Schienenoberfläche thermisch zu schädigen. Damit sind die Weichen für die Instandhaltung von morgen gestellt.



**Dr. Michal Kuffa**  
Leitung Prozesse



#### **Schienenschleifzug in Aktion**

*Schleifzugfahrten finden meist nachts statt, damit Streckenunterbrüche den engen Taktfahrplan tagsüber nicht beeinträchtigen. Der Hochleistungs-Trockenschliff sorgt dabei optisch und akustisch für eine eindruckliche Kulisse.*

## Mit Smart Cameras manuelle Montageprozesse unterstützen.

Intelligente Kamerasysteme bieten die Möglichkeit für eine automatische Erkennung von manuellen Montageschritten in Echtzeit.

Mit der fortschreitenden Automatisierung industrieller Prozesse verlagert sich die manuelle Arbeit zunehmend auf anspruchsvollere und damit fehleranfälligeren Anwendungen. Solche Anwendungen müssen zur Vermeidung von Fehlern unterstützt werden. Wird etwa das Auftragen von Schraubensicherung oder das Einsetzen einer Dichtung vergessen, kann dies zu hohen Folgekosten führen. Solche oder ähnliche Fälle lassen sich nur schwierig oder gar nicht mit einer abschliessenden Qualitätskontrolle entdecken.

Bestehende Ansätze wie das Vier-Augen-Prinzip oder Checklisten sind ineffizient, da sie Arbeitsabläufe unterbrechen, Ressourcen binden und abhängig sind von der Gewissenhaftigkeit des Arbeiters. Smart Cameras bieten dazu eine effiziente und zuverlässige Alternative: Kameras erkennen Arbeitsschritte zur Qualitätssicherung in manuellen Arbeitsabläufen in Echtzeit. Dies geschieht durch den Einsatz von bestehenden Deep Learning basierten Computer Vision Algorithmen. Diese können genutzt werden, um eine breite Auswahl an Montagetätigkeiten zu identifizieren. Basierend auf diesen Erkenntnissen zum Montagestatus können Montagefehler erkannt werden und Arbeiter mit Informationen über absolvierte, fälschlicherweise übersprungene oder bevorstehende Arbeitsschritte unterstützt werden.

Zur Analyse und Unterstützung manueller Tätigkeiten muss ein System in der Lage sein, trotz durch Menschen verursachte Unregelmässigkeiten oder Umwelteinflüsse robust zu funktionieren. Gegenwärtig genutzte Smart Camera Systeme werden jedoch hauptsächlich zur Überwachung von Objekten in optisch monotonen Umfeldern eingesetzt.

Die Nutzung von Deep Learning basierter Computer Vision Algorithmen zur Bilderkennung bietet ein höheres Mass an Flexibilität hinsichtlich der Einsatzumgebungen von Smart Cameras. Durch den Einbezug von

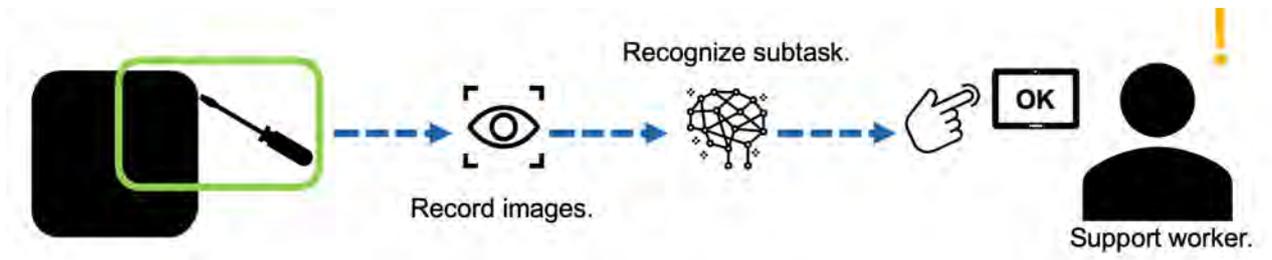


### Montageschritterkennung mittels Smart Camera

*Eine Smart Camera erkennt arbeitsschrittspezifische Werkzeuge und Werkstücke, worüber Montageschritte identifiziert werden. So kann überprüft werden, ob Arbeitsschritte ausgelassen wurden. Ist dies der Fall, wird der Arbeiter automatisch informiert. Über die Erkennung des aktuellen Montagestatus können ausserdem Anleitungen zu bevorstehenden Montageschritten kommuniziert werden.*

unterschiedlichen Trainingsdaten können die Kameras auch unter variablen Bedingungen zur Erkennung von Objekten und Tätigkeiten genutzt werden, was die Analyse und Unterstützung von menschlichen Tätigkeiten ermöglicht. Als flexibel einsetzbarer Sensor bieten sie eine wirtschaftliche Alternative für eine Vielzahl bestehender Sensorsysteme.

Aktuelle Forschungsprojekte umfassen die Analyse von Smart Camera Systemen in industriellen Anwendungen, die Weiterentwicklung von Ansätzen zur Identi-



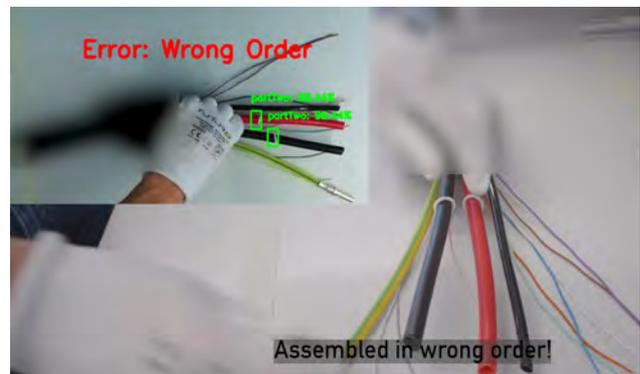
### Montageschritterkennung in Echtzeit

Zur Unterstützung von manuellen Montagetätigkeiten wird der aktuelle Montagestatus in Echtzeit ermittelt und etwaige Fehler direkt an den Arbeiter kommuniziert. Dies kann über einen Bildschirm mit Nutzeroberfläche geschehen, aber auch die Verwendung von Signalsystemen wie beispielsweise Industriempeln ist möglich.

fikation von Montagetätigkeiten und die Entwicklung von Kommunikationsstrategien, welche die Akzeptanz der Systeme bei Arbeitern in der manuellen Montage sicherstellen sollen. Zusätzlich wird die Nutzung von synthetischen Trainingsdaten erforscht, um den Aufwand und die benötigte Expertise zur Erstellung von Trainingsdaten zu reduzieren. Dieser Ansatz wird momentan zur automatisierten Erkennung von 3D-gedruckten Bauteilen genutzt um manuelle Sortierprozesse zu erleichtern.

Durch den Einbezug von Industriepartnern in alle Forschungsprojekte wird gewährleistet, dass neue Ansätze in laufenden Produktionslinien getestet werden. Auf diese Weise werden Lösungen entwickelt, bei denen eine direkte Industrietauglichkeit erwartet werden kann.

Die Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit Prof. M. Meboldt, ETH Zürich.



### Komponenten einer Smart Camera

Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Kamera stellt eine Smart Camera einem Nutzer kein Bild zur Verfügung, sondern Informationen, die aus dem Bild ermittelt werden können. Eine Smart Camera besteht aus einem Bildsensor mit Objektiv, einer Einheit zur Verarbeitung anwendungsspezifischer Bildinformationen (im vorliegenden Beispiel ein Einplatinencomputer mit zusätzlicher Recheneinheit) sowie einer Nutzeroberfläche.



Jonas Conrad

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Bereich Design  
for New Technologies

## Prozessforschung und Technologieentwicklung auf der Aconity Midi+ Anlage.

Die hohe Flexibilität der SLM-Anlage Aconity Midi+ erlaubt die Integration neuer Komponenten in die Anlage und deren Ansteuerung über die Software.

Die Laser Powder Bed Fusion (LPBF) Anlage vom Typ Aconity Midi+ wird von der inspire-Gruppe in St. Gallen seit Dezember 2020 betrieben. Ein zweites System steht an der ETH Zürich. Beide Systeme stehen unter der wissenschaftlichen Verantwortung von Prof. M. Bambach, ETH Zürich.

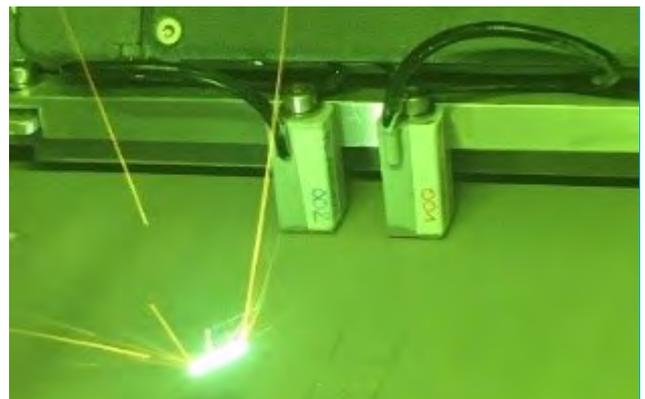
Die Anlage bietet mit ihrem flexiblen Hard- und Software-Design eine hervorragende Basis für Prozessforschung, wie auch für die Entwicklung und Integration neuer Komponenten. Die Flexibilität der Anlage besteht unter anderem durch eine grosszügig ausgelegte Prozesskammer, welche speziell für inspire so ausgelegt wurde, dass ausreichend Platz für die Integration zusätzlicher Komponenten wie Sensorik oder einer Kamera vorhanden ist. Darüber hinaus eignet sich die Anlage für die Prozessentwicklung neuer, auch schwierig zu verarbeitender Materialien wie zum Beispiel Titanaluminide

### **Laser Powder Bed Fusion Anlage vom Typ Aconity Midi+**

Die LPBF Anlage stellt aufgrund des flexiblen Hard- und Software-Designs eine hervorragende Forschungsplattform für die Prozessentwicklung, wie auch für die Entwicklung und Integration von Sensorik in den Prozessraum dar.



oder Keramiken, was insbesondere durch die Möglichkeit der Aufheizung der Bauplatte auf 1'000°C erreicht wird. Ergänzt wird dieses Portfolio durch ein integriertes Pyrometer, welches Auskunft über Prozesstemperaturen liefern kann, was vor allem in der Verarbeitung herausfordernder Materialsysteme von Bedeutung sein kann.



### **Sensorsystem integriert in die Aconity Midi+ Anlage**

Einsicht in die Aconity Prozesskammer, mit integriertem Sensorsystem. Oben: LPBF Prozess mit 2 Sensoren, positioniert zur schichtweisen Messung der Materialdichte an Probenkörper. Unten: Sensorsystem im Einsatz.

Die Flexibilität der Anlage basiert jedoch in hohem Masse auch auf der Möglichkeit aktiv in die Steuerung der Anlage eingreifen zu können. So können frei program-

mierbare Abläufe von «Scannen – Bauplattform Absenken – Beschichten» programmiert werden. Des Weiteren sind durch den Zugriff auf sämtliche Sensor- und Anlagendaten, wie auch auf externe Signale, praktisch beliebig komplexe Prozessabläufe realisierbar.

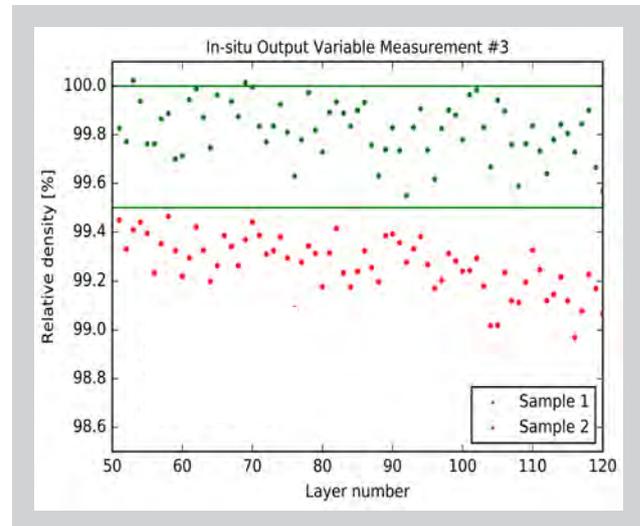
Diese hohe Anlagenflexibilität ermöglicht es inspire ihre Forschung zu Wirbelstrom-basierten Technologien (ECT) für das in-line Monitoring von Materialintegrität und Prozessrobustheit des LPBF-Prozesses voranzutreiben. Die im Rahmen verschiedener Projekte seit 2015 in Kooperation mit der Industrie entwickelte Monitoring-Technologie ist in der Lage, schichtweise die lokale Materialdichte in einem Bauteil zu messen, womit eine Art digitaler Zwilling des gemessenen Bauteilvolumens erstellt werden kann. Dies erlaubt die kontinuierliche Überwachung der Dichte als eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale von AM-Bauteilen und Prädiktor für mechanische Eigenschaften. Darüber hinaus ermöglicht die Technologie eine Überwachung und Quantifizierung der Prozessrobustheit über die Methoden der statistischen Prozesskontrolle.

Die Technologie trägt damit einen wesentlichen Beitrag zu einer einfachen Prozessqualifizierung, wie auch für eine rasche und kosteneffiziente Zertifizierung von SLM Bauteilen bei. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber anderen technologischen Ansätzen ist die einfache Integration auch in bestehende LPBF Anlagen und die Tatsache, dass durch das Monitoring-System die Anlagenproduktivität nicht beeinträchtigt wird.

Neben der Entwicklung und Integration von ECT-basierten Monitoring Methoden ermöglicht die Aconity Midi+ Anlage zudem den «Missing-Link» zwischen der Pulverqualifizierung und der Prozessforschung – nämlich der Qualifizierung der erzeugten Pulverschichten – anzugehen. In diesem Kontext werden hochauflösende Laserscanner in den Prozessraum integriert, mit deren Hilfe die erzeugten, sehr dünnen Pulverschichten analysiert und quantifiziert werden. Dies erlaubt es inspire einen Beitrag zur Definition des Begriffes «Spreadability» zu machen und zusätzliche Qualitätskriterien (Key Performance Indicators, KPI) für die AM-Pulver und AM-Prozessführung zu definieren.

---

Die vorgestellten Forschungsarbeiten laufen in Zusammenarbeit mit Prof. M. Bambach, ETH Zürich.



#### **Überwachung der lokalen Materialdichte von zwei Proben über 120 Schichten**

Die Überwachung der Materialdichte über einen ganzen Baujob hinweg ermöglicht eine Prozesskontrolle sowie die Identifikation von Trends, beispielsweise zur präventiven Maschinenüberwachung.



**Dr. Adriaan Spierings**  
Leitung Gruppe Selective Laser Melting



*Die inspire AG hat ihren Hauptsitz im Zürcher Technopark und ist damit Teil des dynamischen Umfelds von Forschungsinstitutionen, jungen Start-ups und erfolgreichen ETH Spin-off Unternehmen.*

## Impressum

Herausgeberin:

inspire AG, Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich  
[www.inspire.ethz.ch](http://www.inspire.ethz.ch), [info@inspire.ethz.ch](mailto:info@inspire.ethz.ch)

Redaktion:

inspire AG (M. Stöckli und andere)

Konzept & Layout:

tonicmoon GmbH, Winterthur (L. Zellweger und Team)

Druck:

copytrend AG, Zürich

in der Schweiz auf FSC-Papier gedruckt

 **myclimate**  
neutral  
Drucksache  
[myclimate.org/01-23-472841](http://myclimate.org/01-23-472841)



gedruckt in der  
**schweiz**

# inspire

**Wir machen aus Forschung Produkte.  
Für morgen und übermorgen.**

**[www.inspire.ethz.ch](http://www.inspire.ethz.ch)**



inspire AG Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich  
info@inspire.ethz.ch [www.inspire.ethz.ch](http://www.inspire.ethz.ch)