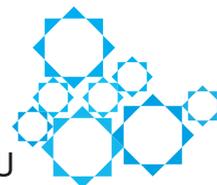


Ressourceneffizienz in der Produktion

FÜR EINE STARKE UND WETTBEWERBSFÄHIGE
WIRTSCHAFT IN THÜRINGEN

FLEXIBEL › PRÄZISE › RESSOURCENSCHONEND

THÜRINGER
ZENTRUM FÜR
MASCHINENBAU



INHALT

- 03 Beitrag des ThZM
- 04 Kennzahlen der Thüringer Wirtschaft
- 06 Globalisierung
- 08 Energiekosten und Rohstoffbedarf
- 12 ThZM Technologietransfer:
 - 14 Simulation
 - 18 Konstruktion
 - 24 Optimierung von Fertigungsprozessen und -abläufen
 - 28 Sicherung der Prozessstabilität
 - 34 Sparsamer Ressourceneinsatz
- 36 Netzwerkstruktur für eine stabile Wirtschaft
- 39 Kontakt

Das ThZM als Wegbereiter für effiziente Produktion

Das Thüringer Zentrum für Maschinenbau (ThZM) ist ein Projekt von fünf Forschungseinrichtungen in Thüringen.

Seit seiner Gründung im Jahr 2013 hat das ThZM zahlreiche Unternehmen der Region in über 650 erfolgreich durchgeführten Projekten mit Produkt- und Prozessinnovationen unterstützt.

Das ThZM kooperiert eng mit den Thüringer Industrieclustern, um Wertschöpfung in branchenübergreifenden Netzwerken zu relokalisieren und nachhaltig zu stabilisieren.



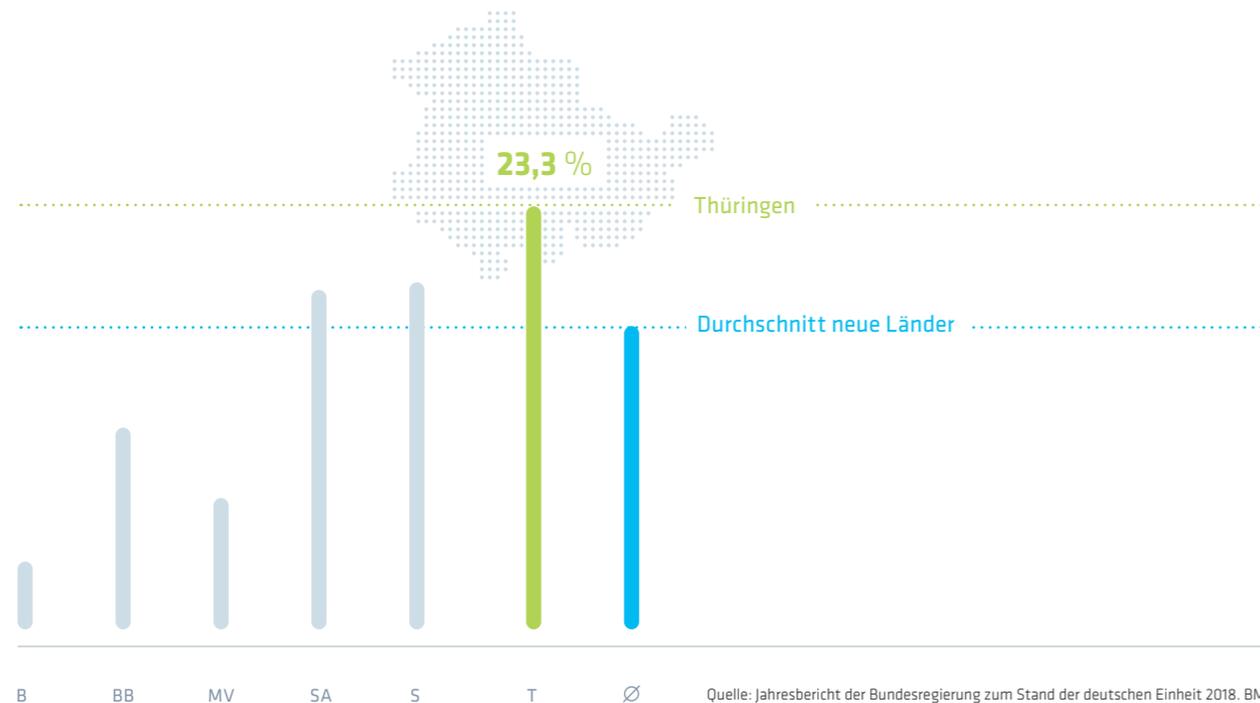
Kennzahlen der Thüringer Wirtschaft

Der Anteil des **verarbeitenden Gewerbes** ist in Thüringen mit über 23 % an der Bruttowertschöpfung im Vergleich der neuen Bundesländern am höchsten.

Dabei ist die Thüringer Unternehmenslandschaft stark **kleinteilig** geprägt. Über 95 % sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU).

Die Betriebe in Thüringen setzen insbesondere auf die Wettbewerbsfaktoren **Qualität, Termintreue und Lohnkosten.**

Quellen: Datenbank der Landesentwicklungsgesellschaft mbH / Wachstumspotentiale im Thüringer Mittelstand. Gutachten. Erfurt 2015. TMWWDG / Bundesagentur für Arbeit



Quelle: Jahresbericht der Bundesregierung zum Stand der deutschen Einheit 2018. BMWi



KMU in Thüringen sind insbesondere durch folgende Charakteristika geprägt:

- ➔ Häufig fehlendes Risikokapital für Investitionen in die Entwicklung,
- ➔ Überwiegend dünne Kapitaldecke für den Fall wirtschaftlicher Einbußen,
- ➔ Nur schwer eigenständig zu setzende Produkttrends und eine
- ➔ Eher zögerliche Reaktion mit Innovationen auf wirtschaftliche Transformationsprozesse.

Dabei steigt der **Wettbewerbsdruck** mit fortschreitender **Globalisierung der Lieferketten** durch Mitbewerber z. B. aus Osteuropa oder Asien, die in den Wettbewerbsfaktoren weiter aufschließen. Aufgrund der hohen wirtschaftlichen Bedeutung des verarbeitenden Gewerbes und den gleichzeitigen Hemmnissen durch die Kleinteiligkeit ist zur Sicherung der zukünftigen **Wettbewerbsfähigkeit** eine **resiliente Wertschöpfung** und eine **steigende Produktivität** in den Thüringer Unternehmen notwendig.

Quellen: Frank Maaß, Bettina Führmann: Innovationstätigkeit im Mittelstand: Messung und Bewertung. IfM-Materialien Nr. 212, Institut für Mittelstandsforschung Bonn 2012, S. 12 / Roadmap-Studie Maschinenbau in Thüringen. Erfurt 2013. TMBWK und TMWAT / Wachstumspotentiale im Thüringer Mittelstand. Gutachten. Erfurt 2015. TMWWDG.

Globalisierung

Die Globalisierungsindikatoren zeigen die zunehmenden wirtschaftlichen Verflechtungen Deutschlands und geben Auskunft über steigende **Export- und Importabhängigkeit**.

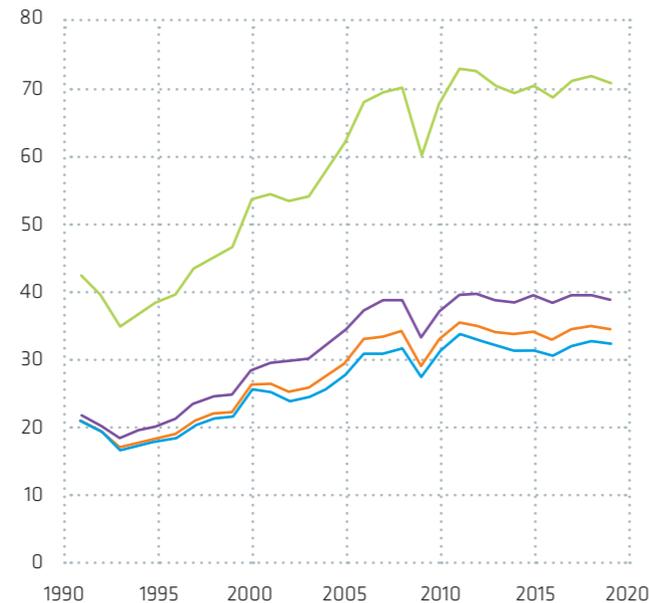
Der Außenhandel kann durch folgende Hemmnisse negativ beeinflusst werden:

- ➔ Zoll oder Importquoten
- ➔ Wechselkursvolatilitäten
- ➔ Endogene und exogene Wirtschaftskrisen

Komplexe globale Lieferketten führen bei kurzfristig auftretenden Hemmnissen zu **Einbrüchen** bei Produktivität, Umsatz und raschem Liquiditätsschwund in KMU.

Globalisierungsindikatoren Deutschland in %

- Außenhandelsquote
- Exportquote
- Importabhängigkeitsquote
- Importquote



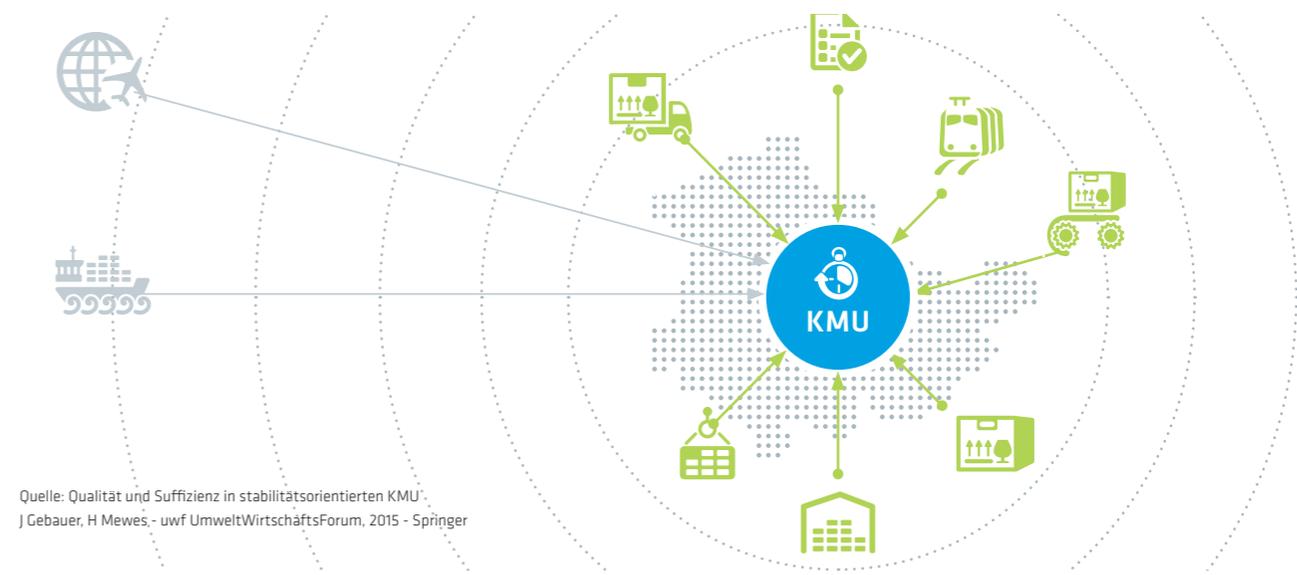
Quelle: Statistisches Bundesamt; Zusammenfassende Übersichten für den Außenhandel - vorläufige Ergebnisse - Fachserie 7 Reihe 1 - 2019

Für eine **resiliente Wertschöpfung** und **steigende Produktivität** sind strukturelle Anpassungen wie

- ➔ Relokalisierung und Verkürzung der Lieferketten als auch
- ➔ Digitalisierung für Produktion, Handel und Kooperationen notwendig, um KMU langfristig abzusichern.

Zur **Relokalisierung** werden Rohstoffe, Betriebsmittel und Vorprodukte überwiegend von regionalen Anbietern bezogen, um alternative Lieferketten aufzubauen.

Die **Digitalisierung** unterstützt die Dezentralisierung des Handels und der unternehmensübergreifenden Kooperationen, flexibilisiert die Produktion und bildet die Grundlage für neue Geschäftsmodelle.



Quelle: Qualität und Suffizienz in stabilitätsorientierten KMU. J Gebauer, H Mewes, - uwf UmweltWirtschaftsForum, 2015 - Springer

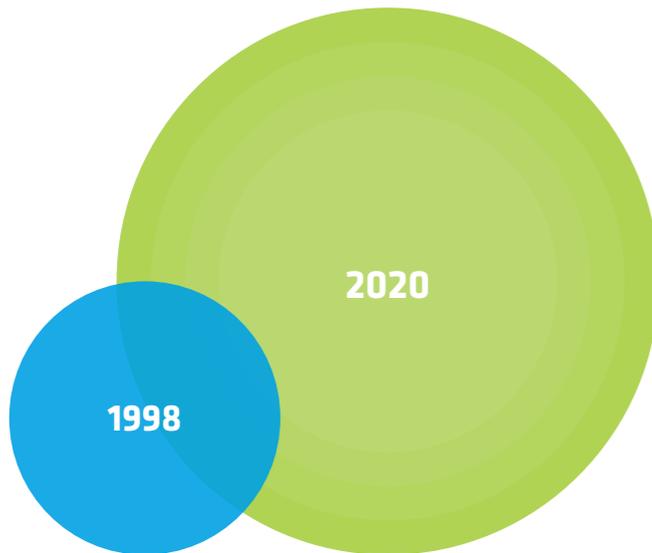
Energiekosten und Rohstoffbedarf

Darüber hinaus gerät die Wertschöpfung durch steigende Energie- und Rohstoffkosten in Zukunft weiter unter Druck.

Der Index des Industriestrompreises hat sich seit 1998 mehr als verdoppelt. 90 % der Primärenergieleistung werden für Transport, industrielle Prozesse und Raumheizung genutzt.

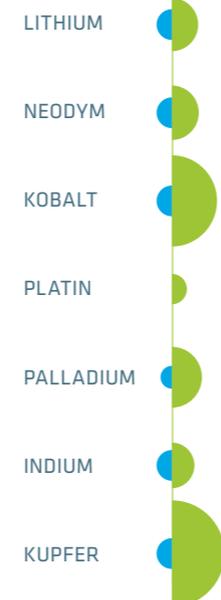
Der Rohstoffbedarf für Zukunftstechnologien vervielfacht sich bis 2035. Es ist daher mit einer Zunahme des Kostendrucks durch die anhaltende Dynamik der Preisentwicklung zu rechnen.

Industriestrompreisindex



Quelle: BDEW; Bundesverband der Energie-Abnehmer

Rohstoffbedarf 2013 2035



Quelle: BGR; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Handlungsbedarf

Aufgrund der ökonomischen und ökologischen Erfordernissen wird es zukünftig darauf ankommen

- ➔ Produkte mit möglichst wenig Ressourcen und Energieeinsatz herzustellen,
- ➔ den Ressourcen- und Energieverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln,
- ➔ die Lieferketten zu relokalisieren und
- ➔ die Produktion zu digitalisieren,

um die Wettbewerbsfähigkeit des verarbeitenden Gewerbes in Thüringen in Zukunft zu sichern.



shutterstock/koaya979

TECHNOLOGIEFELDER zur Effizienzsteigerung

Energie- und Materialeffizienz können vor allem durch Innovationen und Technologietransfers in folgenden Technologiefeldern erreicht werden:



- Bauteil- und Prozesssimulation mit Energie- und Materialressourcenbetrachtung
- Digitaler Zwilling für den gesamten Produktlebenszyklus
- Leichtbau durch Multimaterialmix
- Optimale Nutzung von additiven Verfahren
- Zukunftsorientierte Konstruktionswerkstoffe



Foto: ifw Jena

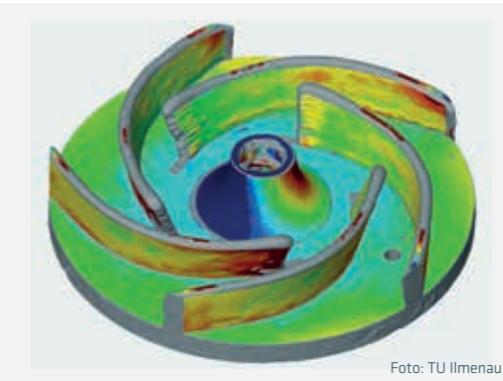


Foto: TU Ilmenau



Foto: ifw Jena

Energieeffizienz in Konstruktion und Simulation

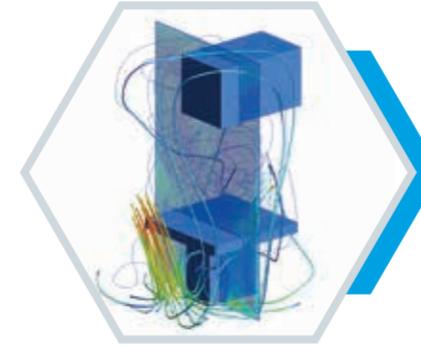
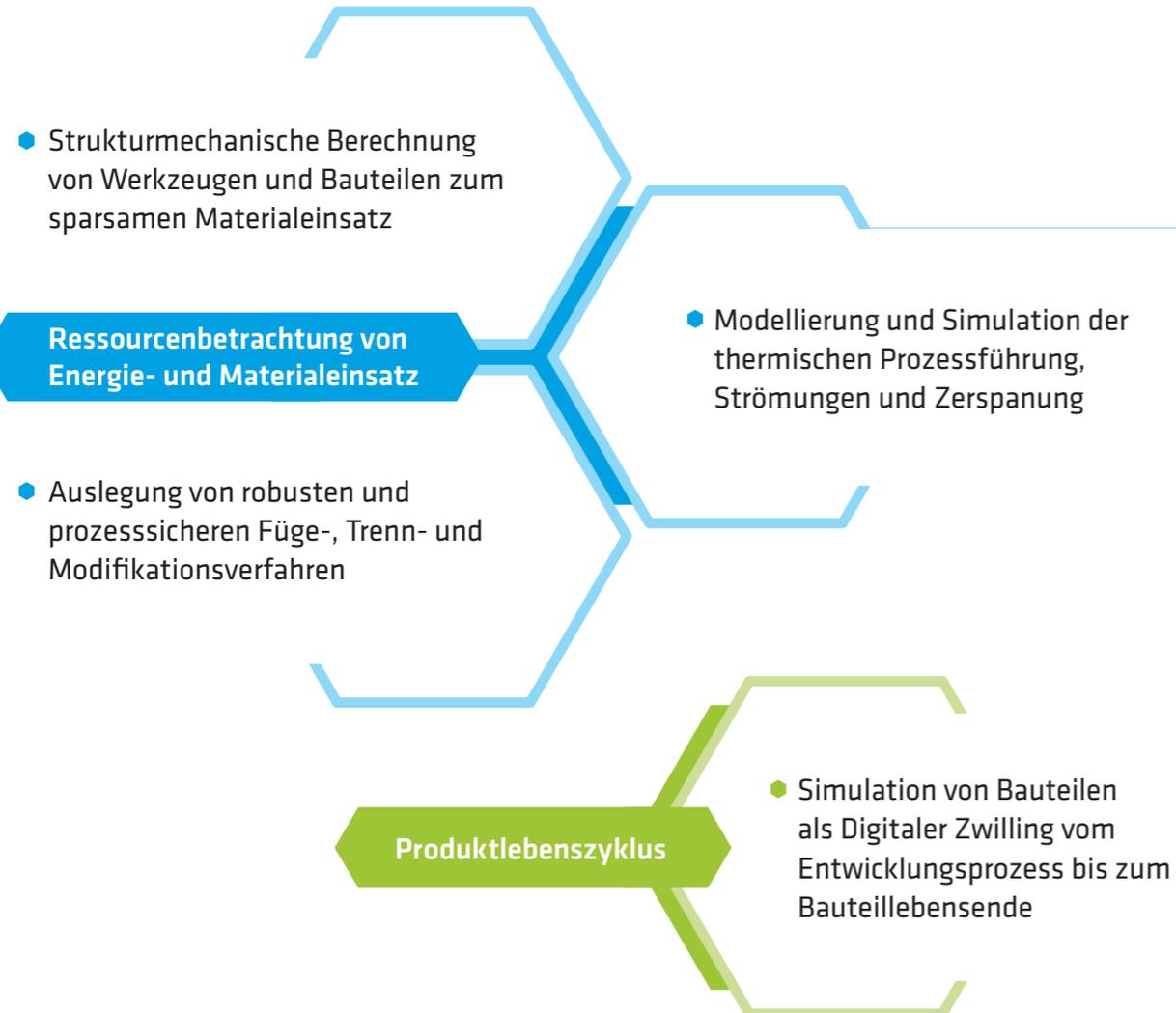
80 % des Ressourcenaufwands werden bereits in der Produktentwicklung festgelegt. Daher ist eine Betrachtung des Energie- und Materialeinsatzes bereits in der Konstruktion und Simulation über den gesamten Produktlebenszyklus notwendig.

Moderne Fertigungstechnologien für:

- Multimaterialmix und Leichtbau besitzen hohes Potenzial zur Ressourceneffizienz während
- Additive Technologien Spanabfall eliminieren und Material durch neue Gestaltungsfreiheit einsparen.

Zukunftsorientierte Konstruktionswerkstoffe genügen gleichzeitig komplexen Beanspruchungsprofilen und schonen Ressourcen durch effizienten Einsatz.

ThZM Technologietransfer: Simulation



Die Simulation von Gasströmungen im Arbeitsraum unterstützt die emissionsarme Gestaltung von Produktionsanlagen und berücksichtigt bereits in der Entwicklungsphase Effizienzpotenziale.



ThZM Technologietransfer: Konstruktion

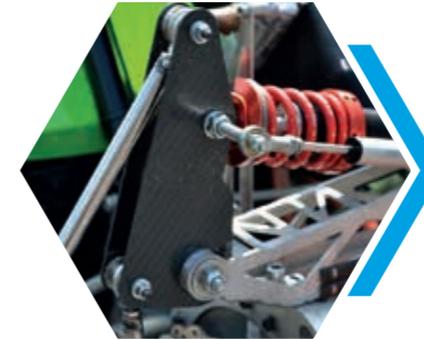
- Leichtbau durch Einsatz von Funktionswerkstoffen an der Funktionsstelle in Verbindung mit Strukturbaugruppen

Leichtbau durch Multimaterialmix

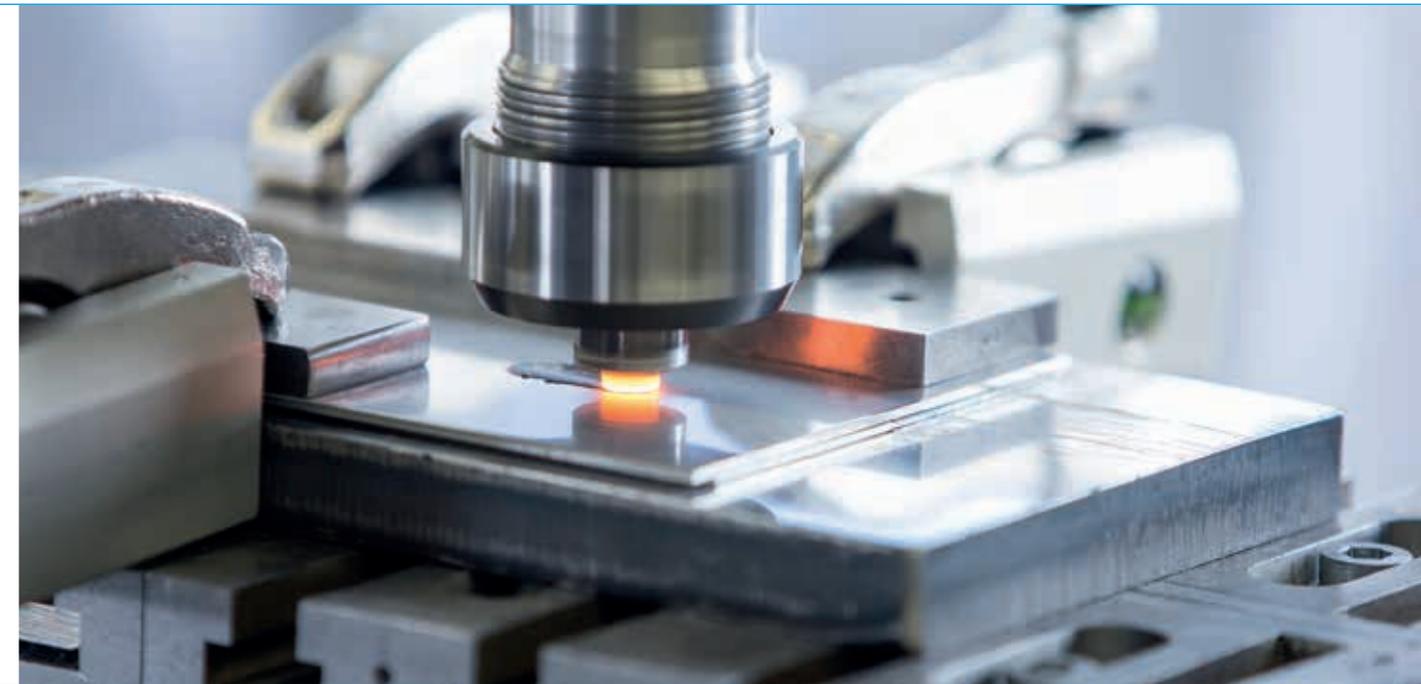
- Sichere Fügeverbindungen von Werkstoffen mit differierenden thermischen Eigenschaften (Metall/Kunststoff)

- Entwicklung angepasster Schmelz- und Pressschweißverfahren für den Multimaterialmix

- Stoffschlüssige Fügeverbindungen mit Neigung zur Sprödhärte (Aluminium/Kupfer/Stahl)



Bauteile aus Faserverbundkunststoffen und Aluminium erzeugen eine hohe Funktionalität bei gleichzeitig geringem Gewicht und bieten nicht nur im Motorsport effizienten Ersatz für herkömmliche Strukturbauteile.



ThZM Technologietransfer: Konstruktion

- Entwicklung von Konstruktionsmethoden für die optimale Nutzung additiver Technologien

Additive Verfahren

- Qualifikation und Überführung von additiven Verfahren in die Serienfertigung

- Erprobung innovativer und leistungsstarker Werkstoffe für neue Anwendungen im 3D-Druck

Konstruktionswerkstoffe

- Entwicklung maßgeschneiderter Kunststoffrezepturen für optimale Produkteigenschaften

- Kunststoffcompoundierung mit Erprobung und Validierung der Werkstoffeigenschaften

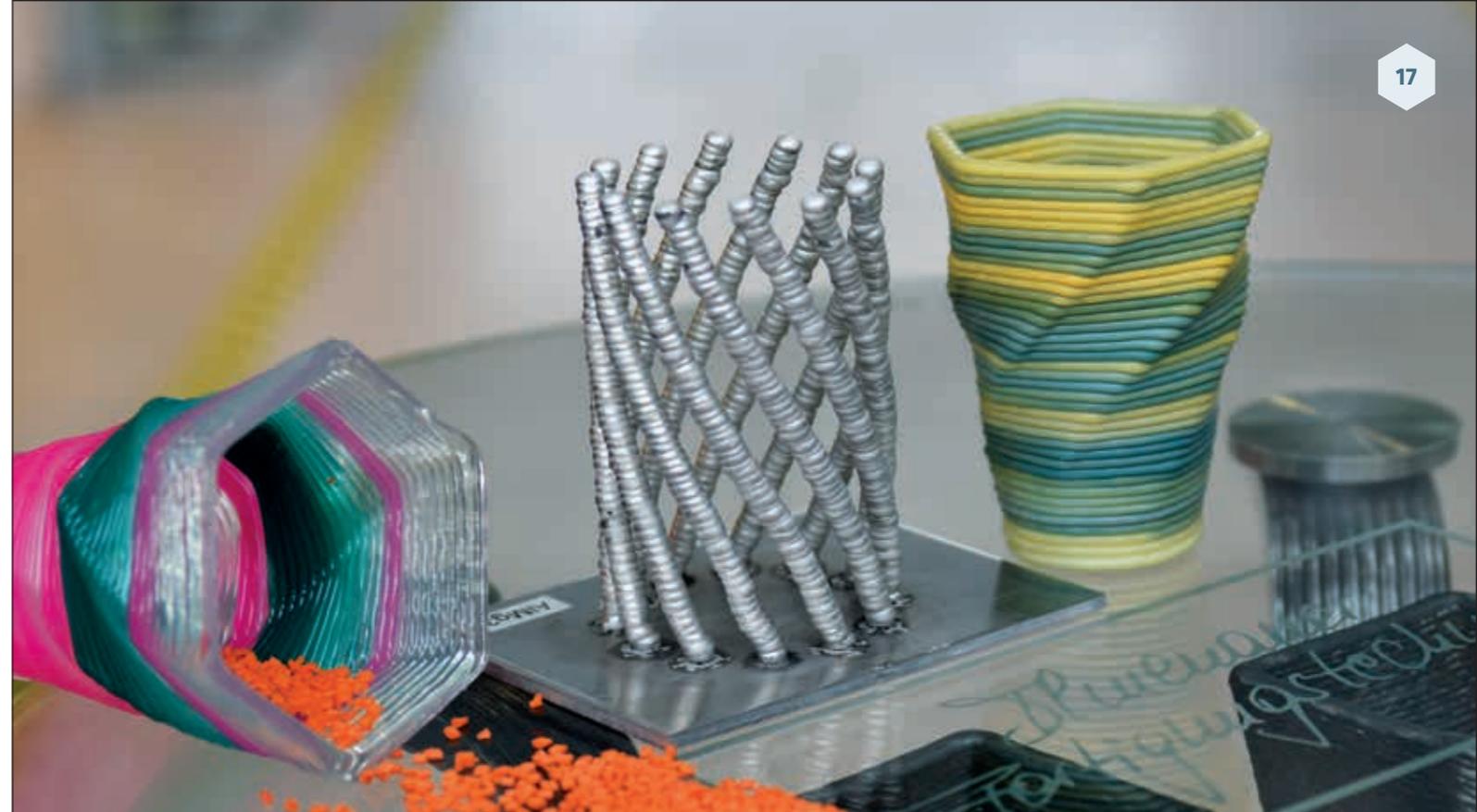


Foto oben: TU Ilmenau | unten: HS Schmalkalden



Die Weiterentwicklung der mechanischen Eigenschaften und der Verarbeitbarkeit von Konstruktionswerkstoffen erweitern die Einsatzbedingungen und führen zu Bauteilen mit verbesserten Funktionsmerkmalen.

TECHNOLOGIEFELDER zur Effizienzsteigerung



Konstruktion
und Simulation

Optimierung von
Prozessketten

Prozess-
stabilität

Ressourcen-
einsatz

- ➔ Prozesskettenverkürzung und
Verfahrensintegration
- ➔ Vorausschauende Wartung
- ➔ Kollaborative Assistenzrobotik

Foto: LEG Thüringen

Energieeffizienz durch Optimierung von Fertigungsprozessen und -abläufen

Durch **Prozesskettenverkürzung** und Verfahrensintegration ist eine Steigerung der Ressourceneffizienz um bis zu 30 % zu erreichen.

Dazu können

- ➔ energie- und materialintensive Verfahren substituiert sowie
- ➔ mehrere Prozesse in eine Bearbeitungsstation taktzeitneutral integriert werden.

Vorausschauende Wartung reduziert unerwünschte Maschinenstillstände um bis zu 70 %. Angelernte und in Produktionsanlagen eingebettete **Sensorsysteme** ermöglichen realitätsnahe Verschleißprognosen, dienen der Planbarkeit von Wartungen und vermeiden Produktionsausfälle.



Fotos: EAH Jena

ThZM Technologietransfer: Optimierung von Fertigungsprozessen und -abläufen

- Entwicklung und Qualifizierung neuer Prozessketten durch Integration moderner Fertigungstechnologien

Prozessketten

- Qualifizierung des Laserstrahlpolierens für verkürzte Prozessketten in der Optikfertigung

- Abstimmung und Kombination additiver Fertigung und zerspanender Verfahren in neuen Prozessketten

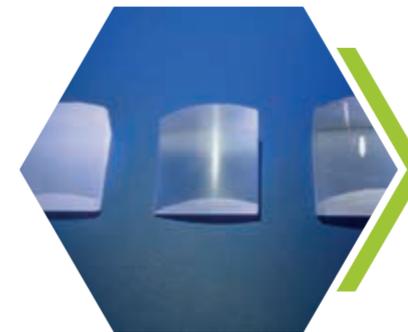
- Eingebettete Sensorik in Spritzguss- und Zerspanungswerkzeugen für die Verschleißprognose

- Anwendung von Methoden des Maschinellen Lernens zur Steigerung der Produktivität

Vorausschauende Wartung



Foto oben: A. Beetz | unten: EAH Jena



Moderne funktionale optische Systeme werden zunehmend komplexer und erfordern Prozessketten, die Freiformgeometrien mit Mikrostrukturen vereinen. Unterschiedliche Fertigungstechnologien wie Ultrafeinschleifen, Laserstrahlpolieren und Additive Fertigung werden kombiniert und führen zu robusteren optischen Gesamtsystemen mit kompakter Bauform.

ThZM Technologietransfer: Optimierung von Fertigungsprozessen und -abläufen

- Kollaborative Roboter übernehmen monotone oder riskante Aufgaben zur Senkung des Erkrankungsrisikos

Assistenzrobotik

- Entgegenwirkung bei Hilfskräftemangel durch automatisiertes, flexibles Bestücken und Beschicken

- Unterstützung der menschlichen Arbeitskraft auf Ebene der Fertigungszelle zur Minderung unproduktiver Zeiten

- Minderung der Arbeitsbelastung durch Übernahme von Tätigkeiten mit schweren Lasten, Gefahrstoffen oder Bewegungsabläufen

Assistenzroboter optimieren die Produktion und Logistik für flexible und effiziente Prozesse und steigern damit die Produktivität und entlasten die Belegschaft. Derzeit bestehen in über 400 Berufen ein Fach- und Hilfskräftemangel.

Quelle: Fachkräftesicherung in Deutschland – diese Potenziale gibt es noch; Gutachten Institut der Deutschen Wirtschaft 2019
Foto: TU Ilmenau



Foto: metralabs

TECHNOLOGIEFELDER zur Effizienzsteigerung



Konstruktion
und Simulation

Optimierung von
Prozessketten

Prozess-
stabilität

Ressourcen-
einsatz

- Echtzeitfähige Bildverarbeitung
- Eingebettete In-Line-Prozesssensorik
- KI-basierte Fehlerdetektion und Prozessregelung

Foto: LEG Thüringen

Energieeffizienz durch Sichern der Prozessstabilität

Rechtzeitiges Erkennen von **Prozessabweichungen** und entsprechender Reaktion darauf ermöglichen in allen Produktionsbereichen deutliche Einsparungen.

Die an den Neuzulassungen gemessene durchschnittliche Rückrufquote belief sich im Jahre 2014 bei PKW in Deutschland auf durchschnittlich 63 %.

Die Einbettung von echtzeitfähiger **In-Line-Prozesssensorik** zur KI-basierten Detektion von Fehlern mit **Regelung** des Fertigungsprozesses erzielt eine deutliche Steigerung der Prozessstabilität.



Foto: ifw Jena

ThZM Technologietransfer: Sicherung der Prozessstabilität

- Maschinen- und prozessintegrierte Qualitätssicherung zur Form-, Oberflächen- und Anwesenheitsprüfung

In-Line-Prozesssensorik

- 100 % In-Line-Qualitätskontrolle mit echtzeitfähiger, multimodaler Bildverarbeitung (2D/3D)

- Eingebettete Sensoren in Werkzeugen und Maschinen verarbeiten Informationen prozessnah in Echtzeit

Prozessregelung

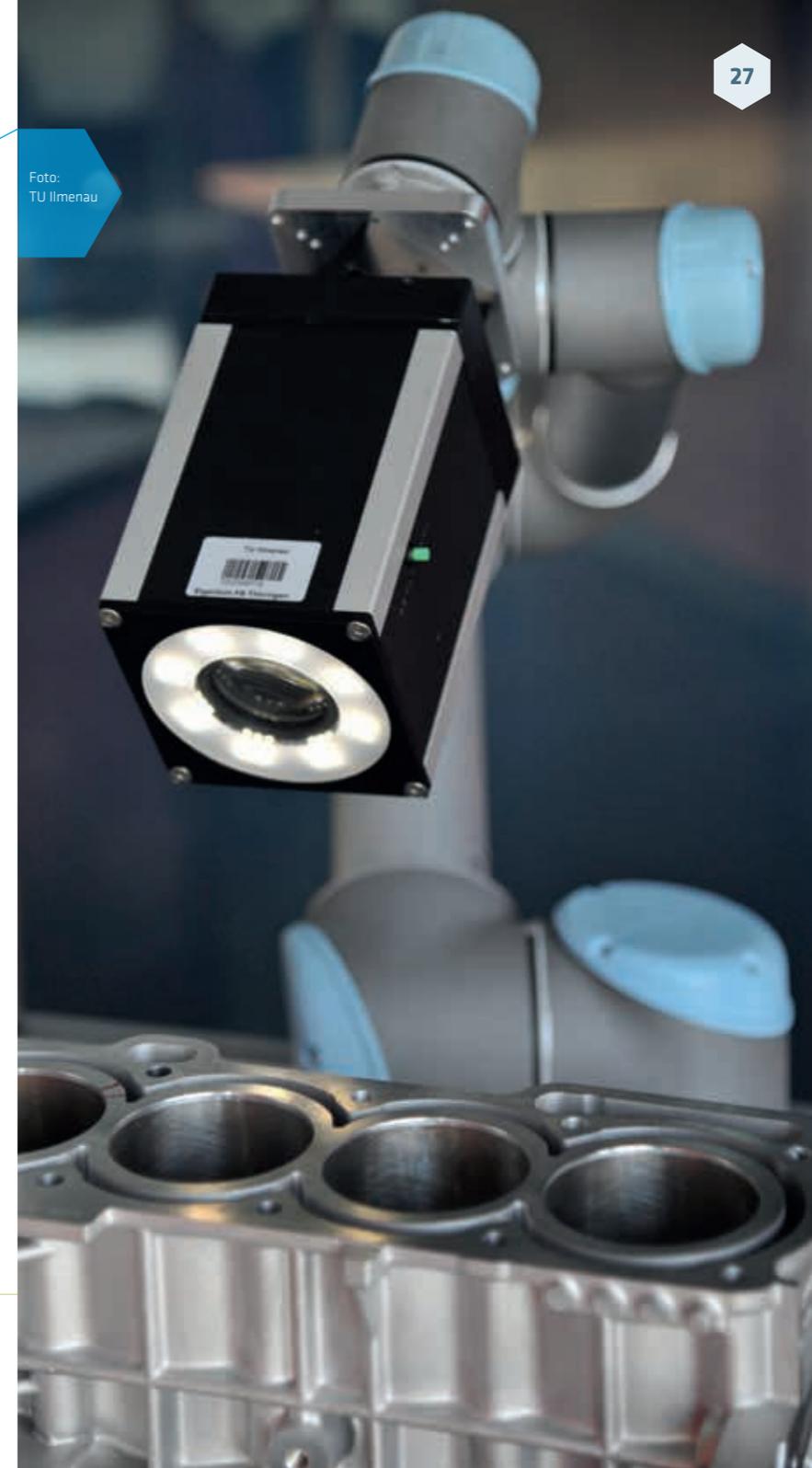
- Anwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz zur Fehlerdetektion und Prozessregelung



Sensoren sowohl im Werkzeug als auch in den maschinellen Verarbeitungssystemen der Kunststofftechnik sind ein Schlüssel für vernetzte, sich selbst regulierende Prozesse, die Fehler schon bei der Bauteilentstehung vermeiden.

Foto: HS Schmalkalden

Foto:
TU Ilmenau



TECHNOLOGIEFELDER zur Effizienzsteigerung



Konstruktion
und Simulation

Optimierung von
Prozessketten

Prozess-
stabilität

Ressourcen-
einsatz

- Werkstoffrecycling und Materialeinsparung in additiven Verfahren
- Effiziente Kühlschmierstoffkreisläufe in spanenden Verfahren
- Reparatur von Ausschuss



Sparsamer Ressourceneinsatz durch Werkstoff- und Betriebsmitteleffizienz

Nur etwa 1/3 des deutschen Jahresverbrauchs an Stahl, Kupfer und Aluminium wird durch Sekundärmaterial abgedeckt.

Neben der Realisierung maßgeschneiderter Werkzeuge bieten additive Verfahren eine hohe Energie- und Werkstoffeffizienz durch Verringerung von Materialverbrauch und Nachbearbeitung.

3,5% des Materialeinsatzes sind in der Metallverarbeitung Ausschuss. Reparaturen von Gussfehlern an hochwertigen Metallbauteilen senken kosteneffizient den Ausschuss.

KSS-Kosten machen bis zu 16% der Herstellungskosten von Fertigteilen aus. Dabei können bis zu 50% eingespart werden.

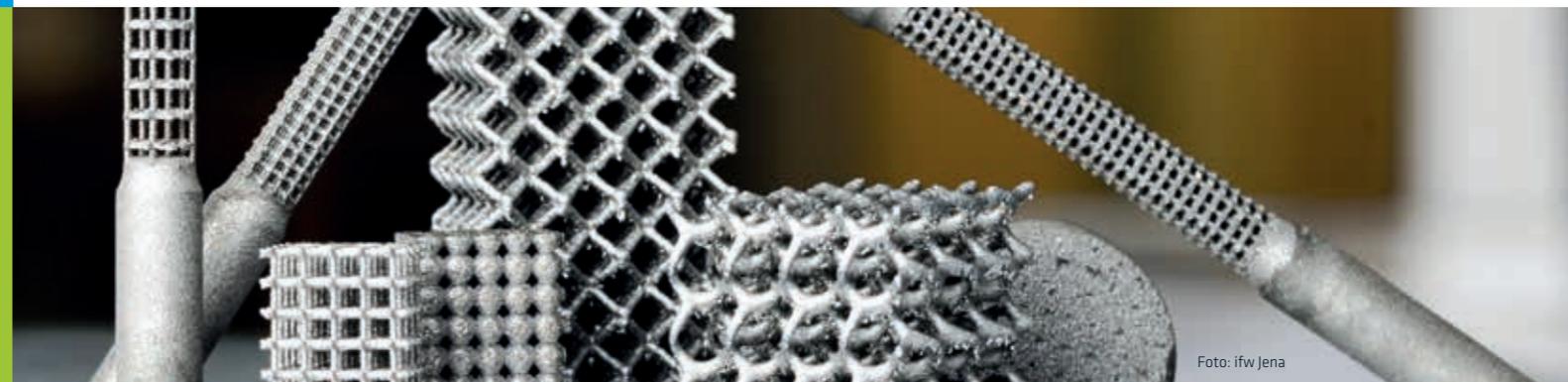
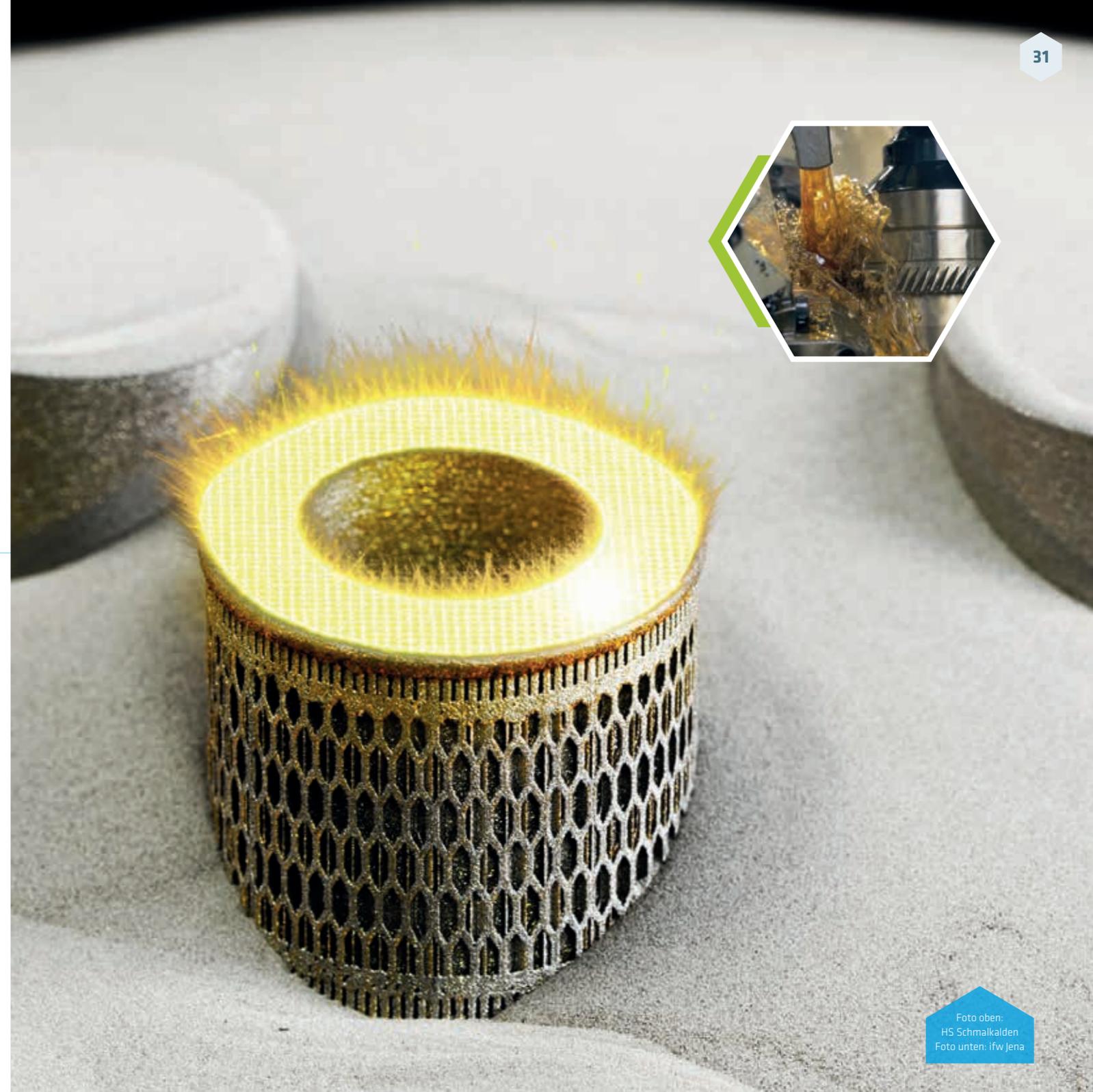
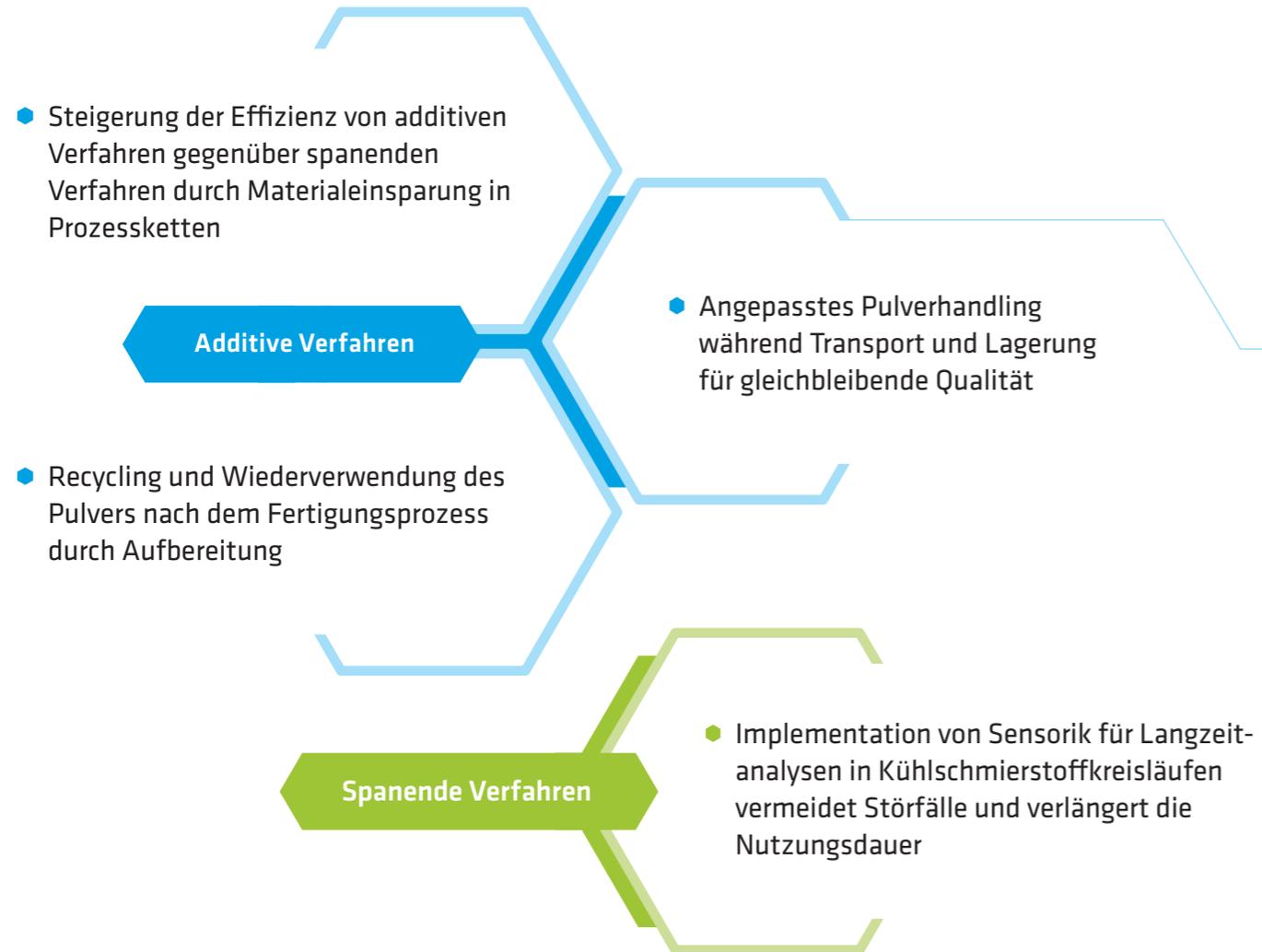


Foto: ifw Jena

ThZM Technologietransfer: Sparsamer Ressourceneinsatz



ThZM Technologietransfer: Sparsamer Ressourceneinsatz

- ◆ Instandsetzung von Gussfehlern hochwertiger Bauteilen durch Auftragschweißen

Reparatur von Ausschuss

- ◆ Erkennen der Fehler mittels Bildverarbeitung und Digitalisierung der Defektvolumen

- ◆ Automatisierte Planung der spanenden Vorbearbeitung und Schweißabfolge

- ◆ Laserbasierter Materialauftrag und anschließende Präzisionsbearbeitung durch spanende Verfahren

Die Instandsetzung von defekten aber hochwertigen Gusserzeugnissen in einer Prozesskette aus spanenden Verfahren und dem laserbasierten Reparaturschweißen verringert kosteneffizient den Ausschuss im Aluminiumdruckguss.



Netzwerkstruktur für eine stabile Wirtschaft

Die kleinteilig geprägte Unternehmenslandschaft des verarbeitenden Gewerbes in Thüringen ist überwiegend nur

- ➔ lokal unspezifisch oder
- ➔ überregional branchenabhängig vernetzt bzw. organisiert

z. B. in lokalen Sektionen der Mittelstandsverbände, regionalen Wirtschaftskammern und branchenspezifischen Industrieverbänden.

Zur Bildung von Wertschöpfungsnetzwerken werden gemeinsame Aktionen mit verschiedenen Netzwerken und Clustern in Thüringen initiiert:

- ➔ Gemeinsame Informationsveranstaltungen zu Querschnittsthemen für die Produktion
- ➔ Initiierung von branchenübergreifenden Unternehmenskooperationen
- ➔ Strategische Zusammenarbeit bei Zukunftsthemen wie Energie- und Ressourceneffizienz, Digitalisierung der Produktion und Funktionalisierung von Produkten
- ➔ Forschungsprojekte zwischen verschiedenen Clustern



Netzwerkstruktur für eine stabile Wirtschaft

Um auf die ökonomischen und ökologischen Erfordernisse der Zukunft gemeinsam zu reagieren, kooperieren die Netzwerke Thüringer Unternehmen branchenübergreifend über die „Cross-Cluster-Initiative Thüringen“ (CCIT). Zur Stärkung der regionalen Wertschöpfungsnetzwerke wird der Austausch zwischen Unternehmen und die Anbahnung neuer Kontakte gefördert.



CCIT

Cross-Cluster-Initiative
Thüringen

www.cci-thueringen.de



www.netzwerktimer-thueringen.de

Foto: medways e.V.



Störungen in Lieferketten führen in Unternehmen zu Zeit- und Geldverlust. Das Teilen von Produktionskapazitäten und weiteren Informationsressourcen in digital vernetzten, regionalen Peer-to-Peer-Produktionsnetzwerken ermöglicht die agile Umdisponierung in Echtzeit, um die Liefertreue sicherzustellen und darüber hinaus flexibel auf Markt- oder Unternehmensanforderungen zu reagieren.

Die daraus resultierende Prognosefähigkeit gestattet im Verbund auch die Annahme größerer Aufträge und eine dynamische Preisbildung, wodurch sich der Unternehmensumsatz nachhaltig skalieren lässt und damit den Wirtschaftsstandort Thüringen stärkt.

Quelle: Projekt „AgiPro“ (TU Ilmenau)

Das Thüringer Zentrum für Maschinenbau – ein gemeinsames Projekt von Forschungseinrichtungen in Thüringen:



www.eah-jena.de



www.gfe-net.net



www.hs-schmalkalden.de



www.ifw-jena.de



www.tu-ilmenau.de



Wir leisten konkrete Unterstützung bei Ihrer Problemstellung. Sprechen Sie uns gerne an!

Thüringer Zentrum für Maschinenbau (ThZM)
Koordinierungsstelle an der Technischen Universität Ilmenau
Ehrenbergstraße 29 | 98693 Ilmenau

E-Mail info@maschinenbau-thueringen.de
www.maschinenbau-thueringen.de





Maschinenbau

original

IN THÜRINGEN