

Projektbeschreibung

EMMA

“EMissionsneutrale MAssivumformung“

1. Inhaltliches Konzept des Netzwerks

1.1. Strategische Ausrichtung des Netzwerkes: Leitbild, Vision, Ziel

Die Branche Massivumformung ist durch ca. 250 kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) repräsentiert, welche schwerpunktmäßig massivumgeformte Stückgüter für die Automotive-Industrie und den Maschinenbau verarbeiten. Im Jahr 2019 haben die Unternehmen in Deutschland mit über 30.000 Beschäftigten knapp 2,6 Millionen Tonnen Stahl und Metall zu Bauteilen und Komponenten umgeformt. Dies entspricht ca. 11 % des weltweiten Produktionsanteils.

Der Energieeinsatz der Branche in Form von Erdgas und elektrischem Strom beläuft sich auf schätzungsweise 3,4 Terawattstunden. Dies entspricht ca. 6,2 Millionen Tonnen CO₂¹. Bezogen auf die Prozessschritte entfallen in der Warmmassivumformung fast 33 % des Gesamtenergieeinsatzes auf die Erwärmung der Vorform, 11 % auf die eigentliche Umformung, 26 % auf die Wärmebehandlung, 1 % auf den Werkzeugbau, 2 % auf die mechanische Bearbeitung sowie 27 % auf die sonstigen Unternehmensbereiche und -prozesse, z. B. Heizung der Produktionshallen.

Der Energieverbrauch der einzelnen Prozessschritte hat sich dabei seit 1990 bereits deutlich reduziert, siehe Abbildung 1. Allerdings wurde bisher die Entwicklung in Richtung CO₂-neutrale Produktion nicht aktiv vorangetrieben. Dieses Ziel wird jedoch sowohl politisch (Ukraine-Krieg, European Green Deal), gesellschaftlich (Fridays for Future) als auch wirtschaftlich (hohe Energiepreise im europäischen und weltweiten Vergleich, CO₂-Bepreisung) immer wichtiger.

Ziel des Netzwerkes ist es daher, durch neuartige Forschungsprojekte CO₂-neutrale Industrieprozesse zu ermöglichen. Hierzu werden unter Einbeziehung neuester wissenschaftlicher Technologien Lösungen entwickelt, welche die gesamte Prozesskette hinsichtlich Energie- und Ressourcenverbrauch aber auch Wirtschaftlichkeit optimieren.

¹ „Steigerung der Ressourceneffizienz in der Massivumformung durch Absicherung und Erweiterung der Verfahrensgrenzen beim Querkeilwalzen“ Labor für Massivumformung, Abschlussbericht, gefördert unter dem Az: 33234/01-24 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, 11.10.2019

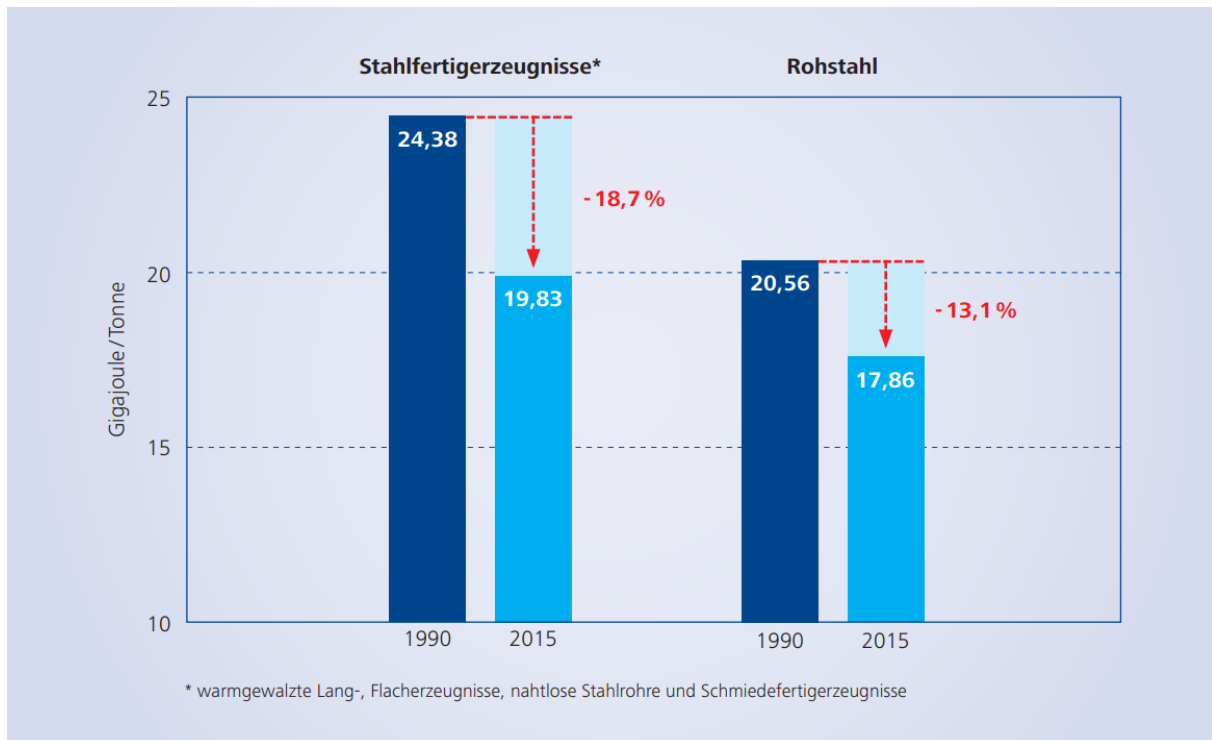


Abbildung 1: Spezifischer Primärenergieverbrauch².

1.2. Abgrenzung zu anderen Verbandsaktivitäten

Im Rahmen der Verbandsaktivitäten des Industrieverbandes Massivumformung kam der Wunsch auf, neue Aktivitäten in die Richtung "klimaneutrale Massivumformung" voranzutreiben. Hieraus entstand NOCARBforging 2050, die "Dachmarke" für alle Aktivitäten des Industrieverbandes Massivumformung zur Förderung einer klimaneutralen Massivumformung. Dazu zählen z.B.:

Projekt „FRED“ (Forging Footprint Reduction Tool) als Industrieinitiative zur Erstellung eines Bewertungstools zur Ermittlung eines massivumformspezifischen Product Carbon Footprint (PCF). Dieses Tool wird mittlerweile im Rahmen einer Ausgründung (FRED GmbH) als eigene Software angeboten (www.fred-footprint.de) und erlaubt die Berechnung des CO₂-Fußabdruckes für die Massivumformungs- aber auch die Zulieferer-Industrie, zertifiziert nach ISO 14067 und Greenhouse Gas Protocol.

ZIM-Innovationsnetzwerk „EMMA“ (EMissionsneutrale MASSivumformung) mit dem Ziel der Identifizierung von offenen Forschungsfeldern zur Erreichung einer klimaneutralen Massivumformung und Initiierung von Forschungsprojekten im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand ZIM und ggfs. weiteren Förderprogrammen (IGF, etc.).

² Stahlinstitut VDEh: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2016, Seite 10

Weitere angedachte Aktivitäten sind:

- z.B. Fachkonferenzen zum Thema klimaneutrale Massivumformung, u.A. mit Vorträgen aus der Forschungslandschaft der Massivumformung, so dass vorliegende Forschungsergebnisse zur CO₂-Minderung in der Massivumformung von der Industrie aufgegriffen und eingesetzt werden können
- z.B. Arbeitskreis des Verbandes zum Thema klimaneutrale Massivumformung
- z.B. Seminare zum Thema klimaneutrale Massivumformung
- z.B. eigenfinanzierte Studien zum Thema klimaneutrale Massivumformung
- z.B. politische Interessensvertretung zum Thema klimaneutrale Massivumformung

Abgrenzung „EMMA“ gegenüber „normalen“ Verbandsaktivitäten:

Der Industrieverband Massivumformung hat die satzungsgemäße Aufgabe, die fachlichen Interessen der Branche zu fördern. Die Verfolgung des Verbandszweckes kann beispielsweise durch

- technische Gemeinschaftsarbeit,
- wissenschaftliche Forschung,
- Erfahrungsaustausch,
- Beratung der Mitglieder über allgemein interessierende Fragen,
- Technologiemarketing,
- Veröffentlichungen,
- branchenspezifische Fort- und Weiterbildung,
- Statistiken zur Markt- und Konjunkturentwicklung der Branche oder
- Vertretung der Interessen der Gesamtheit der Mitglieder gegenüber Behörden und wirtschaftlichen Vereinigungen auf nationaler und internationaler Ebene

geschehen.

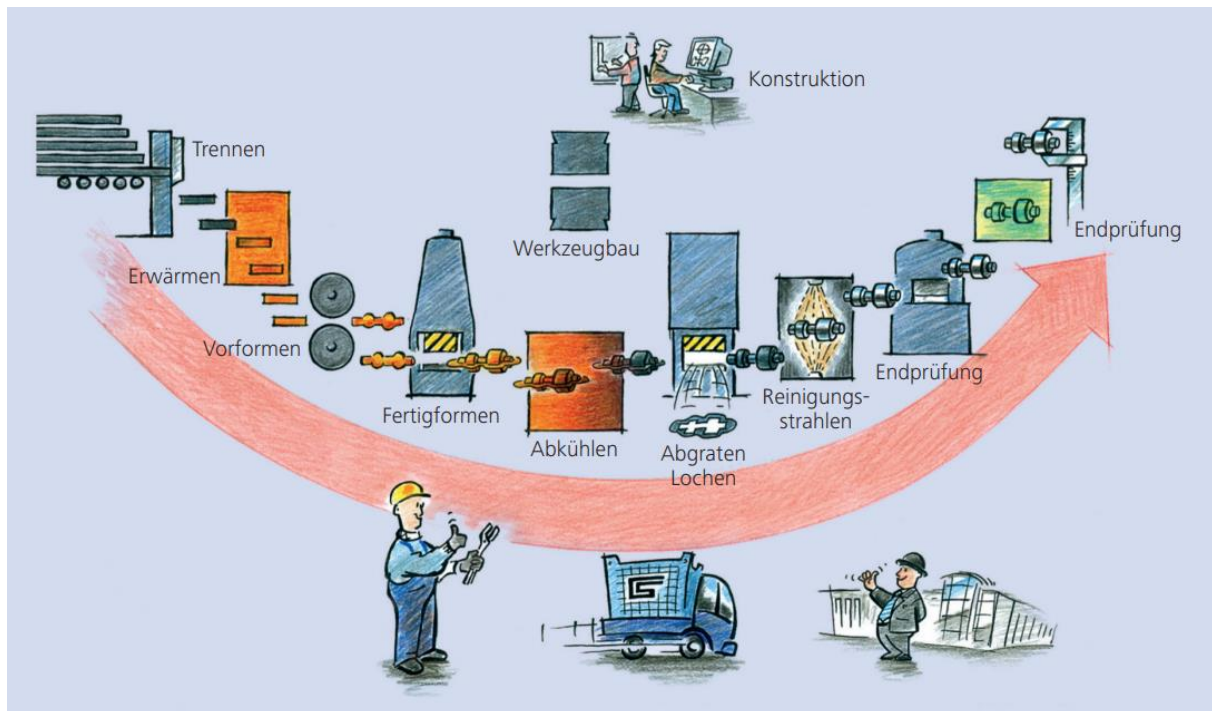
Die Initiierung, Organisation, Administration und Begleitung von geförderten Forschungsvorhaben durch den Verband konzentriert sich bisher auf Förderprogramme, die rein vorwettbewerblichen Charakter haben (IGF, DBU, etc.). ZIM-Projekte wurden daher bisher nicht initiiert. Mit dem EMMA-Netzwerkprojekt wurde bisher nicht begonnen.

Wichtig: Die Mitglieder des ZIM-Netzwerkes „EMMA“ sind sowohl bestehende IMU-Mitglieder als auch Nicht-IMU-Mitglieder. Den Nicht-IMU-Mitgliedern wird kein Nachteil durch die fehlende Verbandsmitgliedschaft entstehen. Für alle Partner wäre ohne die Förderung des ZIM-Netzwerkes der Mehrwert nicht möglich.

1.3. Bezug zu den förderpolitischen Zielen

Das Projekt verfolgt die Ziele der von der Bundesregierung ausgerufenen Hightech-Strategie 2025 zur Förderung von Forschung und Innovation und adressiert das Themenfeld „Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energie: Für die Generationen heute und morgen“ sowie die in dem Handlungsfeld verankerte Mission „Weitgehende Treibhausgasneutralität der Industrie“. Weiter unterstützt es den „Europäischen Grünen Deal“, das daraus hervorgehende „Europäische Klimaschutzgesetz“ sowie den „Klimaschutzplan 2050“ der Bundesregierung.

2. Darstellung der Netzwerkstruktur und Leistungsprofil der Netzwerkpartner



Das Netzwerk vereinigt die Kompetenzen von Akteuren entlang der gesamten Prozess- und Wertschöpfungskette. Das Netzwerk setzt sich verbandsübergreifend zum Start aus neun kleinen und mittleren Unternehmen zusammen sowie aus zahlreichen Instituten aus der Forschungslandschaft von Universitäten und der Fraunhofer Gesellschaft.

2.1. Netzwerkstruktur entlang der Wertschöpfungskette

Das Projektziel wird durch die zielgerichtete Zusammenarbeit im Netzwerk erreicht. Durch die Expertise der Projektpartner werden alle nötigen Kompetenzen entlang der Wertschöpfungskette abgedeckt. Daneben sollen weitere Akteure im Feld der CO₂-Einsparung wie Energieberater, Energieanbieter und Verbände wie die Forschungsvereinigung Stahlanwendungen e.V. (FOSTA), das Stahlinstitut VDEh und der Gesamtverband der Aluminiumindustrie (GDA) e.V. eingebunden werden. Auch die Forschungslandschaft ist eingebunden, um bestehende umsetzungsreife Forschungsergebnisse einzubringen, als auch um Ideen zur CO₂-Reduzierung, die noch weiter beforscht werden müssen, in ZIM-Projekte umzusetzen. Hier sind z.B. zu nennen:

- IFU Institut für Umformtechnik Uni Stuttgart,
- IOB Institut für Industrieofenbau RWTH Aachen,
- IWM Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Freiburg,
- IFM Institut für Metallverformung Uni Freiberg,
- IFUM Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen Uni Hannover und das
- LFM Labor für Massivumformung Hochschule Iserlohn.

3. Techn(olog)ische Inhalte des Netzwerksansatzes

3.1. Erläuterung der techn(olog)ischen Ziele / FuE-Aufgaben, des Innovationsgehaltes und der technischen Risiken

3.1.1. Stand der Technik

Das Thema „Reduzierung von CO₂-Emissionen“ beschäftigt die Branche der Massivumformung schon länger. Allerdings war dieses Thema vor allem in Richtung der Nutzungsphase massiv umgeformter Produkte besetzt und zeigte sich vor allem durch Leichtbauanstrengungen an den Erzeugnissen.

In den Produktionsprozessen der Massivumformung stand bisher das Thema „Energieverbrauch“ an einer sehr hohen Stelle, dies aber vor allem im Hinblick auf wirtschaftliche Fragen. Erst letztlich kam der Frage der Senkung des Product Carbon Footprints (PCF) eine höhere Bedeutung zu, vor allem getrieben durch quantitative Nachfragen der Kunden im Rahmen von Angebotsprozessen aber auch durch regulatorische Maßnahmen wie die CO₂-Besteuerung.

Eine gezielte Reduzierung von PCFs in einem ganzheitlichen Ansatz entlang der oben skizzierten (Kapitel 2) Prozesskette ist bisher noch an keiner Stelle angegangen worden. Einerseits gab es noch nie ein Forum oder ein Projekt, in dem dieses mit allen Beteiligten der Wertschöpfungskette versucht wurde, andererseits fehlte aber auch ein Werkzeug zur Berechnung des PCF mit genügender Detailtiefe für massiv umgeformte Produkte.

Da aus der „Dachmarke“ NOCARBforging 2050 nun der Rechner FRED (Forging Footprint Reduction Tool) zur Verfügung steht und damit die Möglichkeit, die Ausgangssituation auf Einzelproduktbasis detailliert darzustellen, kann im Rahmen dieses geplanten ZIM-Netzwerks mit den richtigen Partnern die Reduzierung der CO₂-Emission für diese Produkte konzentriert angestrebt werden. Dazu ist es besonders wichtig, dass alle Beteiligten in der Wertschöpfungskette (Werkstoffhersteller, Umformer, Wärmebehandler, Beschichter, Maschinen- und Anlagenhersteller, Forschungsinstitute) Teil des Projektes werden, damit gesamtheitliche Ansätze entwickelt, diskutiert und in Form von sich anschließenden ZIM-Projekten umgesetzt werden. Ein ZIM-Netzwerk ist für die avisierte Zusammenarbeit die beste Grundlage

Vor Projektstart wurden mit den Partnern erste Projektideen gesammelt, welche schnell (< 6 Monate) in konkrete Projekte überführt werden sollen. Diese sollen im Rahmen eines ersten Kick-Offs sowie entsprechenden Arbeitskreisen möglichst schnell in Förderprojekte (ZIM, IGF, etc.) umgesetzt werden. Dabei orientieren sich die Projekte an der Energieeffizienzsteigerung entlang der kompletten Prozesskette und lassen sich den folgenden Schwerpunkten zuordnen:

- Energieeffizienz durch Materialeffizienz
- Energieeffizienz durch neuartige, energieärmere Prozessketten
- Energieeffizienz durch neuartige Prozesssteuerung

In Summe wird durch die Projekte der Energiebedarf des Massivumformens deutlich gesenkt, was sowohl die Wirtschaftlichkeit der Prozesse als auch die Energiewende unterstützt.

3.1.2. Energieeffizienz durch Materialeffizienz: Automatische Optimierung Faserverlauf

Bedarf/Motivation: Der Faserverlauf eines Bauteiles bestimmt die internen Werkstoffeigenschaften. Ein intelligent ausgerichteter Faserverlauf führt dazu, dass ein Bauteil bei Überlastung nicht gleich durch Gewaltbruch versagt, sondern sich plastisch verformt, oder dass Bauteile bei Schwingbelastung eine höhere Dauerfestigkeit zeigen.

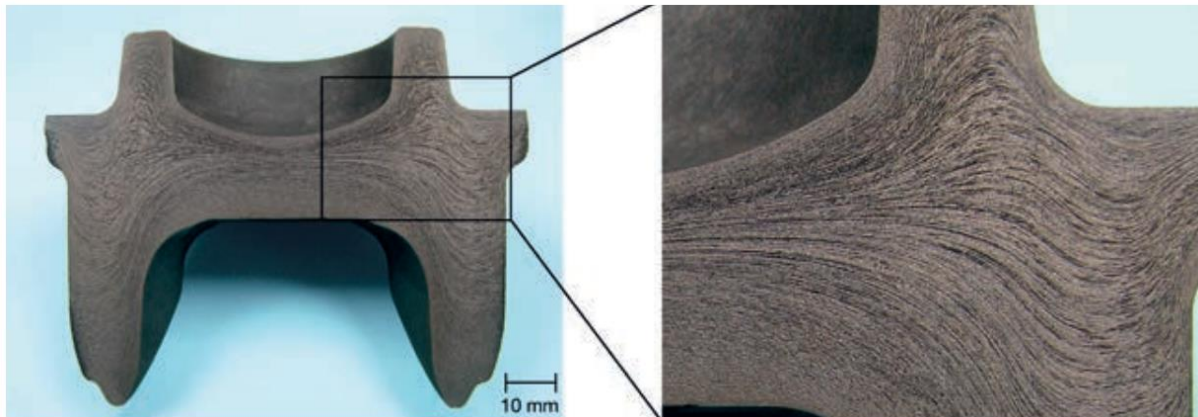


Abbildung 2: Faserverlauf in einem Massivumformbauteil.

Stand der Technik: Der Faserverlauf eines Bauteiles wird aktuell nur auf Basis von Erfahrungswissen, z. B. durch zerstörende Qualitätskontrollen, selten auch durch FEM-Simulationen optimiert. Dies bedeutet, dass Bauteile in mehr Schleifen als theoretisch notwendig entwickelt werden, um den benötigten Faserverlauf sicherzustellen.

Lösungsansatz und Vorteile: Ziel des Projektes ist ein besseres Verständnis der Veränderung des Faserverlaufes bei der Massivumformung und daraus abgeleitete Auslegungskriterien für CO₂- und Ressourceneffizienz und Leichtbau. Ermöglicht wird dies durch die Entwicklung einer neuartigen FEM-Berechnung des Faserverlaufes während des Umformprozesses. Des Weiteren ist es notwendig, für weitere Werkstoffe Belastbarkeitskennzahlen für statische und dynamische Belastung zu ermitteln, um die dreidimensionale Ausrichtung des Faserverlaufs relativ zur Belastung quantitativ im Hinblick auf die Eigenschaften des Bauteils abschätzen zu können.

Projektkonstellation: KMU der Massivumformung (Abbildung der Erfahrung, Quantifizierung der Prozesse, Entwicklung Auslegewerkzeug, Labor- und Feldversuche), KMU Softwareunternehmen (Entwicklung der FEM-Simulation, Entwicklung Algorithmen für Belastbarkeitskennzahlen, Labor- und Feldversuche, Breite Vermarktung) und mindestens eine Forschungseinrichtung (Abbildung Einfluss Massivumformung durch geeignete Parametermodelle)

Zeitlicher Verlauf:

- T+0: Start des ZIM-Netzwerkes. Kick-Off und Partnerfindung
- T+6 Monate: Ausarbeitung des Antrages und Einreichung (aufgrund der Dringlichkeit vermutlich ZIM)
- T+8 Monate: Projektstart, Laufzeit 1,5-2 Jahre
- T+30 Monate: Ende des Projektes, Nachweis der Funktionalität in Feldversuchen

T+36 Monate: Beginn der Vermarktung (Softwarelösung) an Unternehmen
der Massivumformung

Technische Risiken: Ein technisches Risiko ergibt sich aus der geplanten Kombination verschiedener Einflussfaktoren (Faserverlauf, CO₂- und Ressourceneffizienz, etc.) in einem Auslegewerkzeug. Hieraus ergibt sich eine komplexe Optimierungslandschaft, welche vermutlich durch iterative FEM-Simulationen mit unterschiedlichen Parametern aufgebaut werden muss. Hierzu müssen geeignete Suchraumeinschränkungen entwickelt werden, welche die Anzahl der notwendigen FEM-Simulationen maximal reduziert. Ggf. führen diese Einschränkungen jedoch dazu, dass nur lokale Minima identifiziert werden. Inwiefern diese gegensätzlichen Anforderungen – Anzahl der Simulationsläufe und damit Genauigkeit der Optimierungslandschaft sowie Schnelligkeit und damit auch Wirtschaftlichkeit des Auslegungswerkzeuges – im Projekt kombiniert werden können, ist bisher nicht absehbar.

Weiter kann es Situationen geben, in denen die umformtechnische Auslegung es nicht erlaubt, einen Faserverlauf so auszulegen, dass er in Bezug auf die Belastungen in Längsrichtung ausgerichtet ist. Dies kann auch der Fall sein, wenn die Belastungen auf das Bauteil in mehreren Raumrichtungen wirken. Es ist aber trotzdem anzunehmen, dass mit einer besseren Möglichkeit, den Faserverlauf zu simulieren, als auch mit mehr quantitativen Daten über die Auswirkung des Faserverlaufes auf die mechanischen Eigenschaften, die Grundlage für leichtere Bauteile mit geringerem Materialeinsatz für die Umformung optimierte Auslegungen in vermehrtem Maße durchgeführt werden

Spätere Verwertung: Mit der Verfügbarkeit besserer Grundlagen für die faserverlaufsoptimierte Auslegung werden Umformbetriebe in die Lage versetzt, die Masse von Umformbauteilen zu verringern, was Vorteile bzgl. CO₂-Emissionen beim Betrieb von z.B. Fahrzeugen darstellt. Leichtere Bauteile können i.d.R. auch mit geringerem Werkstoffeinsatz geschmiedet werden. Da die Werkstoffherstellung CO₂-Emissionen verursacht, führen verminderte Werkstoffverbräuche automatisch zu geringeren CO₂-Emissionen in der gesamten Prozesskette der Bauteilherstellung.

Marktpotential: Das entwickelte Softwaremodul zur Simulation des Faserverlaufes wird nach Projektende (ca. T+36 Monate) wirtschaftlich verwertet. Vergleichbare Systeme kosten ca. 10.000 € pro Lizenz. Die Branche Massivumformung besteht aus ca. 250 KMUs. Hinzu kommen Lohnfertiger, welche Umformungen im kleineren Maße durchführen, jedoch auch von dem System profitieren würden. Konservativ gehen wir von ca. 200 Firmen in Deutschland und ca. 1.000 Firmen in Europa aus, welche von dem System profitieren würden. Somit ergibt sich ein Marktpotential von ca. 10 Mio. €. Kurzfristig (d.h. 3 Jahre nach Beginn der Vermarktung) gehen wir von insgesamt 50 Firmen aus, welche das Auslegewerkzeug nutzen werden, d.h. ein Umsatzplus von 500.000 €.

3.1.3. Energieeffizienz durch neuartige, energieärmere Prozessketten: L²HD: Hoch duktiler

manganhaltiger luftabkühlbarer Stahl für den Ersatz von Vergütungsstählen bei Leichtbauteilen

Bedarf/Motivation: Bauteile, die heute aus Vergütungsstählen hergestellt werden, bieten den Vorteil, dass Sie ob ihrer Eigenschaften Leichtbau erlauben und so dabei mithelfen, Material einzusparen, welches also nicht mehr über CO₂-intensive Prozessketten hergestellt werden muss. Sie erfordern jedoch eine ebenfalls CO₂-intensive Wärmebehandlung, welche derzeit nur bei weniger festen Werkstoffen (AFP-Stählen) eingespart werden kann. Deshalb wurde ein Stahl entwickelt, der bei hohen

Festigkeiten und zyklischen Eigenschaften dennoch auf eine erneute Erwärmung für den Vergütungsprozess verzichten kann. Es bedarf nunmehr des Nachweises, dass aus diesen Werkstoffen Bauteile gefertigt werden können, welche im Vergleich zu den Referenzbauteilen aus Vergütungsstahl (z.B. 42CrMo4) ein verringertes Gewicht bei gleicher zyklischer Bauteilfestigkeit aufweisen.

Stand der Technik: Ausgehend von ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen (AFP) Stählen wurden zunächst unterschiedliche bainitische Stahl-Konzepte entwickelt, welche ihre Eigenschaften durch ein gezieltes Abkühlen nach dem Schmieden erreichen. Diese Konzepte umfassen die hochduktilen Bainite („HDB-Schmiedestahl“, IGF ZUTECH 260 ZN) sowie die TRIP-Schmiedestähle „TRIP-Schmiedestahl“ (IGF-374 ZN), wobei es sich um karbidfreie bainitische Stähle handelt, welche aufgrund des erhöhten Rest-Austenitgehalts während der Umformung verformungsinduziert Martensit bilden. Da für komplexe Bauteile eine gezielte bainitische Umwandlung aufgrund der unterschiedlichen, geometriebedingten Abkühlgeschwindigkeit nicht homogen verläuft, wurden in weiteren Projekten lufthärtende duktile Schmiedestähle (LHD) entwickelt, welche durch reine Luftabkühlung aus der Schmiedehitze Martensit bilden („LHD-Schmiedestahl“, AVIF A 276 und „LHD-Schmiedestahl 2“, IGF 27 EWN).

Lösungsansatz und Vorteile: Zusätzlich zu verringerten CO₂-Emissionen, weisen lufthärtende Stähle im Vergleich zu Vergütungsstählen geringere Eigenspannung sowie weniger Verzug auf. Dies resultiert in größeren Freiheitsgraden im Design von Schmiedebauteilen, da diese dünnwandiger ausgelegt werden können. In der Forschungsinitiative MassiverLeichtbau wurde aufgezeigt, dass die drastischsten Designkonzepte zurzeit nicht umgesetzt werden können, da die erforderlichen Werkstoffeigenschaften nur über Vergütungsstähle erzielt werden können. Bei Verwendung von klassischen Vergütungsstählen würden sich jedoch die Bauteile während des Abschreckens irreparabel verziehen. Hier schließt der neu entwickelte LHD die Lücke zwischen Werkstoffeigenschaften und Prozessierbarkeit.

Projektkonstellation: KMU der Massivumformung (Materialuntersuchungen, Entwicklung LHD, Entwicklung Bearbeitungsprozesse, Labor- und Feldversuche, Breite Vermarktung), KMU Endnutzer (Abbildung der Anforderungen an LHD, Entwicklung nachfolgender Bearbeitungsprozesse, Labor- und Feldversuche, Breite Vermarktung der Endprodukte), eine angewandte Forschungseinrichtung z. B. Fraunhofer LBF oder IWM oder Helmholtz (Erforschung und Optimierung Materialverhalten, Erforschung und Optimierung Energieeinsatz)

Zeitlicher Verlauf:

- T+0: Start des ZIM-Netzwerkes. Kick-Off und Partnerfindung
- T+3 Monate: Ausarbeitung des Antrages und Einreichung (aufgrund der hohen Material- und Investitionskosten ggf. KMU-innovativ)
- T+12 Monate: Projektstart, Laufzeit 2-3 Jahre
- T+3-4 Jahre: Ende des Projektes, Nachweis der Funktionalität in Feldversuchen
- T+4 Jahre: Beginn der Vermarktung

Technische Risiken: Mit einer Substitution der Vergütungsstähle durch manganhaltige luftabkühlbare Stähle ist nur dann zu rechnen, wenn diese Stähle bei gesamtwirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit die beschriebene Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen können. Das aktuelle LHD-Legierungskonzept weist für Stranggussanlagen ungewohnte hohen Legierungsgehalte an Mangan und Aluminium auf.

Ein technisches Risiko ergibt sich aus der Verarbeitung der Materialien. Die Gefährlichkeit steigt üblicherweise mit der Größe der Oberfläche der metallischen Aggregate. Während kompakte, massive Metallstücke außer bei Einwirken von Säuren, Laugen oder heißem Wasser oder bei Erhitzen über die Schmelztemperatur (Involvierung in ein Brandgeschehen) kaum gefährlich reagieren, weisen kleinteilige Metallpartikel wie Pulver, Metallkörner und feine Späne wegen der wesentlich höheren Oberfläche eine Reihe gefährlicher Eigenschaften auf, die es nicht nur bei der Produktion, sondern auch bei der Wiederverwertung und bei der Abfallbehandlung zu beachten gilt.

Somit ergeben sich auch hier unterschiedliche Anforderungen aus Sicht der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit (Entsorgung, Anpassung der Bearbeitungsprozesse) aber auch aus Materialtechnischer und Ökologischer Sicht. Inwiefern diese Anforderungen kombiniert werden können, ist bisher nicht abzusehen.

Spätere Verwertung: Nach erfolgreicher Verifizierung der großindustriellen Umsetzbarkeit, können die neuen Werkstoffe vielseitig eingesetzt werden, um gängige hochfeste Vergütungsstähle zu ersetzen. Beispielhafte Anwendungen sind Fahrwerk sowie Antriebsstrang in der Automobiltechnik.

Marktpotential: Die Automobilindustrie verwendet aktuell ca. 3,7 Mio. Tonnen Stahl pro Jahr, mit einem Preis von etwa 2,5 Milliarden € (aktuell 700 €/Tonne Stahl). Wir gehen konservativ davon aus, dass ca. 20 % des Stahls problemlos ersetzt werden kann, was ein Marktvolumen von ca. 500 Mio. € ergibt. Etwa 30 Prozent der CO₂-Emissionen in der Produktion eines PKW entfallen auf Stahl. Bei einer Reduzierung der CO₂-Emissionen pro Referenztonne Stahl um ca. 40 % entsprechen dies Einsparungen von ca. 500 kt CO₂.

3.1.4. Energieeffizienz durch neuartige, energieärmere Prozessketten: Einsparung von Wärmebehandlungen in der Prozesskette, z.B. Wegfall Weichglühen / Induktivhärten durch Spline-Forming von (luft-)hartem Werkstoff

Bedarf/Motivation: Viele massiv umgeformte Bauteile benötigen für ihre Funktion eine Steckverzahnung (sogenanntes *Spline*) zur Drehmomentübertragung. Zur Herstellung solcher Teile wird heute umgeformt, und dann je nach Werkstoff und Umformtemperatur weichgeglüht, so dass im weichen Zustand die Verzahnung zerspannt oder durch umformende Verfahren (walzen, pressen) aufgebracht werden kann.

Stand der Technik: Kürzlich abgeschlossene Projekte zeigen, dass mit speziellen Umformverfahren (z.B. dem pulsierenden Fließpressen mit Rückhub) Splines auch auf nicht-weichgeglühtem Werkstoff eingearbeitet werden können. Verantwortlich dafür scheint die Zuführung von frischem Schmierstoff zu sein, welcher die Umformkräfte reduziert und die Werkzeugbelastung in Grenzen hält. Auch die Duktilität des umzuformenden Werkstoffes scheint im nicht-weichgeglühten Zustand ausreichend hoch zu sein, um in der druckspannungsbasierten Umformung nicht zu Aufreißen oder anderweitigem duktilen Werkstoffversagen zu führen. Die bisherigen Erkenntnisse haben aber bisher stichprobenartigen Charakter (ein Werkstoff, ein Festigkeitszustand, eine Geometrie). Zudem war in diesem Projekt zwar nicht-weichgeglühter Werkstoff verarbeitet worden; typischerweise weisen Spline-Verzahnung aber höhere Härte auf.

Lösungsansatz und Vorteile: In diesem Projekt wird es notwendig sein, die Belastbarkeit von Spline-Verzahnung auch mit Härten unterhalb derer, die typischerweise durch Einsatz- oder Induktivhärten eingestellt wird, zu erarbeiten. Zudem wird es notwendig sein, das Einbringen von Splines auch bei noch höheren Härten zu untersuchen, als dies im o.g. Projekt durchgeführt wurde. Ergebnis ist ein neuartiges Bearbeitungsverfahren für die wirtschaftliche und CO₂-sparende Fertigung von Spline-Verzahnungen.

Projektkonstellation: KMU der Massivumformung (Untersuchung und Entwicklung des Bearbeitungsprozesses, Ggf. Anpassung oder Neuentwicklung Maschinen, Entwicklung Prozessverfahren, Labor- und Feldversuche, Einsatz im eigenen Unternehmen und Vermarktung), Forschungseinrichtung (Entwicklung Bearbeitungsmodell, Materialuntersuchungen) z.B. PtU der Uni Darmstadt

Zeitlicher Verlauf:

- T+0: Start des ZIM-Netzwerkes. Kick-Off und Partnerfindung
- T+3 Monate: Ausarbeitung des Antrages und Einreichung (aufgrund der Dringlichkeit vermutlich ZIM)
- T+6 Monate: Projektstart, Laufzeit 2 Jahre
- T+30 Monate: Ende des Projektes, Nachweis der Funktionalität in Feldversuchen
- T+36 Monate: Beginn der Vermarktung (Bearbeitungsverfahren) an Unternehmen der Massivumformung

Technische Risiken: Mit höheren Umformhärten steigt das Risiko, dass die Werkzeugbelastung über wirtschaftlich erträgliche Werte ansteigt. Ebenso steigt das Risiko, dass die Duktilität des Werkstoffes so abfällt, dass die Umformung von Rundgeometrien auf verzahnte Profile nicht mehr ohne Werkstoffversagen durchgeführt werden kann. Diese Prozessgrenzen müssen erarbeitet werden, im Hinblick auf benötigte Werkstofffestigkeiten für die Tragfähigkeit von Splineverzahnungen in typischen Anwendungen. In Summe ergeben sich jedoch auch hier gegensätzliche Anforderungen: eine Bearbeitung mit geringeren Temperaturen ist hinsichtlich der Energie wirtschaftlicher, stellt jedoch höhere Anforderungen an die Werkzeuge und Qualität. Inwiefern hier eine optimale Kombination gefunden werden kann, ist bisher nicht absehbar.

Spätere Verwertung: Wenn die Umformung von nicht weichtgeglühtem Werkstoff ermöglicht wird, und Festigkeiten lufttharter, verformter (und damit zudem kaltverfestigter) Werkstoffe für typische Anwendungen ausreichen, dann kann auf die heutigen Wärmebehandlungsverfahren Induktivhärten oder Einsatzhärten zur Herstellung solcher Verzahnung verzichtet werden und damit eine signifikante Energiemenge eingespart werden.

Marktpotential: Bezogen auf die Prozessschritte entfallen in der Warmmassivumformung fast 33 % des Gesamtenergieeinsatzes auf die Erwärmung der Vorform, d. h. ca. 100 Millionen € pro Jahr. Sollte es gelingen, diesen Energieeinsatz um nur 20 % zu reduzieren, entspricht dies bereits Einsparungen von ca. 20 Mio. € im Jahr. Die Vermarktung kann dabei über Lizenzkosten erfolgen, wobei im Idealfall nur 5 % der eingesparten Kosten fällig werden, was ca. 1 Mio. € im Jahr entspricht.

3.1.5. Energieeffizienz durch bessere Prozesssteuerung: Induktion 4.0: Optimale Steuerung von Induktionsöfen auf Basis von Produktionsdaten vorheriger Fertigungslose

Bedarf/Motivation: 33 % des Gesamtenergieeinsatzes im Bereich der Massivumformung entfallen aktuell auf die Erwärmung der Vorform. Hierauf entfällt also das größte Einsparpotential bei der Energieoptimierung, ca. 1,8 Millionen Tonnen CO₂.

Stand der Technik: Die Induktionserwärmanlage stellt der Schmiedepresse im benötigten Takt erwärmte Abschnitte zur Verfügung. Kommt es an der Schmiedepresse zu einer Störung (Transfer, Auswerfer, Kraftüberschreitung, aber gelegentlich auch Fehlmeldungen durch verschiedene Sensoren), fährt die Induktionsanlage i.d.R. einfach weiter und die erwärmten Abschnitte, die weiter ausgestoßen werden, fallen über eine Weiche in eine Schmiedekiste zur Abkühlung und Wieder-Erwärmung. Die Wärmeenergie geht in die Umgebung und ist verloren. Erst wenn der Bediener aktiv die Induktion abstellt, werden keine Abschnitte weiter erwärmt. Dadurch steigt aber die Zeit, bis die Presse wieder angefahren werden kann, da die Induktion geleert und neu bestückt werden muss, was den Nutzungsgrad der Presse mindert, aber auch dazu führt, dass die fast vollständig oder halb erwärmten Stücke im Induktionsofen abkühlen, bevor sie wiedererwärmt werden. Der Bediener muss also abschätzen, ob es wirtschaftlicher ist, den Erwärmofen abzustellen oder nicht. Trifft er die falsche Wahl, so wird Energie unnötigerweise verbraucht.

Lösungsansatz und Vorteile: Auf Basis von vorherigen Produktionsdaten könnte eine Korrelation erstellt werden (ggf. auch auf KI-Basis), bei welcher Art an Störung auf genau dieser Pressenlinie mit welcher Stillstandszeit zu rechnen ist. Damit ließe sich das Optimum erzielen, möglichst wenige Abschnitte der Abkühlung und Wiedererwärmung unterziehen zu müssen.

Projektkonstellation: KMU der Massivumformung (Erfassung historische Prozessdaten, Erfassung Kosten und CO₂-Einfluss, Entwicklung automatische Optimierung Prozess, Entwicklung Prozesssteuerung, Labor- und Feldversuche, Einsatz im eigenen Unternehmen und Vermarktung), eine oder mehrere Forschungseinrichtung(en) (Entwicklung KI-Modell, Training und Optimierung, Materialuntersuchungen) z.B. etp der Uni Hannover

Zeitlicher Verlauf:

- T+0: Start des ZIM-Netzwerkes. Kick-Off und Partnerfindung
- T+3 Monate: Ausarbeitung des Antrages und Einreichung (aufgrund der Dringlichkeit vermutlich ZIM)
- T+6 Monate: Projektstart, Laufzeit 2 Jahre
- T+30 Monate: Ende des Projektes, Nachweis der Funktionalität in Feldversuchen
- T+36 Monate: Beginn der Vermarktung (Bearbeitungsverfahren) an Unternehmen der Massivumformung

Technische Risiken: Ein technisches Risiko ergibt sich aus der Nutzung von KI-Algorithmen. Idealerweise werden hierbei "unsupervised learning" Algorithmen eingesetzt. Diese ermöglichen es zum einen, verschiedenste Prozesse abzubilden, sodass die verschiedenen Prozesse bei Firmen abgebildet werden können. Zum anderen benötigen sie wenig Expertenwissen, sodass ein "mitlernendes" System auch für KMU ermöglicht wird. Auf der anderen Seite stellen diese Systeme jedoch eine "Black Box"

dar, d.h. es ist nicht vollständig nachvollziehbar, welche Parameter zur Entscheidungsfindung genutzt werden. Hierbei ist die Auswahl der Trainingsdaten extrem wichtig, sodass bspw. auch selten auftretende Fälle trainiert und manuell deren Wichtigkeit angepasst wird. Hier kann es jedoch auch zu "Übersensibilisierungen" kommen. Inwiefern eine Prozesssteuerung ohne aufwendiges manuelles Training oder aber Fehlreaktionen bei automatischem Training möglich ist, kann aktuell nicht abgesehen werden.

Weiter sind Pressen heutzutage selten digitalisiert, sodass wenige oder keine Sensorinformationen vorliegen bzw. die Granularität stark variiert. Es muss untersucht werden, ob die Produktionsdaten an Pressen genügend granular vorliegen, um eine sichere Abschätzung über die energieoptimale Entscheidung „Induktion an oder aus bei Stillstand durch Störung“ treffen zu können. Hierbei müssen vermutlich geeignete Filterfunktionen entwickelt werden, welche fehlende Sensorinformationen extrapolieren aber auch falsche Sensorinformationen, bspw. Ausreißer, glätten. Inwiefern beide Anforderungen erfüllt werden können, ist bisher nicht absehbar.

Spätere Verwertung: Wenn es möglich ist, eine energieoptimierte Entscheidung auf Basis von vorherigen Produktionsdaten zu treffen, kann dieses Entscheidungssystem in die Steuerung der Pressenlinie (Zuführung, Induktionsofen, Presse, weitere Peripherie) implementiert werden. Meldet die Presse dann eine Störung, kann die Steuerung auf Basis des Störungstyps entscheiden, ob der Induktionsofen weiterfährt oder abgestellt wird, um über alle Störungen hinweg eine minimale Anzahl an unnötig erwärmten Abschnitten zu erzielen. Da dieses direkt nicht nur energie- sondern auch kosteneffizient ist (Verringerung des Verbrauchs elektrischer Energie) wird dafür eine hohe Akzeptanz erwartet.

Marktpotential: Bezogen auf die Prozessschritte entfallen in der Warmmassivumformung fast 33 % des Gesamtenergieeinsatzes auf die Erwärmung der Vorform, d. h. ca. 100 Millionen € pro Jahr. Sollte es gelingen, diesen Energieeinsatz um nur 10 % zu reduzieren, entspricht dies bereits Einsparungen von ca. 10 Mio. € im Jahr. Auch hier kann die Vermarktung dabei über Lizenzkosten erfolgen, wobei im Idealfall nur 5 % der eingesparten Kosten fällig werden, was ca. 500.000 € im Jahr entspricht.

3.1.6. Energieeffizienz durch neuartige, energieärmere Prozesskette: Senkung des Energiebedarfs von Pressen der Massivumformung durch Einsatz von Servotechnologie – in der Neumaschine oder in Nachrüstung/Überholung

Bedarf/Motivation: Senkung des Energiebrauchs zum Antrieb von Pressen

Stand der Technik: Umformpressen werden überwiegend durch Schwungmassen angetrieben, die ein- und auskuppeln und damit den Stößel bewegen. Dies wurde historisch so durchgeführt, damit die Antriebsmotoren nicht punktuell hohe Momente und damit Antriebsströme benötigen. Durch moderne Antriebstechnik sind solche hohen Leistungen aber darstell- und steuerbar, so dass es zum vermehrten Einsatz von Direktantrieben kommt. Direktantriebe sind nun in der Lage, mechanische Energie beim Abbremsen des Stößels, die bisher durch Bremsen vernichtet wurde, durch Rekuperation wieder in speicherbare elektrische Energie rückzuwandeln.

Lösungsansatz und Vorteile: Der mechanische Aufbau von Schwungrad- oder Servopressen unterscheidet sich in einigen Maschinenbereichen, aber Ständer und Stößel sind im Wesentlichen

gleich. Unklar ist heute aber, ob Nachrüstungen von Pressen, die aus einer konventionellen Presse eine Servopresse machen, wirtschaftlich sinnvoll sind, wobei neben den Energieeinsparungen auch die weiteren Vorteile der Servotechnologie (Erhöhung der Ausbringung) berücksichtigt werden muss. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Retrofit-Systems, welches es ermöglicht mind. 30 % der bestehenden Pressen umzurüsten.

Projektkonstellation: KMU der Massivumformung, KMU Maschinenhersteller (Untersuchung bestehende Pressen, Untersuchung und Entwicklung modulare Direktantriebssysteme, Optimierung Rekuperation, Entwicklung Retrofit-System, Labor- und Feldversuche, Einsatz im eigenen Unternehmen und Vermarktung) und ein Institut für das Thema Maschinenbau z.B. WZL Lehrstuhl Werkzeugmaschinen der RWTH Aachen oder IFUM Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Uni Hannover

Zeitlicher Verlauf:

- T+0: Start des ZIM-Netzwerkes. Kick-Off und Partnerfindung
- T+5 Monate: Ausarbeitung des Antrages und Einreichung (aufgrund der Größe vermutlich ZIM)
- T+6 Monate: Projektstart, Laufzeit 2-3 Jahre
- T+30 Monate: Ende des Projektes, Nachweis der Funktionalität in Feldversuchen
- T+36 Monate: Beginn der Vermarktung (Retrofit-System) an Unternehmen der Massivumformung

Technische Risiken: Ein technisches Risiko ergibt sich aus der Art der Energieabgabe. Während Schwungmassen langsam "aufgeladen" werden entstehen bei Direktantrieben hohe Spannungsspitzen, welche zu hohen Kosten in der Energiebereitstellung führen. Hierbei muss untersucht werden, ob zwischengeschaltete Puffer, z. B. Kapazitäten, diese Spitzen abfangen können. In diesem Fall steigen jedoch die Anforderungen an die Modularität des Systems. Inwiefern vor diesem Hintergrund ein wirtschaftliches Retrofit-System erreicht werden kann, welches trotzdem verschiedenste Pressen abbildet, ist noch unklar.

In der Zusammenarbeit zwischen Pressenherstellern und Umformern muss erarbeitet werden, bei welchen Konstellationen die Umrüstung einer konventionellen zu einer Servopresse sinnvoll ist. Es handelt sich hier weniger um ein technisches, als um ein Transparenz-/Offenheitsrisiko.

Spätere Verwertung: Stellt sich heraus, dass die Umrüstung von konventionellen zu Servopressen technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, so können Zeitpunkte der Presseninstandhaltung / -wartung dazu genutzt werden, Pressen in einen moderneren, energieeffizienteren Zustand zu bringen.

Marktpotential: Bezogen auf die Prozessschritte entfallen auf die Umformung ca. 11 % des Gesamtenergieeinsatzes, d. h. ca. 33 Millionen € pro Jahr. Durch Direktantriebe kann der Verbrauch um ca. 20% gesenkt werden, was bei einer Umrüstung von 30 % der Pressen ca. 2 Mio. € im Jahr entspricht.

3.1.7. Reduzierung von CO₂-Emissionen bei Erwärmungs- und Glühvorgängen durch den Einsatz von Wasserstoff

Bedarf/Motivation: Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Erwärmung/Glühbehandlungen

Stand der Technik: Die Erhitzung von Werkstoff findet an mehreren Stellen in der massivumformtechnischen Prozesskette statt. Sei es die Erwärmung von Blöcken oder vorgeschmiedeten Bauteilen für das Freiformschmieden, sei es die Erwärmung von geschmiedeten Bauteilen zur Durchführung von Wärmebehandlungsprozessen (Rekristallisieren, Weichglühen, Vergüten, Isothermglühen, Lösungsglüh- oder Auslagerungsprozesse). Die o.g. Prozesse finden heute i.d.R. in gasbefeuelten Öfen statt, die weitgehend mit Erdgas betrieben werden, bei dessen Verbrennung zwei Teile Wasser und ein Teil CO₂ entsteht.

Lösungsansatz und Vorteile: Die Erhitzung von Werkstoff durch Verbrennung kann auch mit Wasserstoff geschehen. Im Bereich des Industrieofenbaus sind hierzu schon erste Ansätze sichtbar. Die Anwendung für die o.g. Prozesse, die Teil der Wertschöpfungskette der Massivumformung sind, ist aber noch nicht untersucht (Verzunderungsverhalten, unerwünschte Wasserstoffaufnahme in den Werkstoff, Handhabbarkeit, Verschleiß der Öfen, ...). Ziel des Projektes ist die exemplarische Entwicklung eines ErwärmungsOfens, welcher mittels Wasserstoffes betrieben wird.

Projektkonstellation: KMU der Massivumformung (Abbildung der Anforderungen, Entwicklung der Prozesse, Labor- und Feldversuche), KMU Ofenbauer (Entwicklung Wasserstoff-Ofen, Labor- und Feldversuche, Breite Vermarktung), ggf. Unterstützung durch eine Forschungseinrichtung (Optimierung Wasserstoffumwandlung) und ein Institut zum Ofenbau z.B. IOB der RWTH Aachen

Zeitlicher Verlauf:

- T+0: Start des ZIM-Netzwerkes. Kick-Off und Partnerfindung
- T+4 Monate: Ausarbeitung des Antrages und Einreichung (aufgrund der Materialintensität vermutlich KMU-innovativ)
- T+12 Monate: Projektstart, Laufzeit 2 Jahre
- T+36 Monate: Ende des Projektes, Nachweis der Funktionalität in Feldversuchen
- T+40 Monate: Beginn der Vermarktung an Unternehmen der Massivumformung

Technische Risiken: Ein kritischer Aspekt ist die Wasserstoffreinheit. Stichprobenartige Messungen in der Vergangenheit haben gezeigt, dass aktuell vertriebener Wasserstoff Verunreinigungen wie Schwefel, CO und andere Kohlenwasserstoffe enthält, welche die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellen beeinflussen und diese ggf. Auch schädigen. Ein möglicher Lösungsansatz ist der Einsatz im offenen Betrieb. Durch den sogenannten "Gaspurge" werden dabei Verunreinigungen wieder entfernt. In diesem Fall ist das System jedoch ca. 50% ineffizienter als bei geschlossenem Ausgang. Im geschlossenen Ausgang wiederum nimmt die generierte Energie kontinuierlich ab, bis die Kammer mit neuem Wasserstoff gefüllt wird. Hierbei ergeben sich somit gegensätzliche Anforderungen. Erste Forschungsarbeiten haben dabei gezeigt, dass ein hybrider, intelligenter Einsatz möglich ist. Inwiefern dies jedoch vor dem Hintergrund der notwendigen hohen Energie sowie der hohen Temperaturstabilität möglich ist, kann bisher nicht abgesehen werden.

Spätere Verwertung: Mit der Verfügbarkeit grünen Wasserstoffs und bei Erhöhung des Preises für CO₂-Zertifikate wird sich die Wasserstoffnutzung in der Massivumformindustrie direkt ergeben. Die Verwertung der angestrebten Erkenntnisse wird geradlinig umgesetzt.

Marktpotential: Bezogen auf die Prozessschritte entfallen in der Warmmassivumformung fast 33 % des Gesamtenergieeinsatzes auf die Erwärmung der Vorform. Bei einem Preis von 25 €/t CO₂ entspricht das Kosten durch den Brennstoffemissionshandel von etwa 4,5 Millionen Euro im Jahr 2021. Diese Kosten können durch ein entsprechendes System eingespart werden.

3.2. Weitere Ideen, die bisher nicht ausformuliert sind

3.2.1. Einfluss der Massivumformung auf Dauerfestigkeit von Aluminium und Übertrag in die Leichtbauauslegung von Bauteilen (DigiMass IWU-LBF)

3.2.2. Weiterentwicklung von Umformverfahren zur Reduzierung des Materialeinsatzes

3.3. Beschreibung der Rolle der Netzwerkpartner bei der Umsetzung der Ziele und Darstellung der Synergiepotenziale (gemäß Anlage 7.2.)

Jeder Projektpartner bringt seine Kompetenz und Erfahrung in das EMMA-Netzwerkprojekt und die jeweilige Arbeitsgruppe/das jeweilige Projekt ein. Er arbeitet an der Entwicklung neuer Prozess- und Verfahrensentwicklungen für eine CO₂-neutrale Produktion aktiv mit. Die Arbeitsteilung in den einzelnen Arbeitsgruppen muss von den Teilnehmern festgelegt werden. Die Projektpartner nehmen an den Arbeitsgruppensitzungen und Status-Workshops teil. Für jede Arbeitsgruppe wird ein Sprecher benannt. Dieser ist der Ansprechpartner für das Projektmanagement. Die Sprecher können auch zu den Evaluierungen und zum Qualitätsmanagement hinzugezogen werden. Alle Projektpartner bringen auch ihre technischen Fähigkeiten und Arbeitsgrundlagen entsprechend ihrer Position in der Wertschöpfungskette ein (z. B. Geräte, Softwarelösungen, Informationen zur Fertigung, usw.).

4. Wirtschaftliche Ziele des Netzwerkes

Die zunehmenden internationalen Unterschiede in den Energiekosten, respektive den Stromkosten, werden immer mehr zum Standortfaktor für die Produktionsstätten der Massivumformung. Eine Betrachtung der Strompreise inkl. der politischen Strompreisbestandteile, zeigt, dass die deutschen Industriestrompreise im europäischen Vergleich nicht wettbewerbsfähig sind. Im internationalen Vergleich liegt China in etwa auf dem deutschen Niveau, die nordamerikanischen Märkte sowie Südkorea unterbieten die europäischen Preise für Erzeugung und Transport jedoch teilweise deutlich. Hauptursache dafür ist der unterschiedliche Strommix sowie ein günstiger Preis für die Energieträger Erdgas/-öl in Nordamerika bzw. Kohle in Asien.

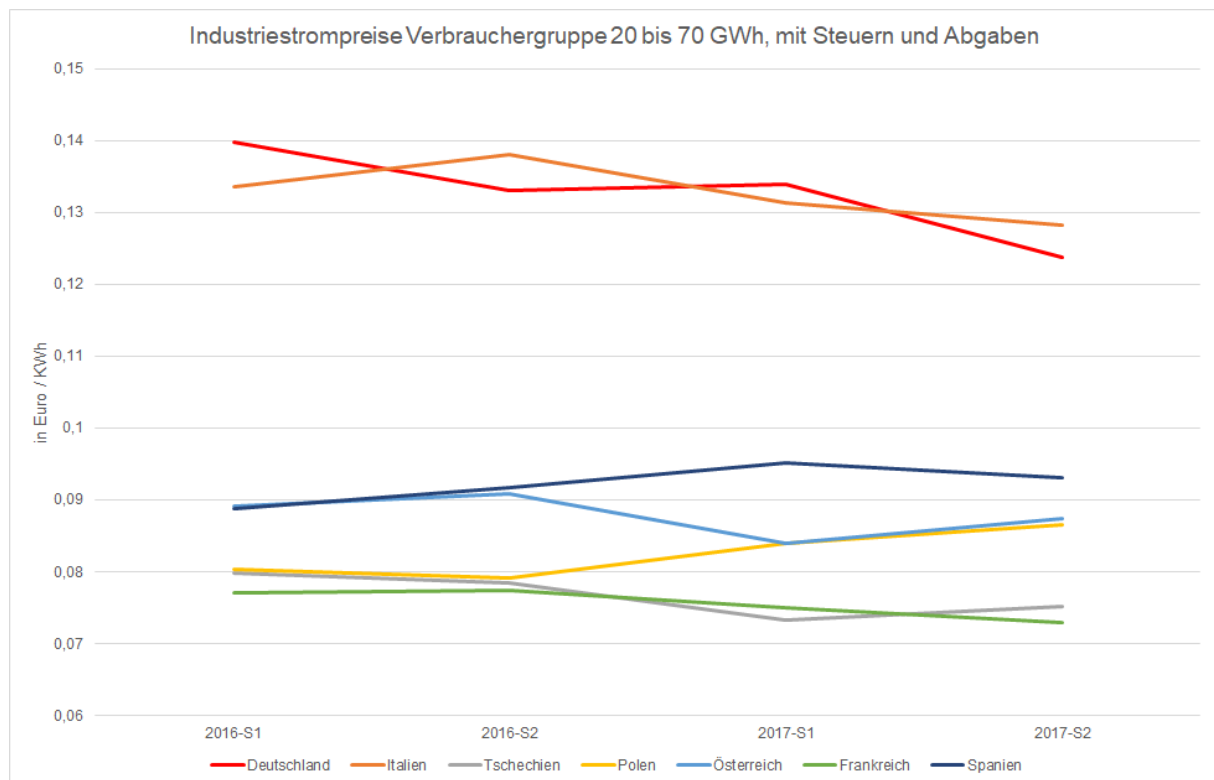


Abbildung 3: Strompreise europäische Industrie mit 20 – 70 GWh Stromverbrauch pro Jahr mit erstattungsfähigen Steuern

Auch im Vergleich der Gaspreise liegt Deutschland höher als die im Wettbewerb stehenden Industrienationen. Diese Unterschiede werden sich in Zukunft noch weiter in Richtung Asien und Amerika verschieben, u. a. durch die CO₂-Bepreisung sowie den Ausbau erneuerbarer Energien bzw. das Wegfallen von Subventionen für fossile Brennstoffe. Die Reduzierung der Energie- und CO₂-Beträge wird daher zu einem wichtigen Wettbewerbsvorteil für die deutsche Massivumformungs-Industrie.

Die Energiekosten des Marktes Massivumformung betrugen 2016 etwa 350 Millionen Euro³. Der Brennstoffverbrauch (direkter Einsatz fossiler Energieträger) der Branche beträgt schätzungsweise 2.711 GWh; bei einem Preis von 25 €/t CO₂ entspricht das Kosten durch den Brennstoffemissionshandel von etwa 13,5 Millionen Euro im Jahr 2021. Das steigt in den nächsten Jahren über 30 Millionen Euro, also um über 8%.

Der Verband Massivumformung hat daher in den letzten 20 Jahren bereits verschiedene Forschungsprojekte vorangebracht, welche das Thema Energie- und Ressourceneffizienz adressieren. Eine kurze Übersicht ist:

³ Massivumformung in Deutschland, Eine energieintensive energieeffiziente Branche, Deutsche Massivumformung, 2017

4.1.1. Untersuchung zur Energieeinsparung in Schmiedebetrieben durch die Optimierung induktiver Erwärmungsprozesse

Bereits kurz nach der Jahrtausendwende, genauer von Juli 2000 bis Juni 2001, hat sich die Branche mit dem Einsatz von Induktionsanlagen befasst. Aufbauend auf experimentellen und numerischen Untersuchungen wurden Maßnahmen zum rationellen Energieeinsatz beim induktiven Schmiedeblock-Erwärmen aufgezeigt.

4.1.2. Energiesparende, emissionsarme und qualitätssteigernde Beheizung von Wärmebehandlungsöfen durch innovative Beheizungsverfahren (PtJ-Energie)

Von März 2004 bis Ende Januar 2009 wurden neue, bis dahin nicht verfügbare Impulsbrenner entwickelt und eingesetzt, mit deren Hilfe eine bessere Wärmeübertragung auf die im Ofen liegenden Stahlteile (Nutzgut) und eine homogene Temperaturverteilung im Ofenraum erreicht wird.

4.1.3. Reduzierung des Energieeinsatzes in der Metallindustrie durch Nutzung der Prozessenergie

Zwischen März und Oktober 2008 wurden in zwei Pilotunternehmen die Energieflüsse qualitativ und quantitativ ermittelt. Darüber hinaus wurde das Temperaturniveau der Energieflüsse ermittelt. Hierbei lag der Fokus auf der Prozesswärme. Zudem wurden Lösungsansätze zur Rückgewinnung der Prozesswärme untersucht und hinsichtlich der Einsetzbarkeit in der Massivumformung bewertet.

4.1.4. Erhöhung der Material- und Energieeffizienz in der Massivumformung

Dieses Forschungsprojekt dauerte von Juni 2009 bis Mai 2011. Es wurden Möglichkeiten aufgezeigt, um einen bestmöglichen Materialwirkungsgrad und darüber eine hohe Energieeffizienz bei Massivumformverfahren zu erreichen. Darauf aufbauend wurden Konstruktions- und Verfahrensregeln in allgemeingültiger Form hergeleitet und bewertet. Die Bewertung und Optimierung erfolgte weitgehend unter Anwendung von Stoffflusssimulationen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM).

4.1.5. Erhöhung der Energieeffizienz in der Massivumformung (ENERMASS)

Ein umfangreiches Projekt mit einer Laufzeit von 2009 bis 2012 – untersucht wurden 7 unterschiedliche Ansätze, in den typischen Produktionsschritten der Warmmassivumformung Energie einzusparen.
Vergüten aus der Schmiedewärme: Anstatt die Schmiedeteile zunächst abkühlen zu lassen, um sie anschließend zu vergüten, wurde untersucht, ob und wie Vergütungsstähle direkt aus der Schmiedewärme abgeschreckt und anschließend angelassen werden können, um ähnlich hohe mechanische Eigenschaften (Festigkeits-/ Zähigkeits-Verhältnis) wie bei der klassischen Vergütung zu erreichen.

Materialaufmaß beim Reckwalzen reduzieren: Hier wurde geprüft, ob durch eine Optimierung des Reckwalzverfahrens der notwendige Materialeinsatz bei der Produktion von Lkw-Pleueln minimiert und der Ausschussanteil durch Über-/Unterschreitung von Gewichtstoleranzen und sonstigen Fehleranteilen reduziert werden kann.

Erzeugung elektrischer Energie aus der Prozesswärme: In diesem Teilprojekt wurden Konzepte erstellt und überprüft, den Produktionsteilen nach dem Umformprozess die Prozessenergie zu entziehen und diese in elektrische Energie umzuwandeln. Dazu wurden Demonstratoren für die Energiesammlung und -leitung sowie für die Energieumwandlung erstellt und getestet.

Reduzierung der eingesetzten Erwärmungsenergie: Hochtemperatursupraleiter-Erwärmer (HTS-Anlage): Die Magnetheizer-Technik auf Basis eines hochtemperatursupraleitenden (HTS) Magneten ist für die Aluminium- und Buntmetallindustrie entwickelt worden. Ob dieses Konzept auf Stahl übertragbar ist, wurde in diesem Projekt untersucht.

Reduzierung der eingesetzten Erwärmungsenergie: Optimierung Induktionsanlage: In diesem Ansatz wurde geprüft, ob die Induktionserwärmer-Technologie optimiert werden kann. Hierzu wurde bewertet, ob in den Schaltungen der Umformer energieeffizientere Bauteile auf Siliziumcarbid-Basis merkliche Vorteile beim Wirkungsgrad bringen. Des Weiteren wurden die Möglichkeiten einer Optimierung des Induktor-Designs geprüft, getestet und bewertet.

Energierückführung Vormaterialerwärmung: In diesem Projekt wurde ein Demonstrator zu Energierückführung vom warmen Schmiedeteil auf das Vormaterial erstellt und getestet. Die Anforderungen an eine nachfolgende Erwärmung bis auf Endtemperatur wurden in Form eines Pflichtenhefts beschrieben.

Energierückführung: Effiziente Nutzung der Restenergie bei Induktionserwärmern: Als weiterer Lösungsweg wurde versucht, die im Kühlwasser der Induktionsanlagen abgeführte Energiemenge (ca. ein Drittel der eingesetzten Energie) auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen, um hierdurch die Grundlage für eine sinnvolle Nutzung zu schaffen. Als Ergebnis dieses Arbeitspunktes wurde das Steigerungspotenzial der Energieeffizienz in Folge einer Erhöhung der Rücklauftemperatur in einem Leitfadens beschrieben.

4.1.6. Kraft-Wärme-Kopplung in 5 Schmiedeunternehmen zur nachhaltigen Reduzierung der Energiekosten und des CO₂-Ausstoßes

Im Zeitraum von Mitte Dezember 2011 bis Ende Mai 2012 wurde untersucht, ob und in welchem Umfang KWK-Konzepte in Massivumformbetrieben unter Berücksichtigung der Gesetzgebung nach dem KWKGesetz zur Reduzierung der Energiekosten und des CO₂-Ausstoßes führen können. Ausgehend von einem Blockheizkraftwerk (BHKW) wurden verschiedene Ankopplungen technisch und wirtschaftlich bewertet.

4.1.7. Vergleich verschiedener Erwärmerarten bzgl. Kosten-, Energie- und CO₂-Effizienz (Erwärmervergleich)

Im Rahmen dieser Studie wurden zwischen Juni 2012 und April 2013 die verschiedenen Erwärmerarten (induktiv, konduktiv, Erdgas) bezüglich der Kosten-, Energie und CO₂-Effizienz sowie der technologischen Vor- und Nachteile in der gesamten Prozesskette gegenübergestellt und bewertet. Diese ersten Schritte und Projekte zur CO₂-Neutralität werden nun mit dem vorliegenden ZIM-Netzwerk deutlich intensiviert und fokussiert. Die im Projekt angestrebte Kooperation von Massivumformern, Wärmebehandlern, Stahl- und Aluminiumherstellern, Maschinen- und Anlagenherstellern sowie

Schmierstoffherstellern ermöglicht eine effiziente Reduzierung des Energiebedarfes sowie des CO₂-Ausstosses über die gesamte Wertschöpfungskette. Das EMMA-Netzwerk erbringt damit wichtige Beiträge zu der Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland sowie der damit verbundenen lokalen KMUs und deren Beschäftigten.

4.2. Beschreibung der Chancen und wirtschaftlichen Risiken bzgl. Markt/Vermarktung

Die Verwertungschancen und -risiken sowie Informationen zum Markt sind separat dargestellt beschrieben im Absatz „Geplante Entwicklungslinien und technologische Schwerpunkte“. Aufgrund des Neuheits- und Innovationscharakters der Lösungsansätze ist das Projekt mit erheblichen technischen Risiken behaftet, die ohne Förderung nicht überwindbar erscheinen.

Die wirtschaftlichen Risiken können direkt aus den wissenschaftlich-technischen Risiken abgeleitet werden. Wenn es nicht gelingt, technische Problemstellungen zu lösen, entstehen durch die aus dem ZIM-Netzwerk heraus anvisierten FuE-Projekten aufgewendeten personellen, materiellen und finanziellen Ressourcen erhebliche wirtschaftliche Schäden, die nachhaltig Einfluss auf die Entwicklung der am Projekt beteiligten KMU-Unternehmen haben werden. Zur Absicherung der technischen und wirtschaftlichen Risiken wurde dieser Antrag auf eine anteilige öffentliche Förderung gestellt.

4.3. Erläuterung der wirtschaftlichen Ziele sowie der Erwartungen der Netzwerkpartner (qualitativ und hinsichtlich Umsatzes und Beschäftigung)

Das Marktpotenzial für Optimierungen besonders hinsichtlich des Energiebedarfes im Bereich Massivumformung ist sehr hoch. Wie bereits dargestellt, betragen die Energiekosten aktuell ca. 350 Millionen Euro⁴. Bei einer CO₂-Bepreisung von 25 Euro/Tonne CO₂ wird dies zu Mehrkosten von ca. 13,5 Millionen Euro führen.

Bis zum Abschluss der ersten Forschungs- und Entwicklungsprojekte, d. h. 2024-2025 wird jedoch davon ausgegangen, dass der Preis auf 55 Euro pro Tonne CO₂ steigen wird. Dies würde Mehrkosten von ca. 30 Millionen Euro bedeuten und somit die Energiekosten der Unternehmen deutlich erhöhen. Die Möglichkeit, diese Kosten einzusparen kann somit als Marktpotential gesehen werden. Effektive Ausgleichsregelungen für die energieintensive Industrie sind auf politischer Ebene bisher nicht getroffen worden.

Damit stellen die heutigen und besonders die zukünftigen Energiekosten für die Unternehmen der Massivumformung einen wesentlichen Kostenfaktor und ein signifikantes Wettbewerbskriterium dar. Eine Reduzierung von Energieeinsatz, CO₂-Ausstoß und damit der Gesamtenergiekosten ist dringend notwendig um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und die Arbeitsplätze in der Branche zu erhalten. Dies kann nur durch innovative – bisher nicht verfügbare - technische Ansätze erreicht werden.

5. Planung der Umsetzung des Netzwerkkonzeptes mit Ausblick über den Förderzeitraum hinaus

Die Vernetzung von unterschiedlichsten Akteuren im Bereich Massivumformung fördert die bundesweite Kompetenz und Konkurrenzfähigkeit. Die Bundesrepublik Deutschland kann damit eine Vorreiterrolle in CO₂-neutralen Produktionsprozessen einnehmen und so die aktuelle Weltmarktposition festigen bzw. ausbauen.

Die Projektergebnisse sollen durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit deutschlandweit vermittelt werden: Transfer- und Informationsveranstaltungen, Fachbeiträge zu Tagungen, Presseartikel etc. Interessierte aus ganz Deutschland sowie dem Ausland können an den Ergebnissen partizipieren, sich eventuell als neue Partner beteiligen oder die Ergebnisse für weiterführende Projekte nutzen. Dies wird durch die enge Vernetzung des Industrieverbands Massivumformung e. V. ermöglicht. Partner sind beispielsweise:

- WSM - Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung e.V.
- FSV - Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V.
- AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgesellschaften e.V.
- ArGeZ - Arbeitsgemeinschaft Zulieferindustrie
- BDI - Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
- BDA - Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände
- EUROFORGE - Comité de Liaison des Industries Européennes de l'Estampage et de la Forge
- GCFCG - German Cold Forging Group
- ORGALIME - Liaison Group of the European Mechanical, Electrical, Electronic and Metalworking Industries
- CLEPA - European Association of Automotive Suppliers
- Stahlinstitut VDEH
- GDA – Gesamtverband der deutschen Aluminiumindustrie
- FOSTA – Forschungsgesellschaft Stahlverformung
- Über die Forschungsgesellschaften, aber auch in direkter Form durch zahlreiche vom IMU betreute Forschungsvorhaben in der Vergangenheit, bestehen aktive Verbindungen zu Forschungsinstituten an Universitäten, Hochschulen und in der Fraunhofer Gesellschaft

Es liegt im Interesse dieser Unternehmen und Organisationen, das geschaffene Netzwerk „EMMA“ mit seinen Entwicklungslinien und technologischen Schwerpunkten nach der geförderten Projektphase fortzusetzen. Neue Partner für das Netzwerk werden aktiv und zielgerichtet geworben. Der Industrieverband Massivumformung wird auch nach Projektende mit seinen Kenntnissen und Erfahrungen die Partner unterstützen (gezielte Beratung, Recherchen) und regelmäßig Plattformen zum Erfahrungsaustausch und zur Ideenfindung zur Verfügung stellen. Mit „EMMA“ wird eine Vertrauensbasis geschaffen, die nach Projektende zu weiteren Innovationen führen kann. Damit werden die Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung bundesweit hinweg gestärkt.

6. Arbeits- und Meilensteinplanung; projektbezogene Aufträge an Dritte

Nr.	Arbeitspaket	Zeitraum
1	<p>Aufbau Netzwerkstruktur mit Arbeitsgruppen (Netzwerkkonzeption)</p> <p>Akquisition und vertragliche Einbindung weiterer Netzwerkpartner</p> <p>Erarbeitung einer technologischen Roadmap mit den FuE-Projekten der Netzwerkpartner</p>	Monat 1-12
2	<p>Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Arbeitsgruppensitzungen</p> <p>Ziel und Inhalt:</p> <p>Die Arbeitsgruppensitzungen dienen zur Bearbeitung der jeweiligen Schwerpunkte, d. h. hier fließen die Erfahrungen für die Entwicklung neuer Verfahren und Technologien zur Reduzierung des CO₂-Ausstosses zusammen. Die Ergebnisse werden am Ende einer Sitzung festgehalten und die weiteren Schritte besprochen. Es wird überlegt, welcher Input von wem als nächstes notwendig wäre, z. B. über externe Expertisen oder über Literaturrecherchen. Eine Auswertung wird zeitnah allen Arbeitsgruppenmitgliedern zur Verfügung gestellt.</p> <p>Zeitplan:</p> <p>Arbeitsgruppensitzung beim Kick-Off-Workshop (Monat 1)</p> <p>Arbeitsgruppensitzung (Monat 6)</p> <p>weitere Schwerpunktthemen Sitzungen (Monat 3,5,7,9,11)</p>	Monat 1-12
3	<p>Projekt Kick-Off-Workshop: Vorbereitung, Durchführung und Auswertung</p> <p><i>Teil 1: nur für Netzwerkpartner (1/2 Tag)</i></p> <p>Ziel / Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorstellung Projektziele und Abstimmung Ablauf - Information zu Umsetzung- und Förderbedingungen (FuE) - Erarbeitung Projektskizzen für FuE-Projekte (ZIM) in Arbeitsgruppen - Gast-Vortrag/Workshop: CO₂-Berechnungstool (erste Ergebnisse) <p><i>Teil 2: für weitere Interessierte (1/2 Tag) – bis zu 50 Teilnehmer</i></p> <p>Workshop „EMMA“-Ideenbasar</p> <p>Ziel / Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorstellung der Projektideen zur Einbindung weiterer Netzwerkpartner und Projektthemen sowie Bekanntmachung in der Öffentlichkeit - Endkunde (z. B. Automotive) stellt Anforderungen/Bedarf vor - Diskussion von Lösungsansätzen mit Anbietern 	<p>Monat 1-4</p> <p>Durchführung Workshop:</p> <p>Monat 1</p>
4	<p>Status-Workshop: Vorbereitung, Durchführung und Auswertung</p> <p>Ziel / Inhalt:</p> <p><i>Teil 1: nur für Netzwerkpartner (1/2 Tag)</i></p>	Monat 6

	<p>In den Status-Workshops werden die Ergebnisse und Erfahrungen (Probleme, Fragestellungen...) der Arbeitsgruppen zusammengeführt und ausgetauscht. Es soll eine Quervernetzung der Einzel-Projekte angestoßen werden. Hier werden die Arbeitsgruppen insgesamt gesteuert und der notwendige Austausch organisiert. Jede Arbeitsgruppe erfährt von dem aktuellen Stand der anderen Arbeitsgruppen. Eine Auswertung wird zeitnah allen Arbeitsgruppen-Mitgliedern zur Verfügung gestellt. Auf den Workshops werden zudem auch Fragen zur Presse- und Öffentlichkeitsarbeit diskutiert.</p> <p>Zudem sollen die Status-Workshops Fortbildungselemente zu wichtigen Branchenthemen enthalten, z. B. Vortrag/Seminar zu neuen politischen Rahmenbedingungen (bspw. EU Green Deal). Hierzu sollen weitere Interessierte eingeladen werden.</p> <p><i>Teil 2: für weitere Interessierte (1/2 Tag) – bis zu 50 Teilnehmer</i></p> <p>Workshop/Fortbildung: Innovationskraft steigern unter neuen Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivsession: Welche Prozessschritte lassen sich heute schon CO₂-Neutral umsetzen, welche Prozessschritte noch nicht (=Forschungsbedarf) - Impuls und Best-Practice-Austausch zur CO₂-Reduktion - Vorstellung Projekt zur Einbindung weiterer Netzwerkpartner und Projektthemen sowie Bekanntmachung in der Öffentlichkeit 	
5	<p>Vorbereitung und fachliche Begleitung der Arbeitsgruppen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recherche zu den thematischen und technologischen Schwerpunkten im Projekt - Recherchen zum Stand der Technik, zu Marken und Schutzrechten - Stärken-Schwächen-Analysen der Netzwerkpartner und ihrer FuE-Potenziale - Analyse v. Markt-/Wettbewerbssituation und Möglichkeiten zur Erzeugung von Synergien - Koordination der konzeptionellen Entwicklungsarbeiten - Unterstützung bei der Erarbeitung von Förderanträgen - Unterstützung bei der Entwicklung von Marketingkonzepten 	Monat 2-12
6	<p>Projektmanagement mit Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung sowie Koordination, Dokumentation und Evaluation der Aktivitäten</p> <p>Ziel / Inhalt:</p> <p>Anhand der vorgegebenen Unterlagen (Tätigkeitsnachweis) wird kontinuierlich ein Arbeits-, Zeit- und Kostencontrolling durchgeführt. Die Ergebnisse der versch. Besprechungen und Sitzungen werden dokumentiert. Aus diesen Ergebnissen heraus wird die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt.</p>	Monat 1-12

7	<p>Phase1-Abschlussworkshop: Vorbereitung, Durchführung und Auswertung</p> <p><i>Teil 1: nur für Konsortium (1/2 Tag)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusammenführung der Ergebnisse der Arbeitsgruppen - quervernetzende Vorstellung und Diskussion von Fragestellungen und Erfahrungen - AG-Sitzungen (parallel) - ggf. Impulsvortrag durch externen Redner <p><i>Teil 2: offen für Interessierte (1/2 Tag) – bis zu 50 Teilnehmer</i></p> <p>Workshop „CO₂-Reduktion und neue Technologien/Verfahren“</p> <p>Ziel / Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorstellung Projektergebnisse an Interessierte zur Gewinnung neuer Netzwerkpartner für Phase 2 - Diskussion von Lösungsansätzen mit Anbietern 	Monat 11
8	<p>Auswertung der Projektergebnisse (Schlussbericht)</p> <p>Die wirtschaftlichen Ergebnisse des Netzwerks werden analysiert sowie ein Konzept für eine nachhaltige Zusammenarbeit entwickelt.</p>	Monat 11-12
9	<p>Erstellung Antrag auf Förderung der ZIM-Netzwerk-Phase 2</p> <p>Inkl. Schaffung vertraglicher Grundlagen für die zweite Netzwerkphase</p>	Monat 11-12
10	<p>Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit mit Website-/Newsletter- und Pressebeiträgen zur Etablierung des Netzwerks</p> <p>Ziel / Inhalt:</p> <p>Die Kommunikation des aktuellen Stands der Arbeitsgruppen an die Öffentlichkeit erfolgt regelmäßig – über die Kanäle des Industrieverbandes Massivumformung e.V. wie z. B. Newsletter, Mailings und Social Media, aber auch über Partner für eine breite Streuung unter den Zielgruppen. Es wird für das Projekt eine Website eingerichtet sowie Marketing-Mittel produziert: z. B. Roll-Ups, Flyer, Veranstaltungsfilm, professionelle Teilnehmer-Mappen für Workshop-Unterlagen etc.).</p> <p>Der Wissenstransfer wird durch Teilnahme an Fachmessen und Fachkongressen auf nationaler und internationaler Ebene unterstützt.</p>	Monat 1-12

7. Erläuterung der geplanten Aufträge an Dritte nach Punkt 4.2.1. ZIM-Richtlinie

Allgemeine Erläuterung: Bei der Auswahl von Auftragnehmern hat der Industrieverband Massivumformung e.V. durchweg sowohl auf Qualität als auch Kosteneffizienz Wert gelegt. Hierbei wird insbesondere auch auf bewährte Zusammenarbeit mit langjährigen Partnern gesetzt, die eine vertrauensvolle Projekt-Kooperation ermöglicht (eingespieltes Team) und somit ein Einarbeiten/Zusammenfinden wegfällt.

7.1. Tagungsort für Workshops

Als Veranstaltungsort für die Projekt-Workshops ist Stuttgart (Messe Stuttgart, Mövenpick Hotel) vorgesehen. Der Industrieverband Massivumformung hat in den vergangenen Jahren dort bereits Events erfolgreich durchführt. Die Location verfügt über flexible Räumlichkeiten jeder Größe, die zur Durchführung von z. B. parallellaufenden Arbeitsgruppen-Sitzungen bestens geeignet sind. Stuttgart ist verkehrstechnisch gut erreichbar.

8. Festlegung von Meilensteinen mit eindeutigen (kontrollfähigen) technischen und wirtschaftlichen Zielkriterien.

Meilenstein 1 Monat 6	Meilenstein 2 Monat 12
Ziel 1: Stärken/Schwächen (SWOT)-Analyse des Netzwerks abgeschlossen	Ziel 1: Identifizierung der Entwicklungslinien abgeschlossen
Ziel 2: Gemeinsame Datenplattform zum Wissensmanagement und gemeinsamer Bearbeitung von Dokumenten etabliert	Ziel 2: Grundlegende Markt- und Wettbewerbsanalyse durchgeführt und den Partnern zur Verfügung gestellt.
Ziel 3: Corporate Design entwickelt, Webauftritt live	Ziel 3: Technologische Roadmap für Phase 2 verabschiedet
Ziel 4: Konzept Marketing / Öffentlichkeitsarbeit verabschiedet	Ziel 4: Entwurf Kooperationsvereinbarung entwickelt und zur Abstimmung zirkuliert
	Ziel 5: Mindestens 5 Förderprojekte erfolgreich beantragt