

**Antrag im Rahmen der Ausschreibung 2015
„Zentren für angewandte Forschung an Hochschulen für angewandte
Wissenschaften“ (ZAFH)**

**Antragsskizze zur Einrichtung des
Forschungszentrums**



InNOVATIVE SCHAUMSTRUKTUREN FÜR EFFIZIENTEN LEICHTBAU

**an der
Hochschule Pforzheim – Gestaltung, Technik, Wirtschaft und Recht**

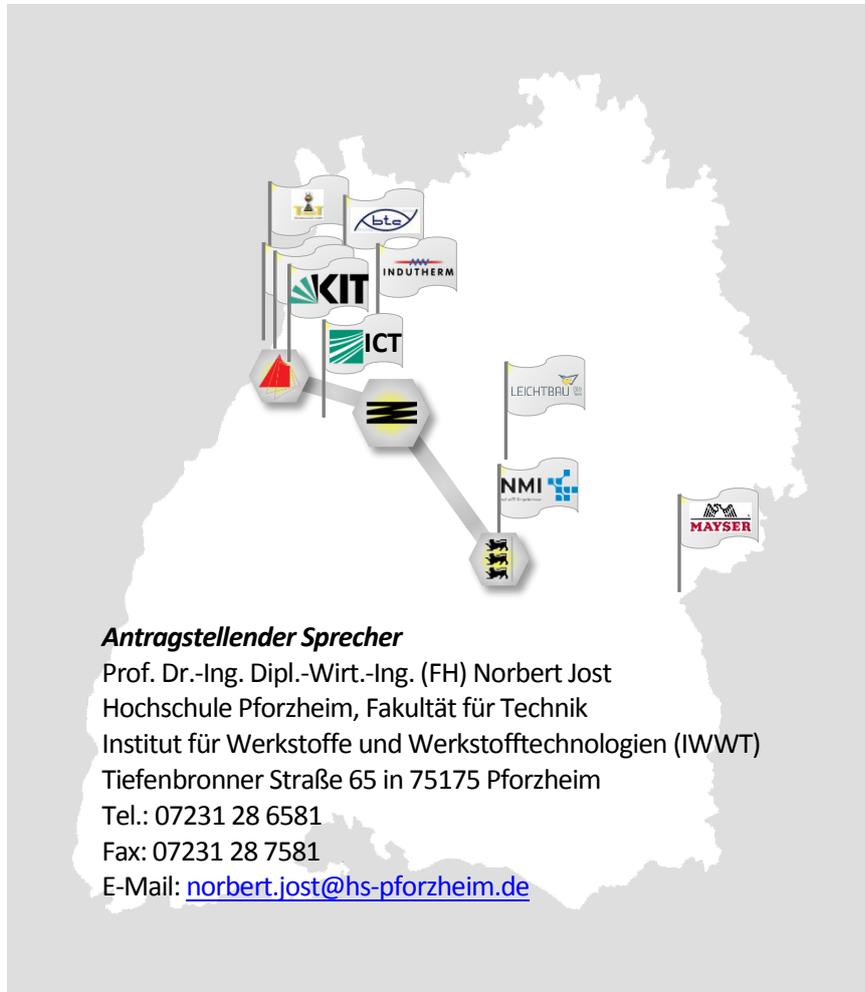
Antragstellender Sprecher

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost
Fakultät für Technik
Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien (IWWT)
Hochschule Pforzheim

1 Allgemeine Angaben

Antrag zur Förderung der Einrichtung eines Zentrums für Angewandte Forschung (ZAFH) im Rahmen der Ausschreibungsrunde 2015 des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.

1.1 Forschungscluster/Forschungsverbund



Antragstellender Sprecher
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost
Hochschule Pforzheim, Fakultät für Technik
Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien (IWWT)
Tiefenbronner Straße 65 in 75175 Pforzheim
Tel.: 07231 28 6581
Fax: 07231 28 7581
E-Mail: norbert.jost@hs-pforzheim.de

Beteiligte Institutionen und Personen der HAW-Partner:

HAW	Fachdisziplin	Antragstellende Person
Hochschule Pforzheim Tiefenbronner Str. 65 75175 Pforzheim	Werkstoffkunde Werkstoffprüfung Schadenskunde Festigkeitslehre	Prof. Dr.-Ing. Norbert Jost (Sprecher) Tel.: 07231 28 6581 norbert.jost@hs-pforzheim.de www.hs-pforzheim.de/iwwt
Hochschule Karlsruhe Moltkestr. 30 76133 Karlsruhe	Informatik Materialwissenschaft	Prof. Dr. rer. nat. Britta Nestler Tel.: 0721 925-1504 britta.nestler@hs-karlsruhe.de www.hs-karlsruhe.de/cmse
Hochschule Karlsruhe Moltkestr. 30 76133 Karlsruhe	Kunststofftechnik Maschinenelemente Fertigungstechnik	Prof. Dr.-Ing. Frank Pöhler Tel.: 0721 925 1846 frank.poehler@hs-karlsruhe.de www.hs-karlsruhe.de/ifp

Hochschule Reutlingen Alteburgstr. 150 72762 Reutlingen	Biophys. Chemie Oberflächen	Prof. Dr. Rumen Krastev Tel.: 07121 51530 873 rumen.krastev@reutlingen-university.de www.ac.reutlingen-university.de
---	--------------------------------	--

Beteiligte Institutionen und Personen der (außer-)universitären Partner:

Forschungseinrichtung	Fachdisziplin	Ansprechpartner
KIT IAM-ZBS Haid-und-Neu-Str. 7 76131 Karlsruhe	Simulation Materialwissenschaft	Prof. Dr. rer. nat. Britta Nestler Tel.: 0721 608 45310 britta.nestler@kit.edu http://www.iam.kit.edu/zbs
KIT FAST Rintheimer-Querallee 2 76131 Karlsruhe	Leichtbau Werkstoffwissenschaft	Prof. Dr.-Ing. Frank Henning Tel.: 0721 4640 420 frank.henning@kit.edu www.fast.kit.edu/lbt
Fraunhofer ICT Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7 76327 Pfinztal	Polymere und Additive Reaktionstechnik Umweltsimulation Recycling	Dipl.-Chem. Rainer Schweppe Tel.: 0721 4640 173 rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de www.ict.fraunhofer.de
NMI Markwiesenstr. 55 72770 Reutlingen	Oberflächen- und Werkstofftechnologie Biotechnologie Biomedizintechnik	Dr. Hanna Hartmann Tel.: 07121 51530 872 hanna.hartmann@nmi.de http://www.nmi.de
KIT TeBi Engler-Bunte-Ring 1 76131 Karlsruhe	Technische Biologie Prozessentwicklung Tenside	Prof. Dr. rer. nat. Christoph Syldatk Tel.: 0721 608 42123 christoph.syldatk@kit.edu http://www.blk.kit.edu/

Beteiligte Unternehmen:

Unternehmen	Fachdisziplin	Ansprechpartner
Indutherm GmbH Brettener Str. 32 75045 Walzbachtal-Wössingen	Schmelzmetallurgie Gießanlagen	Dr. Jörg Fischer-Bühner Tel.: 07203 9218 29 jf@indutherm.de www.indutherm.de
Mayser GmbH & Co. KG Örlingerstr. 1-3 89079 Ulm	Herstellung von Metall- schaum	Günther Steck Tel.: 0731 2061 283 guenther.steck@mayser.de www.mayser-sicherheitstechnik.de
TinniT Technologies GmbH Essenweinstr. 25 76131 Karlsruhe	Numerische Simulation Modellierung	Dipl.-Ing. Aron Kneer Tel.: 0721 18316 31 a.kneer@tinnit.de www.tinnit.de

BTE I & V GmbH & Co. KG Weglangstraße 10 76139 Karlsruhe	Mess - und Analysen- technik Sonderapplikationen	Rainer H. Wolf Tel.: 0721 96874 48 wolf.rainer@bte-ing.de http://www.bte-ing.com
Leichtbau BW GmbH Breitscheidstr.4 70174 Stuttgart	Hybrider Leichtbau Netzwerkbildung Technologietransfer	Dr. Wolfgang Seeliger Tel.: 0711 128988 41 wolfgang.seeliger@leichtbau-bw.de www.leichtbau-bw.de

Absichtserklärungen der Verbundpartner sowie Lebensläufe und Interessensbekundungen der weiteren Partner zur Beteiligung an dem geplanten Vorhaben sind in den **Anlagen C bis G** beigelegt.

1.2 Kurztitel

„InSeL“ — Innovative Schaumstrukturen für effizienten Leichtbau

1.3 Abstract — Charakterisierung des Vorhabens

Moderne Leichtbauwerkstoffe bieten großes Potential in vielen industriellen Anwendungen, verlangen aber auf Grund von deren meist stark ausgeprägtem anisotropem Lastverhalten und geringer Steifigkeit aufwendige konstruktive Maßnahmen für eine funktionsoptimierte Anwendung. In der Initiative „InSeL“ sollen neuartige zelluläre Leichtbauwerkstoffe mit hoher Eigensteifigkeit entwickelt werden, die diese funktionale Lücke schließen. Im ganzheitlichen Ansatz werden auf der Basis von offenporigen Metallschäumen eigenständige zelluläre Leichtbauwerkstoffe und Komposite mit inhärentem Stützgerüst entwickelt. Parallel dazu soll ein neues Verfahren entwickelt werden, mit welchem monodisperse Polymerschäume durch den Einsatz von Tensiden hergestellt werden können. Dieses Verfahren soll zur Substitution des spezifischen Herstellungsprozesses von Gussmodellen für die zellulären Leichtbaustrukturen dienen und in Verbindung mit dem Feingussverfahren auch eine genau definierte und reproduzierbare Schaumstruktur ermöglichen.

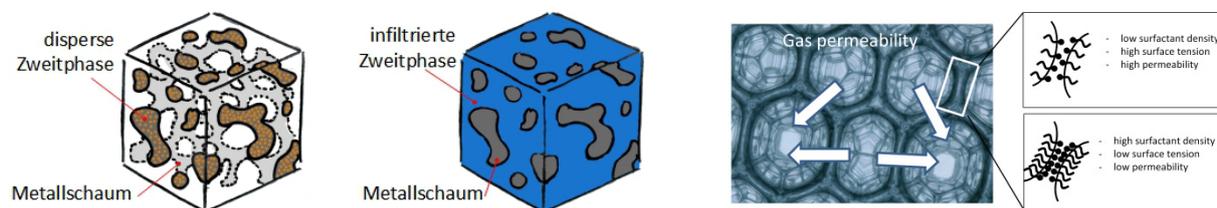


Bild 1: Einsatz zellulärer Werkstoffe bei Verbundtechnologien: dispersionsgehärteter Metallschaum (DisH-Schaum) (li.) und hybrider Metall-Matrix-Verbund (Hybrid-Schaum) (mi.) sowie Gastransport zwischen den Blasen durch Ostwald-Reifung und Einfluss der Tensidmoleküle, die eine Stabilisierung der Schaumstruktur ermöglichen (re.)

2 Inhaltliche Erläuterung des Vorhabens

2.1 Stand der Forschung

Offenporige Metallschäume eignen sich durch die Kombination des Basismaterials in Verbindung mit ihrer Struktur für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten, worunter neben den Bereichen der Wärme-/Kältetechnik [1-3] und medizinische Implantate [Jo3, 4] auch Stoß-/Crashabsorber und Strukturleichtbau zählen [5, 6]. Im Leichtbau liegt der Fokus darauf, die Steifigkeiten möglichst ohne zusätzlichen Materialaufwand effizient zu steigern und die Festigkeiten unter verschiedenen Belastungsmodi zu verbessern. In diesem Zusammenhang bieten offenporige Metallschäume vielversprechende Eigenschaften, unter denen die sehr hohe spezifische Steifigkeit und Festigkeit [5, 7] hervorzuheben sind; so werden, z. B. bei identischer Belastung durch Druck und Biegung i. Abh. der dadurch induzierten Dehnung, Gewichtseinsparungen von 50% im Vergleich zu Festkörpern erzielt [8]. Des Weiteren verfügen offenporige Metallschäume über ein ausgezeichnetes Dämpfungsverhalten [5, 9]. Die bisher in der Literatur angegebenen teilweise sehr geringen Festigkeiten von offenporigen Metallschäumen sind auf die geringe relative Dichte von max. $\rho_{\text{rel}} = 10\%$ der bisher untersuchten Strukturen zurückzuführen, die in dieser Ausführung für mechanische Anwendungen keinerlei Relevanz haben. Mit moderner Methodik ist die Herstellung von offenporigen Metallschäumen in einem Bereich einer relativen Dichte von bis zu 25% möglich, wobei in aktuelleren Versuchen bereits bis zu 35% reproduzierbar realisiert werden konnten. Die bereits von [5, 7, 8] geschilderten spezifischen mechanischen Eigenschaften offenporiger Metallschäume offerieren ein besonderes hohes Potential zur Implementierung in hybride Verbundwerkstoffe durch Infiltration der Schaumstruktur mit einer zweiten Phase, was sich insbesondere positiv auf das Verformungs- und Dämpfungsverhalten des Basiswerkstoffes auswirkt [10-13]. Großer Forschungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf praktische Anwendungen, besteht hier bei der gezielten Kombination der Eigenschaften beider Phasen [14, 15]. Neben dem in [Jo3] genannten Verfahren zur Optimierung der mechanischen Eigenschaften offenporiger Metallschäume, besteht eine zusätzliche Möglichkeit zur Festigkeitssteigerung durch das Einbringen einer zweiten Phase in die Matrix der metallischen Stegstruktur. Dies erfolgt nach dem Vorbild der Dispersionshärtung, welche der Versetzungsbildung und -bewegung bei mechanischer Last entgegenwirkt [16, 17]. Diese Methodik substituiert die herkömmlichen, als „Härtungsmechanismen“ bekannten festigkeitssteigernden Maßnahmen, wie die Minimierung der Korngröße, die Steigerung der Versetzungsdichte und die Ausscheidungshärtung, die bei konventionellen Metallschäumen struktur- und herstellungsbedingt nur in sehr begrenztem Maße umgesetzt werden können. Eine erste Studie zu schmelzmetallurgisch hergestellten Al-Schäumen mit einem eingemischten SiC-Anteil von 1-5% bestätigt den ausgeprägten Effekt der Festigkeitssteigerung durch gezieltes Einbringen einer Zweitphase [17]. Zur Herstellung offenporiger Metallschäume wird neben tampongalvanischen und pulvermetallurgischen Methoden vor allem das schmelzmetallurgische Verfahren durch Präzisionsguss angewendet [18, 19], welches prädestiniert für die Beeinflussung und Variation der Werkstoffauswahl und der Strukturparameter ist [20, 21]. Dabei stellt der offenporige Metallschaum eine exakte Kopie des ursprünglichen

für die Gießform verwendeten Polymerschäum dar, wodurch sehr komplexe Bauteilgeometrien möglich sind und sich die mechanischen Eigenschaften gezielt über die Strukturauslegung des formgebenden polymerbasierten Ursprungsmodells definieren lassen. [22-24]. Die für eine präzise mechanische Auslegung notwendige Homogenität (Monodispersität) der Polymerschäumstruktur konnte jedoch bisher nur im industriell unwirtschaftlichen Rapid Prototyping Verfahren realisiert werden, weshalb in diesem Projekt auch eine neue Methodik zur Erzeugung von monodispersen Polymerschäumen für die Metallschaumherstellung entwickelt werden soll. Hierbei werden die Schäume in wässriger Lösung durch direkte Blasenbildung erzeugt, wobei die schaubildende Lösung neben den Polymeren ein Tensid oder Tensidgemisch enthält [25, 26]. Entgegen der bei der Schaumbildung stattfindenden Ostwald-Reifung (Volumenzunahme großer und Volumenabnahme kleiner Blasen) mit der Folge einer polydispers ausgebildeten Struktur [27], können Tenside den Schaum bei einer definierten Blasengröße stabilisieren. Dadurch kann gezielt die Ausbildung einer monodispersen Struktur gesteuert werden, die sich im Anschluss durch Polymerisation verfestigen lässt [28, 29]. Das Potential für innovative praktische Anwendungen zellulärer Strukturen im Maschinen-/Leichtbau lässt sich am Beispiel von Werkzeugmaschinen sehr gut demonstrieren. Die am IMP-IFP der Hochschule Karlsruhe entwickelte Hochgeschwindigkeitsfräsmaschine ist die erste Maschine ihrer Art, mit CFK-Teilen im Bewegungsapparat, um eine entsprechend hohe Dynamik der Verfahrenseinheit zu realisieren. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Steifigkeit für die hohen dynamischen Beanspruchungen verbesserungsfähig ist. Durch den Einsatz von CFK-Bauteilen im Verbund mit einer speziell ausgelegten zellulären Metallstruktur werden neben der Steifigkeitserhöhung auch Vorteile im Dämpfungsverhalten der Maschine erwartet.

Unterstützend zu den experimentellen Arbeiten und als Beitrag des in der Industrie an Stellenwert zunehmenden Frontloading durch frühzeitige Einbindung von simulativen Berechnungen, erfolgen begleitend rechnergestützte Analysen auf Basis der Phasenfeldmethode. Die Phasenfeldmodelle, denen die Formulierung diffuser Grenzflächenmodelle zugrunde liegt, hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine beachtliche, auch stark praxisrelevante, Bedeutung für die Simulation der dynamischen Entwicklung von Grenzflächen in Systemen mit komplizierten dreidimensionalen Oberflächengeometrien erlangt, [30-37]. Kerneinsatzbereiche liegen in der Modellierung von Kristallisationsvorgängen in polykristallinen Kornstrukturen (z. B. [38]) und Mikrostrukturausbildungen in mehrkomponentigen fest-flüssig und fest-fest Phasensystemen, [39-44]. Aus numerischer Sicht erlaubt die diffuse Grenzflächenbeschreibung die Berechnung dynamischer Feldgrößen und evolvierender Grenzflächen mit komplexen Oberflächengeometrien durch Lösung kontinuierlicher Differenzialgleichungen. Die Methode stellt erstmalig ein Simulationswerkzeug bereit, mit dem gekoppelte Multiphysikprozesse unter Auflösung der Mikrostruktur und bei veränderlichen Topologien der Phasengebiete berechnet werden können.

2.2 Eigene Vorarbeiten

Für die Vorarbeiten der Antragsteller und der beteiligten Partner sind in **Anlage B** die wichtigsten Literaturstellen der letzten 3 Jahre zusammengefasst.

Die Arbeitsgruppe „Metallische Schäume“ an der Hochschule Pforzheim besitzt eine langjährige Forschungserfahrung auf den Gebieten der Entwicklung neuer und der effektiven Optimierung bekannter metallischer Werkstoffe. Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten am IWWT umfasst die Herstellung und Charakterisierung von offenporigen Metallschäumen. Besonderes und grundlegendes Augenmerk wird dabei auf die drei strukturellen Hierarchieebenen der Mikro-, Meso- und Makroskala und deren gegenseitige Beeinflussung gelegt. Dabei wurde ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, nach gezielten Vorgaben definierte offenporige Metallschaumstrukturen herzustellen [Jo3]. Bei der mikrostrukturellen Charakterisierung wurden Metallschäume aus unterschiedlichen Metallen/Legierungen hergestellt und deren Gefüge miteinander verglichen [Jo5] sowie in Abhängigkeit der Abkühlbedingungen nach dem Gießprozess dargestellt [Jo2, Jo4]. Für eine ganzheitliche Betrachtung und ein tiefgehendes Verständnis wurde der Zusammenhang zwischen der mikrostrukturellen Gefügeausbildung i. Abh. der Schaumstruktur untersucht und deren direkte Auswirkungen auf die effektiven Materialeigenschaften [Jo1-Jo4, Jo6] in diversen Experimenten bestimmt, wodurch fundierte Kenntnisse zu Methoden einer Funktionalitätsoptimierung von offenporigen Metallschäumen vorliegen. In der Abteilung IMP-CMSE der Hochschule Karlsruhe sowie am IAM des KIT werden neue Methoden der Materialmodellierung mit Schwerpunkt auf Mikrostruktursimulation entwickelt und für eine Vielzahl von Materialsystemen und Produktionsprozessen eingesetzt. Die dortigen Forschungsarbeiten umfassen die computergestützte Entwicklung neuer Materialien und Materialverbünde sowie die Auslegung von Herstellungs- und Fertigungstechnologien. Die Methoden konzentrieren sich auf die Erfassung mikrostruktureller Vorgänge und erlauben die Vorhersage von Werkstoffeigenschaften. Bei der Modellformulierung werden materialspezifische thermodynamische Energien und makroskopische Prozessrandbedingungen berücksichtigt. Auf der Grundlage großkanonischer Potenziale konnte ein Phasenfeldmodell für mehrphasige und mehrkomponentige Materialien entwickelt werden [Ne1, Ne2]. Für ternäre Legierungen, Vielkorn- und Vielpartikelsysteme mit komplexen Oberflächengeometrien und diffusiven Mikrostrukturumwandlungen wurden großskalige Simulationsstudien auf Höchstleistungsrechnern erfolgreich durchgeführt [Ne3-Ne5]. Durch Optimierung der numerischen Algorithmen und Parallelisierung wurden weitere physikalische Felder integriert [Ne6, Ne7]. Weiter wurden Wärmetransfer, thermische Ausdehnung und Strömung in offenporigen Metallschäumen [Ne8, Ne9], Phasenumwandlungen in mehrphasigen Al-, Fe-, Ni-Basislegierungen [Ne10-Ne12] und Benetzung flüssiger Phasen auf strukturierten Oberflächen [Ne13] simuliert. Ein weiterer Schwerpunkt des IMP bildet die „Fertigungstechnik und Produktion – IFP“. In einem vorangegangenen Forschungsprojekt wurde in industrieller Kooperation eine 3-achsige CNC-Fräsmaschine zur Zerspanung von stäubenden Werkstoffen, insbesondere Graphit, entwickelt [Pö1]. Besonderheit der Maschine ist die hohe Dynamik bzgl. Beschleunigung und Ruck, welche eine geringe Hauptzeit in der Fertigung von filigranen Bauteilen bei hohen Vorschüben ermöglicht. Zur Realisierung hoher Dynamiken benötigt eine Werkzeugmaschine hohe Steifigkeiten, hohe Systemdämpfung und geringe bewegte Massen, weshalb eine Gantry-Achse aus CFK zum Einsatz kommt. Die CFK-Struktur wurde unter Verwendung von FE-Methoden

iterativ entwickelt. Die unmittelbar das Forschungscluster betreffenden Vorarbeiten umfassen darüber hinaus die Themenbereiche Kunststofftechnik und die Herstellung von Strukturelementen [Pö2-Pö5]. Die Arbeitsgruppe Krastev im Fachbereich für Angewandte Chemie (AC) arbeitet an der Entwicklung von Verfahren zur Erzeugung von neuartigen Schäumen, sowie deren Charakterisierung [Kr1-Kr2]. Dies bildet die Basis zur Erzeugung von stabilisierten Schäumen mit definierten monodispersen Strukturparametern. Die Stabilität kann durch die Auswahl von geeigneten Tensiden [Kr23Kr4], Lipiden [Kr5] oder durch den Zusatz von Nanopartikeln gesteuert werden. Die grundlegenden Bedingungen für die Bildung von monodispersen offenporigen Polymerschäumen konnte in diesem Zuge bereits definiert werden. Unterstützend wirkt die Arbeitsgruppe Lorenz mit, welche sich mit der Herstellung spezialisierter Polymere für Nischenanwendungen beschäftigt [Kr6-Kr7]. Den Materialien werden hierbei definierte Eigenschaften zugewiesen, so dass diese beispielsweise der Medizintechnik oder technischen Anwendungen, wie sie auch in diesem Projektvorhaben verfolgt werden sollen, zugeführt werden können.

Die Arbeitsgruppe Henning (FAST-KIT) hat im Rahmen von Voruntersuchungen bereits Kombinationen von partikulären Polymer- und Metallschäumen untersucht. Dabei stand die technologische Machbarkeit durch integrierte Prozessführung im Vordergrund. Es konnten bereits erste Ansätze zu Eigenschaftsveränderungen gezeigt werden. Daneben bestehen zahlreiche abgeschlossene Forschungsvorhaben zur prozesssichereren Herstellung von Mono-Polymer-Partikelschäumen im Formteilprozess. Die Abteilung „Technische Biologie“ von Prof. Dr. Christoph Syldatk am Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik am KIT hat ihre Arbeitsschwerpunkte im Bereich der mikrobiellen Stoffproduktion und Biokatalyse. Der Arbeitskreis arbeitet u. a. seit vielen Jahren im Bereich der mikrobiellen und enzymatischen Synthese von Biotensiden. Hier werden im beantragten Projekt insbesondere starke Synergien mit der Arbeitsgruppe Krastev aktiviert. Die Gruppe für Biomaterialien am NMI führt Analysen an einzelnen Schaumfilmen durch. Die Forschung ist dabei eng mit der Bearbeitung verschiedener industrierelevanter Probleme verbunden. Die einzelnen Schaumfilme bilden die Grundelemente der Schaumstoffe, über ihre Stabilität und Durchlässigkeit lässt sich der Aufbau von wässrigen Schäumen gezielt steuern. Die Gruppe verfügt hierzu über einzigartige Instrumente zur Charakterisierung der Schaumfilme.

2.3 Ziele und Arbeitsprogramm

Das übergeordnete Ziel der Forschungsinitiative „InSeL“ ist die Entwicklung von funktionsoptimierten Leichtbauwerkstoffen auf der Basis von offenporigen Schäumen für industriennahe Anwendungen. Durch die bisher nicht realisierbare Verknüpfung von Formsteifigkeit, hohen Dämpfungseigenschaften und niedrigem Eigengewicht sollen der hier bereits am technisch möglichen Grenzbereich arbeitenden Industrie neuartige Auslegungsoptionen zur Effizienzsteigerung geboten werden. Die jährlichen Meilensteine (**MS I** bis **MS III**) zur Einhaltung der Gesamtzielsetzung sind:

MS I: Definition der relevanten Prozessparameter für die einzelnen Verfahrenstypen, sowie Untersuchungsmethodik zur spezifischen Charakterisierung.

MS II: Herstellungsmethodik und Verfahren im Stadium der Prototypenproduktion, Versuchsanlagen zur Definition der anwendungsrelevanten Werkstoffeigenschaften.

MS III: Gezielte und reproduzierbare Herstellung von Leichtbauwerkstoffen auf der Basis von offenporigen

MS IV: Metallschäumen, sowie der strukturgebenden Polymerschäume. Parameterdefinition für die erforderlichen Werkstoffeigenschaften in der industrienahen Anwendung.

Ausblick (4. und 5. Jahr): Umsetzung der entwickelten Leichtbauwerkstoffe an gezielten industrienahen Anwendungen sowie die Anwendung der entwickelten monodispersen Polymerschäume als formgebende Ursprungsmodelle für die zellulären metallischen Werkstoffverbunde.

Das Arbeitsprogramm umfasst zum einen die Entwicklung zellulärer metallischer Werkstoffe, die neben der Herstellung von Schaum-Matrix-Verbunden zur Optimierung von werkstoffspezifischen Einflussfaktoren durch die Infiltration von offenporigen Schäumen mit einer zweiten Komponente (Hybrid-Schäume), die Realisierung einer Methodik zur Generierung von offenporigen Metallschäumen, deren mechanische Eigenschaften nach dem Vorbild der Dispersionshärtung durch die Implementierung einer keramischen Zweitphase signifikant verbessert werden (DisH-Schäume). Darüber hinaus werden monodisperse Polymerschäume durch den Einsatz von Tensiden (Tensid-Schäume) hergestellt, die wiederum optimal für die beiden zuvor genannten Verfahren verwendet werden sollen. Daraus ergeben sich drei Themenbereiche (**Modellentwicklung, Materialsynthese** und **Eigenschaftscharakterisierung**), auf die sich die Arbeiten der Forschungsinitiative fokussieren. Für die jeweiligen Werkstoffverbunde wurden Materialpaarungen ausgewählt, die die Basis für die Herstellung bilden. Diese umfassen für Hybrid-Schäume den Einsatz von offenporigen Stahlschäumen, welche durch eine Matrix auf Polymer- bzw. Magnesiumbasis infiltriert werden. Ein solcher hybrider Werkstoff sollte nunmehr die hervorragenden Dämpfungseigenschaften der Matrix und der Stützstruktur sowie die geringe Masse der beiden beteiligten Werkstoffe kombinieren und dennoch die erforderlichen Festigkeiten und Steifigkeiten gewährleisten können. Bei DisH-Schäumen steht insbesondere die Festigkeitssteigerung von offenporigen Metallschäumen mit geringer Dichte im Vordergrund. Auf Grund mangelnder Möglichkeiten zur Festigkeitssteigerung durch konventionelle Methoden (wie z. B. die thermomechanische Behandlung), soll eine feste Zweitphase (i. d. R. spröde Partikel) in die duktile Grundmatrix der Schaumstruktur eingebracht werden. Durch den Erhalt ihrer Offenporigkeit ist weiterhin eine funktionale Nutzung der großen Schaumoberfläche geboten. Als Modellwerkstoffe sollen hier AlSi und SiC-Partikel sowie AlZnMg und Al₂O₃-Partikel dienen. Eine gute Bindung innerhalb der jeweiligen Werkstoffpaarung ist dabei durch das Bestreben zu Bildung des Eutektikums bei AlSi-SiC und durch die Bildung der Spinell-Phase bei AlZnMg-Al₂O₃ zu erwarten. Als Materialien für die Tensid-Schäume werden verschiedene bakterielle Rhamnolipide (RL) bzw. mit Hefen produzierte Sophoroselipide (SL) verwendet. Bakterielle Rhamnolipide erscheinen wegen der sehr niedrigen CMC-Werte im Bereich von wenigen 10mg/L, der sehr feinen Schaumstruktur und der hohen Schaumstabilität besonders interessant. Von Interesse wird außerdem sein, sowohl die verschiedenen Biotenside als auch die Biotenside mit chemischen Tensiden zu kombinieren.

I. Modellentwicklung

I.a. Modellierung zellulärer metallischer Verbundwerkstoffe

Dieser Themenbereich befasst sich mit der Entwicklung verlässlicher Strukturmodelle, wodurch die mechanischen Eigenschaften von offenporigen zellulären Strukturen mittels Kompositbildung und Infiltration optimiert werden können. Zum einen werden Polymerschäume mit unterschiedlichen Porendichten einem thermisch additiven Verfahren unterzogen, um gezielt die relative Dichte einzustellen. Zum anderen werden rechnergestützte Modelle entwickelt, mit denen definierte zelluläre Strukturen hergestellt werden können. Daneben sollen Maßnahmen zur erfolgreichen zweiphasigen Synthese, sowie die metallurgischen Grundlagen zur hochfesten Kohäsion der Verbundpartner und deren Einflussnahme aufeinander, z. B. durch gezielt gesteuerte Diffusionsprozesse eruiert werden. Für interpenetrierende Hybrid-Schäume (Kombinationen von Schäumen, die als co-kontinuierliche, geschäumte Phasen vorliegen) steht zunächst die geeignete Materialauswahl hinsichtlich Matrixmaterial, Porengröße und Kompatibilität zur Diskussion. Das Konzept sieht vor einen Materialverbund aus offenporigem Metallschaum und eingebettetem Polymerpartikelschaum (Polyolefine EPP/EPE oder Polystyrole EPS) zu untersuchen, wobei zunächst ein Herstellungs-konzept zur Kombination der Schaummaterialien im Formteilprozess definiert werden soll. Daneben soll die Traversiereinheit der o. g. Werkzeugmaschine zur Erhöhung der Steifigkeit mit den entwickelten Werkstoffen auf Basis offenporiger Metallschäume ergänzt und in einer Sandwichbauweise mit CFK optimiert werden. Hierbei sollen diverse Prototypenmuster unter Anwendung von Verbundwerkstoffen auf Metallschaumbasis einem vorab erstellten Testprogramm sowie entsprechenden Festigkeits- und Steifigkeitsprüfungen an anwendungsorientierten Prüfständen unterzogen werden. Dieses Testprogramm dient als Grundlage für die Neuauslegung und Optimierung. Als Vergleichsmuster wird eine Sandwichstruktur mit einem handelsüblichen Polyester-schaum verwendet. Für die Simulation von Erstarrungsprozessen werden Materialmodelle auf die thermodynamische Energiefunktionen und materialspezifische Eigenschaften angepasst. Um die Festigkeit von DisH-Schäumen zu erhöhen und die mechanischen Eigenschaften kontrolliert einzustellen, sollen durch Simulationen des Erstarrungsprozesses möglichst homogene und gradierte Verteilungen der Keramikpartikel innerhalb der Metallstruktur erreicht werden. Für Hybrid-Schäume soll in Simulationen der Infiltrationsprozess optimiert werden, indem die Trägerstruktur des Metallschaumes gezielt ausgelegt wird.

I.b. Modellierung von monodispersen Polymerschäumen durch den Einsatz von Tensiden

Bei der Erzeugung definierter monodisperser Schaumstrukturen ermöglicht die Wahl der Tensidmoleküle eine Kontrolle der Parameter des Schaumes. Hierbei lassen sich das Größenwachstum der Blasen und deren Vernetzung im Reifungsprozess durch die Auswahl verschiedener Tenside oder Mischungen und deren Konzentrationen kontrollieren. Der Hauptaufgabenschwerpunkt liegt hierbei in der Definition, Prozessintegration und Anwendung der Tensid-Strukturen, welche die Bildung von stabilen Schäumen garantieren und die Oberflächenspannung der verwendeten Lösung (zur Bildung unterschiedlicher Blasendurchmesser) variieren können. Darüber hinaus werden die mikrobiell und enzymatisch hergestellten Biotenside bezüglich ihrer

Eignung zur Herstellung von Polymerschäumen bewertet und dabei mit bisher verwendeten chemischen Tensiden verglichen und ggf. kombiniert. Dafür werden die unterschiedlichen mikrobiell produzierten nichtionischen und anionischen Glycolipide sowie enzymatisch synthetisierten Alkylpeptide systematisch erfasst und klassifiziert. In Mikrostruktursimulationen soll die Gasblasenentstehung und -ausbreitung in der wässrigen Tensid-Polymer-Lösung zur Ausbildung monodisperser Polymerschäume berechnet und untersucht werden. Basierend auf thermodynamischen Phasendiagrammen soll zunächst ein neues Materialmodell zur Beschreibung der Phasenumwandlung zur Bildung der Gasphase entwickelt werden. Die Methoden werden an einfachen Konfigurationen einzelner Gasblasen mit theoretischen Gesetzen und experimentellen Beobachtungen validiert.

II. Materialsynthese

II.a. Herstellung zellulärer metallischer Verbundwerkstoffe

Hier steht die Entwicklung der Herstellungsverfahren für die zellulären metallischen Verbundwerkstoffe im Fokus. Von besonderem Interesse bei den dispersionsgehärteten Metallschäumen ist hierbei der Zusammenhang zwischen den schmelzmetallurgischen Parametern und der räumlichen Verteilung der Zweitphase in Form von im Volumen variierenden (keramischen) Partikeln. Bei den Schaum-Matrix-Verbunden werden sowohl Metallschäume mit Polymeren infiltriert, wobei der Schaum als eine Art Stützstruktur fungiert und die erforderliche Grundfestigkeit und -steifigkeit gewährleistet, während in gleichem Zuge der infiltrierte Polymerwerkstoff als Schwingungssenkung dient. Bei den interpenetrierenden Hybrid-Schäumen steht die Weiterentwicklung des Herstellungsverfahrens für Materialien stark unterschiedlicher Rohdichten und deren entstehende Material-Grenzflächen im Vordergrund, um ein leistungsfähiges und gleichzeitig steifes Leichtbauelement zu erhalten. Durch eine gezielte Variation der Material- und Prozessparameter sollen Kombinationen aus Metall- und Polymerschäumen in einem Formteilprozess durch Versinterung mittels Wasserdampf hergestellt werden. Im Bereich der Sandwichstrukturen zwischen CFK und den verwendeten Aluminiumschäumen sind zwei Aspekte die Hauptbestandteile der Materialsynthese. Zum einen wie eine gute Haftung zwischen Laminat und Schaum unter Berücksichtigung von geeigneten Harzsystemen und diverser Herstellverfahren garantiert werden kann. Zum anderen wie eine elektrochemische bzw. galvanische Korrosion durch Verwendung geeigneter Kopplungsmaterialien verhindert werden kann. Die Materialsimulationen zu DisH-Schäumen berücksichtigen die Hydrodynamik der Metallschmelze und können Strukturparameter und Benetzungseigenschaften zur Vermeidung von Partikelanhäufungen identifizieren. Die Materialmodelle ermöglichen die Auflösung der einzelnen Keramikpartikel und berechnen die Dynamik der Partikel in der Metallschmelze. Parameterstudien erlauben die Vorhersage der Verteilung der Keramikpartikel abhängig von diversen System- und Prozessgrößen. In Simulationsstudien zu Hybrid-Schäumen soll das Dämpfungsverhalten in den heterogenen Gefügen für verschiedene Metallschaumstrukturen und Materialverbunden untersucht werden.

II.b. Materialsynthese monodisperser Polymerschäumen durch den Einsatz von Tensiden

Zur Erzeugung definierter stabiler Polymerschäume für die Metallschaumherstellung ist es notwendig deren Matrix während der Entstehung des Schaumes kontrolliert zu verfestigen, so dass eine stabile Schaumstruktur entsteht. Dies wird durch *in situ*-Vernetzung von Polymeren oder Monomeren erreicht, die bei der Schaumbildung neben den Tensiden der Schaummatrix beigemischt sind. Dieser Arbeitsschwerpunkt ist fokussiert auf die Definition geeigneter Polymere, Monomere oder Präpolymere und die Entwicklung eines direkten Polymerisationsverfahrens zur Bildung der Polymerschäume. Nach Sichtung und Klassifizierung sollen von den nichtionischen und anionischen Glycolipide, die aus Sicht der Projektpartner am aussichtsreichsten erscheinenden Verbindungen in ausreichenden Mengen sowohl in reiner Form als auch als Produktgemische zur Verfügung gestellt werden. Hierfür ist es ggf. erforderlich, die zuvor mikrobiell produzierten Verbindungen teilweise zu defunktionalisieren, um so einheitlichere Produkte zu erhalten bzw. sind Produktgemische durch präparative Mitteldruckchromatographie zu fraktionieren. Wichtige Fragestellungen für die Materialauswahl sind des Weiteren die Produktreinheit und der Gehalt an chemischen Strukturen und Funktionalitäten in den hydrophilen und hydrophoben Molekülanteilen. Für Tensid-Polymerlösungen sollen Simulationen der Gasblasenbildung mit Variation der Materialeigenschaften (Oberflächenspannung und Dichte) durchgeführt und die Wirkung auf die Gasblasenanordnung und anschließenden Porenstruktur analysiert werden. Die Modellierungsmethoden können zunächst die Bildung von Gasblasen abbilden und darauf aufbauend die Propagation der Gasblasen in der wässrigen Lösung beschreiben. In weiterführenden rechnerbasierten Arbeiten soll der Einfluss prozessspezifischer Größen auf die Porenstrukturbildung und Gefügeeigenschaften ermittelt werden.

III. Eigenschaftscharakterisierung

III.a. Charakterisierung der zellulären metallischen Verbundwerkstoffe

Eine zentrale Aufgabe ist hierbei die Charakterisierung der mikrostrukturellen und mechanischen Eigenschaften des Zweiphasenverbundes. Dabei werden das Anbindungsverhalten der Partikel in der Matrix und der Einfluss des Partikelanteils sowie der Werkstoffkombination sowohl auf das mikrostrukturelle (Beurteilung der Grenzflächeneigenschaften) als auch das mechanische Verhalten (festigkeitssteigernde Mechanismen) näher untersucht und deren Zusammenhänge aufgezeigt. Daneben stehen die Ermittlung der Festigkeit, Steifigkeit und der Dämpfungskonstanten im Fokus der experimentellen Tätigkeiten, wobei Versuche an den Verbund-Komponenten unter realitätsgetreuen Bedingungen durchgeführt werden. Die gewonnenen Steifigkeiten sowie die erweiterten Eigenschaften aus der Materialkombination wie thermisches Isolationsvermögen oder akustisches Dämpfungsverhalten werden bei den interpenetrierenden Schäumen charakterisiert und mit etablierten Systemen verglichen. Dabei liegt der Fokus auf der Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften der einzelnen Phasen und im Verbund. Darüber hinaus sind das Aufzeigen der Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Werkstoffkombinationen und die Identifikation der Prozesseinflussgrößen ein wesentlicher Bestandteil. Die Eigenschaftscharakterisierung bei der Traversiereinheit

erfolgt im Vergleich mit einem heute gängigen Standardaufbau zwischen CFK und Polyesterschaum und dem CFK mit den ausgewählten Aluminiumschäumen. Dabei werden die Festigkeiten der verschiedenen Proben gegenübergestellt und das Leichtbaupotenzial herausgearbeitet. Nach der Charakterisierung erfolgt die konstruktive Auslegung einer optimierten Verfahrenseinheit, die durch entsprechende Simulationsrechnungen gestützt wird. Auf der Grundlage der systematischen Simulationsstudien mit Variation der mikrostrukturellen Kenngrößen und Prozessbedingungen sollen Korrelationen zwischen der zellularen Struktur, dem Gefüge und den Schaumeigenschaften hergeleitet werden. Dabei sollen Nachbarschaftszusammenhänge innerhalb der Erstarrungsstrukturen der Stege sowie für die Charakterisierung der Porosität angewendet werden. Aus den Ergebnissen lassen sich, als Unterstützung der experimentellen Materialsynthese Designvorschläge, für den Aufbau der DisH- und Hybrid-Metallschäume mit möglichst dichter Füllung und kompaktem Materialverbund ableiten. Weiterhin können optimale Prozessführungsbedingungen für die Infiltration berechnet werden.

III.b. Charakterisierung der durch den Einsatz von Tensiden hergestellten Polymerschäumen

Der Zusatz der Polymere zu den reinen Tensid-Mischungen kann das physikalische Verhalten der Lösung grundlegend ändern, woraufhin das zuvor entwickelte Schäumungs- bzw. Polymerisationsverfahren im gemeinsamen Austausch optimiert werden muss. Ähnliche Maßnahmen sind auch für die Retikulierung der Polymerschäume vorzusehen. Für die Eigenschaftscharakterisierung werden neue Messmethoden etabliert und geeignete Tenside, Präpolymere/Monomere sowie das Polymerisationsverfahren ausgewählt. Weiter ist die Realisierung einer nachfolgenden Retikulierbarkeit der mono-dispersen Polymerschäume zur Bildung offenporiger Strukturen eine wichtige Aufgabe. Im Vordergrund steht hierbei die Einstellung der mechanischen Stabilität einzelner Schaumlamellen in Abhängigkeit von der verwendeten Tensid-Mischung sowie die Umsetzung der Retikulierung selbst. Im Einzelnen werden folgende Eigenschaften der Schaumlamellen charakterisiert: (1) Stabilität mit synthetischen Tensiden und Biotensiden, (2) Dicke und mechanische Eigenschaften, (3) Gas-Durchlässigkeit, (4) Stabilität in Präsenz von Präpolymeren oder Monomeren, (5) Einfluss des Polymerisationsprozesses auf Stabilität und Durchlässigkeit. Ziel ist es, mikrobiell und enzymatisch hergestellte Biotenside zur Herstellung von Polymerschäumen einzusetzen und dabei mit chemischen Tensiden zu vergleichen bzw. zu kombinieren. Bezüglich der Charakterisierung der Eigenschaften sind dabei wichtige Fragestellungen, die gemeinsam mit den Projektpartnern untersucht werden sollen u.a. die Bedeutung der Produktreinheit für die Polymerschraubildung, der Einfluss der chemischen Strukturelemente und Funktionalitäten der bzw. in den hydrophilen und hydrophoben Molekülanteilen, und bei den enzymatisch hergestellten Verbindungen vor allem der Einfluss unterschiedlicher Kettenlängen der hydrophoben Molekülanteile. Bei Anwendungsuntersuchungen sind weiter von Interesse die Kombination von Biotensiden und als gut geeignet identifizierten chemischen Tensiden verschiedener Stoffklassen, um mögliche synergistische Effekte bei der Polymerschraubildung zu erkennen, wie sie für andere Tensidanwendungen z. B. im Kosmetik- oder Pharmabereich bereits beschrieben wurden. Auf der Grundlage der Simulationen zur Gasblasenbil-

dung in wässrigen Tensid-Polymer-Lösungen sollen Systemeinstellungen abgeleitet werden, die zu möglichst homogener Porengröße und einem hohen Grad an Monodispersität führen. Basierend auf den ermittelten Zusammenhängen zwischen Materialeigenschaften und der entstehenden Gasblasen-/Porenstruktur für monodisperse Schäume sollen durch Simulationen geeignete praxistaugliche Material- und Prozesskonfigurationen zur Generierung gradierter Schaumstrukturen entwickelt werden.

2.4 Vorgesehene organisatorische Struktur

Zur Verwirklichung der Zielsetzung tragen die Inhalte und Ergebnisse aus den drei Themenbereichen (*Modellentwicklung, Materialsynthese und Eigenschaftscharakterisierung*) bei, deren Verknüpfung der Organisationsstruktur (**Bild 2**) entnommen werden kann.

Die einzelnen Themenbereiche und die daraus resultierenden Themenschwerpunkte werden an den entsprechenden Hochschulen federführend betreut. Die separat geförderten (*außer-*) *universitären Kooperationspartner* (NMI, IAM, FAST, TeBi) bringen sich zudem mit eigenen, aber auf die Hochschul-Themen abgestimmten Schwerpunkten ein. Neben dem Transfer der Ergebnisse in relevanten Themenclustern und der Vernetzung zu

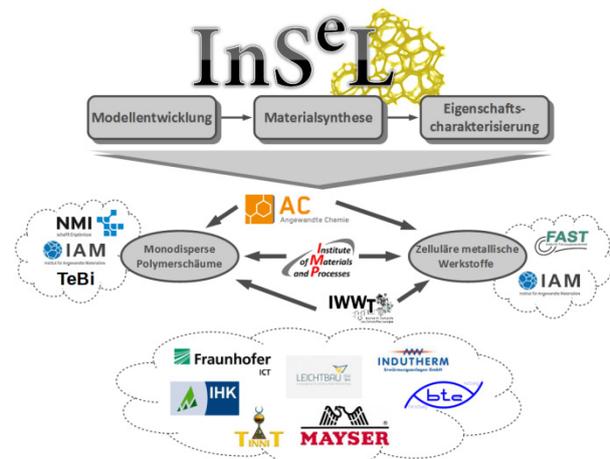


Bild 2: Organisationsstruktur des Projektverbundes „InSeL“

potenziellen Industriepartnern (*Leichtbau BW GmbH, IHK Nordschwarzwald*), sind die beteiligten Unternehmen bei der Herstellung (*Indutherm GmbH, Mayser GmbH & Co. KG*), der Simulation (*TinniT Technologies GmbH*) und der Umsetzung bzw. Anwendung (*Mayser GmbH & Co. KG, BTE I & V GmbH & Co. KG*) der entwickelten Strukturen ebenfalls eng und intensiv eingebunden. Darüber hinaus bietet das *Fraunhofer ICT* die Möglichkeit, im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten den für eine ganzheitliche Betrachtung notwendigen Bereich der Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit der neu entwickelten Werkstoffe näher zu untersuchen. Während der Projektlaufzeit findet ein ebenso enger, wie für die zielführende Arbeitsweise essentieller, Ergebnisaustausch statt, sodass Zwischenergebnisse zeitnah auf Anwendungsrelevanz gegengeprüft, sowie parallele Entwicklungstätigkeiten zeitnah und eng aufeinander abgestimmt werden können. Im Zuge des Projektfortschrittes wird im Rahmen von Symposien ein steter Informationsaustausch zwischen den Forschungseinrichtungen und den Unternehmen bzw. Organisationen aus der Industrie stattfinden, sodass die Methoden zur Synthese und Charakterisierung o. g. Werkstoffe/Werkstoffpaarungen individuell auf die entsprechenden Bedarfe abgestimmt und auf deren Umsetzbarkeit und Leistungserfüllung erprobt werden können. In diesem Zuge soll interessierten Firmen und Instituten der thematische Zugang erleichtert und der direkte Austausch mit den Verbundteilnehmern ermöglicht werden. Soweit es im Sinne der eigenen Zielsetzung ist, besteht die Möglichkeit in diesem Zuge weitere sinnvolle Partner in die Forschungsinitiative „InSeL“ zu integrieren.

3 Voraussichtliche Förderbedarfe

Nachstehend sind die Förderbedarfe für das beantragte Forschungscluster „InSel“ unterteilt in die Kostenarten Personal und Sachmittel sowohl für die HAWen als auch für die Aufwendungen der (außer-)universitären Kooperationspartner aufgeführt.

3.1 Förderbedarfe der HAWen

Die Bearbeitung der Themenschwerpunkte werden an den Hochschulen E13-Stellen beantragt. Daneben sind zur Unterstützung E10er-Stellen für Bachelorabsolventen bzw. Masterstudenten an den Hochschulen Pforzheim und Reutlingen vorgesehen. Die spezifischen Aufwendungen der einzelnen HAWen werden durch Sachmittel entsprechend dem individuellen Bedarf zur Versuchsdurchführung gedeckt.

Kostenart	IWWT (€/a)	IMP (CMSE, IFP) (€/a)	AC (€/a)	Summe (€/a)
Personalmittel				
E13	3x 100%: 181.800 €	3x 80% 145.440 €	1x 100%: 60.600 €	387.840 €
E10	1x 50%: 25.500 €		1x 100%: 51.000 €	76.500 €
Sachmittel	16.000 €	9.500 €	10.000 €	35.500 €
Gesamtsumme	223.300 €	154.940 €	121.600 €	499.840

3.2 Aufwendungen (außer-)universitärer Kooperationspartner

Die zusätzlich zu dem Fördervolumen des ZAFH-Programms für Fachhochschulen anfallenden Aufwendungen des Institutes für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) am KIT, des Institutes für Angewandte Materialien (IAM) am KIT, des Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Instituts (NMI) in Reutlingen und der Abteilung „Technische Biologie“ (TeBi) am Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik am KIT zur Durchführungen der eigenen Themenschwerpunkte, ebenfalls E13-Stellen, umfassen 248.920 € p.a., die gesondert parallel zum Vollantrag der HAWen beantragt werden.

Kostenart	FAST (€/a)	IAM (€/a)	NMI (€/a)	TeBi (€/a)	Summe (€/a)
Personalmittel					
80 % E13	48.480 €	48.480 €	48.480 €	48.480 €	193.920 €
Hiwi		5.000 €			5.000 €
Sachmittel	15.000 €	5.000 €	15.000 €	15.000 €	50.000 €
Gesamtsumme	63.480 €	58.480 €	63.480 €	63.480 €	248.920 €

4 Eigenbeiträge der Verbundpartner

4.1 Eigenbeiträge der Unternehmen

Die am Forschungscluster „InSel“ beteiligten Unternehmen leisten Eigenbeiträge in Form von geldwerten Leistungen, welche in der Summe 88.900 €/a betragen und wie folgt spezifiziert werden:

- Die Indutherm GmbH beteiligt sich durch die Unterstützung bei den schmelzmetallurgischen Experimenten durch Anlagennutzung, Verbrauchsmaterial, personelle Unterstützung und Beratung in einer Höhe von 10.000€/a.
- Die Mayser GmbH & Co. KG bringt sich wie folgt ein: Analysen, Bewertungen, Betrachtungen sowie Abstimmungen im Hause und bei Projekttreffen ca. 10.000€, Mustererstellung ca. 5.000 € und Versuche auf Serienanlagen ca. 6.000€. Dies ergibt eine Gesamthöhe von 21.000€/a
- Die TinniT Technologies GmbH unterstützt die einzelnen Arbeitsschwerpunkte durch eine Einbindung in der Simulation in Form von Berechnungen und Modellgenerierung sowie durch Beratung und fachlichem Austausch mit 25.000€/a.
- Die BTE I & V GmbH & Co. KG ist am Forschungsvorhaben mit ca. 23.700€/a für beratende Tätigkeiten, Recherche sowie Konstruktion und Realisierung von Versuchsprüfständen beteiligt.
- Die Leichtbau BW GmbH wird einen Transfer der Forschungsergebnisse in die Industrie durch eigene strukturelle Tätigkeiten forcieren. Hierfür ist die Einbindung des Forschungsclusters „InSeL“ in die Schwerpunkte der Agentur vorgesehen. Zudem erfolgen Veröffentlichungen und Bekanntmachungen der Arbeiten des Forschungsclusters „InSeL“ im eigenen weitläufigen Netzwerk der leichtbautechnologischen Industrie und Forschung. Zusätzlich fördert die Leichtbau BW GmbH den Transfer der Forschungsergebnisse durch die Unterstützung bei Presse- und Öffentlichkeitsarbeiten sowie bei der Organisation und Durchführung von Veranstaltungen mit 9.200€/a.
- Die IHK Nordschwarzwald unterstützt das Projekt beim Aufbau eines umfassenden werkstoffspezifischen Netzwerkes und bei der Vermittlung potenzieller industrieller Anwender.

4.2 Eigenbeiträge der HAWen, Universitäten und Forschungseinrichtungen

Die antragstellende Hochschule Pforzheim, sowie die am Forschungscluster „InSeL“ beteiligten Hochschulen für angewandte Wissenschaften, Universitäten und Forschungsinstitutionen werden in den folgenden Bereichen Eigenbeiträge leisten:

- **Personal**
 - Arbeitsleistungen (Betreuung, Bereitstellung von Arbeitskräften, Koordination, Arbeitstreffen, wissenschaftliche Diskussionen, Vorträge, Veröffentlichungen, usw.) der Professoren der **HAWen**: *Pforzheim*: N. Jost, G. Frey, M. Golle, J. Woidasky, R. Häberer; *Karlsruhe*: B. Nestler, R. Haas, F. Pöhler, E. O. Bernhardt, M. Kipfmüller, R. Schwab; *Reutlingen*: R. Krastev, G. Lorenz; der **Forschungsinstitutionen** R. Schweppe, H. Hämmerle, F. Henning, sowie der **Unternehmen** Indutherm GmbH, Mayser GmbH & Co. KG, TinniT Technologies GmbH, BTE I & V GmbH & Co. KG, Leichtbau BW GmbH und der IHK Nordschwarzwald.

- Personal-Ressourcen der Hochschule Pforzheim für das allgemeine Projektmanagement
- **Materielle Unterstützung**
- Büroräume, Arbeitsplätze für Mitarbeiter mit Rechnern.
- Laborräumlichkeiten und deren Einrichtung: Metallographie, Werkstoffkunde an den Hochschulen Pforzheim und Karlsruhe, Fertigungs-/Produktionstechnik der HS Karlsruhe, chemisches Labor für Biomaterialien an der HS Reutlingen und Bereitstellung Verbrauchsmaterial
- Rechnerarbeitsplätze und Infrastruktur mit Zugang zum High-Performance-Linux-Cluster mit 400 Cores des IMP der HS Karlsruhe.
- Zugang zu Rechenclustern am Scientific Computing Center (SCC) des KIT und am HLRS der Universität Stuttgart.
- Zugang zu den Laborräumlichkeiten und Anlagen des Fachbereiches Biomaterialien am NMI, sowie Bereitstellung der Verbrauchsmaterialien.
- Zugang zu den Laborräumlichkeiten und Anlagen des Lehrstuhls für Leichtbautechnologie am FAST (KIT), sowie Bereitstellung der Verbrauchsmaterialien.
- Bereitstellung von Sachmitteln und Büromaterial, wie Drucker, Kopierer, Porto, Telefonate und Papier.
- Infrastruktur der Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen.

5 Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis

Die geplanten Forschungsarbeiten und Projektschwerpunkte der Initiative „InSeL“ enthalten völlig neue stark anwendungsbezogene Forschungsarbeiten. Die Themenbereiche innerhalb des Vorhabens sind weder in der vorliegenden noch in einer ähnlichen Form bei einer anderen Förderinstitution beantragt bzw. gefördert worden. Es sind daher keine Bewilligungen erfolgt oder in Aussicht. Daten und Ergebnisse aus diesem Forschungszentrum sollen in der frei zugänglichen wissenschaftlichen Fachliteratur veröffentlicht werden. Erzeugte Rohdaten werden entsprechend den Richtlinien der Forschungseinrichtungen auf Massendatenträgern gespeichert und mindestens für zehn Jahre aufbewahrt. Das Konsortium folgt den aktuellen Empfehlungen zur „Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ der DFG (siehe **Anlage C**).

6 Explizite Stellungnahme zu *Operationelles Programm des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in Baden-Württemberg 2014-2020 „Innovation und Energiewende“*

6.1 *Investitionspriorität 1b: Förderung von Investitionen der Unternehmen in Innovation und Forschung sowie Verbindungen zwischen Unternehmen, FuE-Zentren und Hochschulwesen*

Das hier beantragte Projektvorhaben erfüllt alle Anforderungen im Hinblick auf die Investitionspriorität 1b im OP Baden-Württemberg EFRE 2014-2020 und dort im speziellen der Aufbau von Verbindungen und Synergien zwischen Unternehmen, Forschungs- und Entwicklungszentren und dem Hochschulsektor. So findet im Rahmen der Durchführung der einzelnen Themenschwerpunkte ein enger Austausch mit den beteiligten Unternehmen statt. Hierzu zählen insbesondere auch regionale KMUs wie Indutherm GmbH, Tinnit Technologies GmbH oder BTE I & V GmbH & Co. KG sowie das Unternehmen Mayser GmbH & Co. KG, die sich auch aktiv in den Arbeitsbereichen beteiligen werden. Weiter besteht zwischen den Themenbereichen ein enger und für die zielführende Arbeitsweise essentieller Ergebnisaustausch. Insgesamt wird so das bereits existierende F+E-Netzwerk weiter optimiert, vertieft und gezielt zu einem dynamisch ausbaufähigen „Metallschaum-Cluster“ vergrößert.

6.2 *Strategisches Ziel 3: Verbesserung des Zugangs zu und der Nutzung von Ergebnissen angewandter Forschung in den Spezialisierungsfeldern Baden-Württembergs*

Zur Erhöhung der Transparenz spezifischer Kompetenzbereiche der Wissenschaft und des direkten Transfers der Forschungsergebnisse im Spezialisierungsfeld „Umwelttechnologien, Erneuerbare Energien und Ressourceneffizienz“ in die Industrie ist die Leichtbau BW GmbH und die IHK Nordschwarzwald als zentrale Schnittstelle zwischen angewandter Forschung und Industrie in das Vorhaben involviert. So übernimmt die Agentur die zeitnahe und umfassende Veröffentlichung der Forschungsergebnisse in eigenen relevanten Themenclustern zur Schlüsseltechnologie Leichtbau¹, sowie im Leichtbau-Netzwerk des Landes Baden-Württemberg. Durch diese Aktivitäten wird ein direkter Wissens- und Technologietransfers zur relevanten Wirtschaft und anderen Forschungseinrichtungen gewährleistet. Interessierten Firmen und Instituten soll in diesem Zuge auch und vor allem der thematische Zugang erleichtert und der direkte Austausch mit den Verbundteilnehmern ermöglicht werden. Daneben unterstützt die IHK mit ihren Aktivitäten und Netzwerken beim Aufbau eines umfassenden werkstoffspezifischen Netzwerks mit Fokus auf eine neue und hochinteressante Werkstoffgruppe. Der IHK-Technologietransfermanager, der vom Land mit EFRE-Mitteln gefördert ist, trägt im Rahmen seiner Aufgabenstellung ebenso dazu bei, die erreichten Forschungsziele potenziellen industriellen Anwendern zu vermitteln und so eine schnelle und wirtschaftliche Umsetzung zu unterstützen. (siehe hierzu Abschn. 2.4 und Anlagen F und G in der Projektskizze).

¹ Im Zusammenhang der vier Spezialisierungsfelder werden in der Dokumentation *Innovationsstrategie Baden-Württemberg* direkt die Schlüsseltechnologien, insbesondere Leichtbau, genannt.

- **Outputindikator CO24 (Forschung und Innovation: Zahl der neuen Wissenschaftler in unterstützten Einrichtungen)**

Nachfolgend ist die Anzahl der zusätzlichen FuE-Arbeitsplätze in Vollzeitäquivalent (VZÄ), die im Rahmen des beantragten ZAFHs sowohl bei den Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAWen) als auch bei den (außer-)universitären Kooperationspartnern entstehen, in einer Tabelle dargestellt (siehe hierzu und zur Erläuterung der Abkürzungen zu den Forschungseinrichtungen **Abschn. 3.1** und **3.2** in der Projektskizze).

HAWen			(außer-)universitäre Einrichtungen			
IWWT	IMP	AC	FAST	IAM	NMI	TeBi
3x 1,0 1x 0,5	3x 0,8	2x 1,0	1x 0,8	1x 0,8	1x 0,8	1x 0,8

- **Outputindikator CO26 (Zahl der Unternehmen, die mit Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten)**

Die Anzahl der Unternehmen, die mit den geförderten Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten, beläuft sich auf fünf. Dazu zählen: Indutherm GmbH, Mayser GmbH & Co. KG, TinniT Technologies GmbH, BTE I & V GmbH & Co. KG und Leichtbau BW GmbH (siehe hierzu **Abschn. 4.1** in der Projektskizze). Darüber hinaus ist es möglich, während des Projektverlaufes, weiteren interessierten Unternehmen einen unkomplizierten Zugang in das Forschungscluster zu gewähren, wozu insbesondere die Leichtbau BW GmbH und die IHK Nordschwarzwald einen signifikanten Beitrag leisten (vgl. **Abschn. 6.2**).

- **Ergebnisindikator EI 02 (Anteil der KMU, die sich am Innovationsgeschehen beteiligen)**

Am Projektvorhaben beteiligen sich insgesamt fünf Unternehmen, von denen vier per Definition die Bezeichnung KMU zuzuordnen ist. Damit sind 80% der beteiligten Unternehmen KMUs.

6.3 Querschnittziel: Nachhaltige Entwicklung

Die angestrebten Ergebnisse des Vorhabens lassen gleich in mehrerlei Hinsicht positive Auswirkungen auf die Interessen des Umweltschutzes erwarten. Dies umfasst einerseits die für werkstoffbasierte Leichtbauthemen effektive und vor allem nachhaltige Schonung natürlicher Ressourcen, sowie andererseits einen damit verbundenen Beitrag zu ökologischen Prozessen und Technologien mit direkter Auswirkung auf den Klimaschutz durch die Steigerung der Ressourceneffizienz und die, je nach Anwendung, direkte oder indirekte Reduktion von Emissionen.

6.4 Querschnittziel: Chancengleichheit und Nichtdiskriminierung

In den geförderten Einrichtungen wird jede Form der Diskriminierung aufgrund des Geschlechts, der Rasse oder ethnischen Herkunft, der Religion oder Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters oder der sexuellen Ausrichtung vermieden.

6.5 Querschnittziel: Gleichstellung von Männern und Frauen

Die im Rahmen des beantragten Vorhabens für die Projektlaufzeit bereitgestellten Arbeitsplätze/Stellen werden bzw. können gleichermaßen von Männern und Frauen besetzt werden.

Weibliche und männliche Mitarbeiter/innen haben in den geförderten Einrichtungen die gleichen Qualifizierungs-/Aufstiegschancen. Durch die Einführung von Teilzeitarbeitsplätzen, Telearbeit und flexible Arbeitszeiten können Beruf und Familie miteinander in bester Weise vereinbart werden.