

Austrian Materials Foresight

Foresight für Hochleistungswerkstoffe zur Stärkung des Wissens- und Produktionsstandortes Österreich

Bruno Hribernik, ASMET

Brigitte Kriszt, Montanuniversität Leoben

Marianne Hörlesberger, AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Die Studie wurde im Auftrag des BMVIT und der FFG durchgeführt

Austrian Materials Foresight

Foresight für Hochleistungswerkstoffe zur Stärkung des Wissens- und Produktionsstandortes
Österreich

Bruno Hribernik¹

Brigitte Kriszt²

Marianne Hörlesberger³

Foresight zum Projekt FFG Nr. 838831 im Auftrag von BMVIT

¹ ASMET Austrian Society for Metallurgy and Materials

² Montanuniversität

³ AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Aus Gründen der Einfachheit und der besseren Lesbarkeit werden bei Verwendung der männlichen Form immer beide Geschlechter angesprochen.

Danksagung

Das Projektteam der Austrian Materials Foresight dankt jenen Vertretern der Wirtschaft und der Wissenschaft, die an den Workshops oder am Zukunftsdialog aktiv mitgewirkt haben. Dank gebührt auch den Unternehmen, österreichischen Forschungseinrichtungen und den intermediären Organisationen, die sie sich in den Dialog und die Erstellung der Austrian Material Foresight eingebracht haben und zum Erfolg der Studie beigetragen haben.

Besonderer Dank gilt den Mitgliedern des Soundingboards, die ehrenamtlich am Projekt mitgewirkt haben. Die konstruktiven Diskussionen und Beiträge des Soundingboards haben maßgeblich den Prozess der Austrian Materials Foresight mitgestaltet.

Des Weiteren sei dem Auftraggeber der Studie Austrian Materials Foresight dem BMVIT und der FFG gedankt, dass sie diese Studie nicht nur möglich gemacht haben, sondern diese bei der Erstellung aktiv begleitet haben.

Zuletzt sei Herrn W. Rhomberg vom AIT Austrian Institute of Technology GmbH für seine Darstellung der Themen von „Produktion der Zukunft“ gedankt. Dank gilt auch Frau P. Warneke für ihre Mitwirkung im Rahmen der Gestaltung und Durchführung der Szenarien Workshops.

VISION Austrian Materials Foresight 2030

Österreich bietet Spitzenforschung und innovative, international nachgefragte Produkte aus zukunftsweisenden Werkstoffen.

Die weltweit besten und gefragtesten Werkstoffforscher und Unternehmen sind in Österreich aktiv. Sie arbeiten an herausfordernden Themen der Werkstoffforschung und an bahnbrechenden Innovationen. Ihre erfolgreiche Zusammenarbeit zeichnet sie aus. Sie sind international vernetzt. Werkstoffe aus Österreich geben weltweit Standards vor und sind Treiber für neue Technologien. Die Wertschöpfung in der Werkstoffbranche wird in Österreich generiert. Werkstoffforschung, Infrastruktur und Produktion sind am neuesten Stand und weltweit beispielgebend. Die österreichische Werkstoffforschung und -industrie werden ausreichend und effektiv von öffentlicher Hand unterstützt.

Austria offers world class research and innovative, internationally demanded products made of advanced and modern materials.

The world's best and most sought-after materials researchers and companies are active in Austria. They work on challenging topics of materials research and breakthrough innovations. Their successful collaboration distinguishes them. They have international networks. Materials from Austria are pioneering and determine the world standards. Added value in the material sector is generated in Austria. Materials research, infrastructure and production are up to date and globally leading. The Austrian materials research and industry are supported suitably and effectively by the public sector.

Inhalt

I.	Kurzfassung	2-7
II.	Extended Abstract	2-9
1	Einleitung	2-11
1.1	Ausgangssituation	2-11
1.2	Prämissen zur Foresight	2-12
1.3	Projektziele	2-13
2	Prozessdesign für die „Austrian Materials Foresight“	2-15
2.1	Foresight Einführung	2-15
2.2	Methodologie im Projekt „Austrian Materials Foresight“	2-19
2.2.1	Preparation Phase	2-20
2.2.2	Main Phase	2-20
2.2.3	Shaping Phase	2-22
2.3	Projektorganisationsstruktur	2-23
2.3.1	Projektteam und Kompetenzen	2-23
2.3.2	Soundingboard	2-25
3	Ergebnisse der Preparation Phase	3-26
3.1	Challenges und Megatrends	3-26
3.1.1	Global Grand Challenges	3-26
3.1.2	Megatrends	3-28
3.2	Heuristik für Einflussfaktoren	3-29
3.3	Input aus der Zukunftsforschung und Trendaspekte	3-31
3.3.1	Generation Y	3-31
3.3.2	Industrie 4.0	3-34
3.3.3	Abriss über Foresight Studien zu Werkstoffen	3-35
3.4	BMVIT/FFG Förderschwerpunkte im Bereich Werkstoffe (Produktion der Zukunft)	3-37
3.5	Österreich im Europäischen Rahmenprogramm	3-39
3.6	Befragung der Teilnehmer an der „Roadmap für Hochleistungsmetalle 2020“	3-43
3.7	Input für die Main Phase	3-49
4	Ergebnisse der Main Phase	4-50
4.1	Struktur der Szenarienworkshop-Teilnehmer	4-50
4.2	Workshopstruktur	4-52
4.3	Einflussbereiche und Umfeldanalyse	4-53
4.4	Ausprägungen von Einflussfaktoren im Jahr 2030	4-56
4.5	Szenarien	4-62
4.5.1	Stahl und Verbunde	4-62
4.5.2	NE-Metalle und Verbunde	4-65
4.5.3	Kunststoffe und Verbunde	4-67
4.5.4	Keramik und intermetallische Verbindungen	4-70
5	Ergebnisse der Shaping Phase	5-72
5.1	Forschungsthemen für 2030	5-72
5.1.1	Forschungsthemen aus dem Bereich Stahl und dessen Verbunden	5-72
5.1.2	Forschungsthemen aus dem Bereich NE-Metalle und deren Verbunden	5-75

5.1.3	Kunststoffe und Composite (Verbunde)	5-77
5.1.4	Keramik und Intermetallische Verbindungen und Verbunde	5-79
5.1.5	Haus der Forschungsthemen	5-81
5.2	Produktideen für 2030	5-85
5.3	Zukunftskonferenz	5-86
5.3.1	Nachhaltige Werkstoffe und Recycling	5-86
5.3.2	Effiziente Fertigungsprozesse	5-87
5.3.3	Advanced Materials 2.0 und Materialien in neuartigen Anwendungen	5-87
5.3.4	Zusammenfassung der zukünftigen Forschungsthemen	5-88
6	Vorschläge für Maßnahmen der FTI-Politik und Forschungsthemen	6-89
6.1	Vorschläge für Maßnahmen für die FTI Politik	6-90
6.2	Maßnahmenvorschläge für zeitnahe / kurzfristige Forschungsthemen	6-93
6.3	Kurzfristige Maßnahmenvorschläge gegliedert nach Werkstoffgruppe	6-96
6.3.1	Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für Stahl und dessen Verbunde	6-96
6.3.2	Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für NE-Metalle und dessen Verbunde	6-98
6.3.3	Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für Kunststoffe und dessen Verbunde	6-99
6.3.4	Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für Keramik und intermetallische Werkstoffe	6-101
6.4	Schlussfolgerungen zu den genannten Maßnahmen	6-102
7	Referenzen	7-105
8	Workshopteilnehmer	8-107

I. Kurzfassung

Die Gestaltung der Zukunft zählt zu den größten Herausforderungen für technologisch hoch entwickelte Gesellschaften; zudem werden vorausschauende Konzepte in der volatilen und schnelllebigen Zeit zum Erfolgsfaktor für florierende Volkswirtschaften. Die österreichische produzierende Industrie ist in den letzten Jahren mit Abwanderung der Produktionsstätten und geringem Wachstum in Europa, limitierter Verfügbarkeit von Rohstoffen und Kostensteigerung bei Ressourcen, bei einem gleichzeitigem Drängen von Billigprodukten auf den heimischen Markt, mit Änderungen im Wertesystem der Gesellschaft und auch mit strengeren gesetzlichen Regelungen konfrontiert. Diese „Klippen“ zu umgehen und weitere Entwicklungspotenziale zu schaffen, erfordert eine Fokussierung auf Forschung und Innovation.

Die Erzeugung und Verarbeitung von Werkstoffen hat traditionell einen großen Anteil an der österreichischen Wirtschaftskraft; zu beachten ist, dass besonders diese Wirtschaftssegmente unter dem Einfluss der genannten Faktoren stehen. Um in Zukunft trotzdem eine nachhaltige, gute Position des Segments Werkstoffe und dessen Produkte in Österreich zu haben, wurde vom BMVIT die Studie „Austrian Material Foresight“ initiiert. Die Austrian Materials Foresight Studie sollte unter Einbindung der in Österreich wirkenden Experten aus Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft durchgeführt werden, um die zukünftigen Entwicklungen und die daraus abzuleitenden Maßnahmen auf eine möglichst robuste Basis zu stellen.

Die organisatorische Abwicklung der Foresight Studie wurde nach einer öffentlichen Ausschreibung der FFG an das Konsortium bestehend aus der Austrian Society for Metallurgy and Materials, dem Austrian Institute of Technology und der Montanuniversität vergeben. Dieses Konsortium vereint exzellente Methodenkompetenz für die Durchführung eines Foresight-Prozesses gepaart mit werkstoffkundlichem Wissen und dem Zugang zu den maßgeblichen Vertretern der relevanten Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Begleitet und fachlich beratend unterstützt wurden die Foresight von einem hochkarätigen national besetzten Soundingboard, dem Vertreter von österreichischen Industrieunternehmen und Universitäten angehörten.

Foresight-Prozess

Foresight steht im Allgemeinen für einen Prozess, der mit Antizipation und kollektiver Intelligenz arbeitet und somit Gestaltungsspielräume für die Zukunft eröffnet. Methodisch gibt es eine Vielzahl an verschiedenen Varianten und Optionen der Durchführung. Im Rahmen der Austrian Materials Foresight wurde ein dreistufiger Prozess entwickelt, der aus Pre-, Main- und Shaping Phase besteht.

Preparation Phase: Diese dient vorwiegend der Erhebung der Zukunftstrends und Herausforderung und der Beschreibung der österreichischen Ausgangssituation im Hinblick auf Umsetzungsgrad der Roadmap für Hochleistungsmetalle¹, der Beteiligung im siebten EU Rahmenprogramm und der aktuellen thematischen nationalen Förderungen. Von den durchgeführten Erhebungen wurden die weiteren Schritte und die Planungen für die Mainphase abgeleitet.

1 Jäger, H.; Kny, E.; Kriszt, B.Hribernik B. (2008), Technologieroadmap „Hochleistungsmetalle 2020“, BMVIT.

Mainphase: Die Mainphase bildet das Kernstück der Foresight. In der Mainphase wurden die vier Szenarien in vier Workshops zu den Themen Stahl und dessen Verbunde, Kunststoffe und dessen Verbunde, NE-Metalle und deren Verbunde, Keramik und Intermetallische Verbindungen und deren Verbunde erarbeitet. In den Workshops wurden aufbauend auf die maßgeblichen Einflussgrößen Szenarien im Hinblick auf die genannten Werkstoffgruppen für 2030 entwickelt. Für jede genannte Werkstoffgruppe wurden die Produkte und die Forschungsthemen der Zukunft basierend auf den Szenarien abgeleitet. Des Weiteren wurde den Maßnahmenbedarf für die unmittelbare Zukunft formuliert.

Shaping Phase: In der Shaping Phase wurden die Ergebnisse der Workshops aufbereitet, Maßnahmen und Forschungsthemen analysiert und diese Ergebnisse nochmals im Rahmen der Zukunftskonferenz mit österreichischem und internationalem Fachpublikum diskutiert.

Aus der Analyse der genannten individuellen Forschungsthemen pro Werkstoffgruppe geht hervor, dass sieben generelle übergreifende Forschungsthemen definiert werden konnten. Diese sind: Advanced Materials 2.0, Continuous Materials Improvement, Nachhaltige Werkstoffe und Recycling, Energieeffiziente Fertigungsprozesse, Innovative flexible Verarbeitungsverfahren, Prüftechniken für Werkstoffe und Produktion bzw. Modellierung und Simulation.

Die Analyse der entwickelten Maßnahmen (Handlungsoptionen) gliedert sich in zwei große Gruppen, einerseits in die Nennung von konkreten Forschungsthemen, die zeitnah zu starten sind, und in die begleitenden FTI Maßnahmen.

Bei den genannten zeitnahen Forschungsthemen dominieren Themen aus dem Bereich Advanced Material 2.0, Energieeffiziente und CO₂ reduzierte Produktionsprozesse, Recycling, nachhaltige Rohstoffe, flexible Prozesse und Manufacturing. Die Themen Simulation, neue Designkonzepte treten im Vergleich zu den Forschungsthemen der Zukunft viel stärker in den Vordergrund, ebenso der Themenbereich energieeffiziente, CO₂ reduzierte Produktionsprozesse, flexible Fertigung, Recycling und nachhaltige Rohstoffe.

Hinsichtlich der komplementären FTI Maßnahmen leiten sich folgenden Hauptthemen ab: direkte Forschungsförderung für Grundlagen und angewandte Forschung für Werkstoffe; Schaffung von Forschungsinfrastruktur; Ausbildung, Qualifikation und Humanressourcen; nationale und internationale Vernetzung; Regulative Standardisierung und Gesetzgebung; Schaffung von Bewusstsein, Kommerzialisierung von innovativen Produkten und verbessertes Marketing für technische Themen und Produkte.

Aus den Detailergebnissen der Workshops lassen sich individuelle Themen, Vorschläge für Maßnahmen und Produkte der Zukunft pro betrachteter Werkstoffgruppe ableiten. Diese sind detailliert in der vorliegenden Foresight Studie abgebildet. Abschließend ist fest zu halten, dass die genannten Themen und Maßnahmen rein aus Sicht der Werkstoffentwicklung formuliert wurden; daher sollte beim Einleiten von Maßnahmen bzw. Formulierung von Forschungsprogrammen, die sich von der Foresight ableiten lassen, beachtet werden, den Fokus des Handels auf Werkstoffe zu legen, denn nur so wird es gelingen, die bestehende Stärke im Werkstoffbereich auszubauen und einen maßgeblichen Beitrag zur Sicherung des Produktionsstandortes Österreich zu leisten.

Aufbauend auf den Szenarioworkshopergebnissen und den Diskussionen im Soundingboard konnte die nachstehend angeführte Vision für die österreichischen Werkstoffindustrie und Werkstoffforschung entwickelt werden.

II. Extended Abstract

Shaping the future is one of the most challenging tasks for technologically highly developed societies. Forward-looking concepts become a key factor for prosperous economies in volatile and fast-paced times. The Austrian manufacturing industry has been faced with offshoring of production sites, low growth rates in Europe, limited availability of raw materials and increasing costs of resources, with a simultaneous dumping on the domestic market. All these factors have been accompanied with changes in the value system of the society and with stricter legal regulations in recent years. To avoid these obstacles, a focus on research and innovation is required.

Traditionally the Austrian economic power depends on the production and processing of materials. It has to be noted that the complete value chain is influenced by materials technology.

BMVIT initiated the study "Austrian Material Foresight" in order to maintain Austria's excellent position in the segment of materials and products in the future.

The Austrian Material Foresight study was carried out with the involvement of Austrian experts from academia, research and industry in order to propose future developments on a qualified basis. The consortium of the Austrian Society for Metallurgy and Materials, the Austrian Institute of Technology, and the Montanuniversitaet were assigned to conduct the foresight study. This decision was based on the result of a public tender of the FFG program "Intelligent Production" in 2012. The consortium combines excellent methodological expertise paired with metallurgy and materials knowledge. The consortium has access to relevant key representatives of companies, research institutions and universities. A high level sounding board with members from Austrian academia and leading companies gave advice to the consortium and the project work.

Foresight generally represents a process that works with anticipation and collective intelligence, opening up wider space for shaping the future. Methodologically, there are a number of different variants and options of implementation. As part of the Austrian material Foresight, a three-stage process was developed, which consists of the pre-, main- and shaping phases.

Preparation Phase: The preparation phase contains the collection of future trends and challenges. The Austrian situation with terms of implementation the results of the roadmap of high performance materials, the participation of Austrian institutions in the seventh EU Framework Program and the current national funding program on intelligent production (FFG funding Program Production of the Future) were described. Based on the results of the preparation phase, the scenario workshops were designed.

The main phase forms the core of Foresight. In the main phase, scenario workshops on steel; nonferrous metals, polymers, ceramics and their composites were done. Based on the major influence factors, ten scenarios for 2030 were developed. For each materials group, the future products and the research topics of were derived from the scenarios. Additionally, measures necessary to achieve the future perspectives were suggested by the participants of the workshops.

In the shaping phase, the results of the workshops were analyzed and summarized in order to prepare for the discussion with experts in the first Austrian future conference on materials.

Based on the analysis of the suggest research topics in the scenario workshop, seven main materials research areas were defined. These are: "advanced materials 2.0", "continuous material improvement", "sustainable materials and recycling", "energy-efficient

manufacturing processes”, “innovative flexible processing methods”, “inspection techniques for materials and production” and “modeling and simulation”.

The analysis of the developed measures was split into two major groups, on the one hand specific research topics of the near future and the proposed RTI complementary measures on the other. The following actions are proposed as complementary measures: national direct research funding for science, basis and applied research, creation of research infrastructure, education and training, qualification of human resources, national and international networking and cooperation, regulation and standardization, improvement of awareness on materials and technology, commercialization and improved marketing of innovative products and technologies.

Individual topics, proposals for measures and products of the future can be derived for each group of materials from the workshop results. These are listed in detail in the “Austrian Materials Foresight Study”. Finally, it is stated that the topics and actions were evaluated from the perspective of the materials development. This should be taken into account by the implementation of measures and the formulation of research programs which can be derived from the Austrian Materials Foresight. If the focus is on strengthening the competence on materials, a significant contribution to sustainability and growth of the Austrian production sites can be made.

1 Einleitung

Das Projekt „Austrian Materials Foresight“ brachte viele Stakeholder zueinander, um gemeinsam die Zukunft der österreichischen Werkstoffindustrie und Werkstoffforschung zu gestalten und Trends zu setzen.

1.1 Ausgangssituation

Europa braucht Innovationen und die Produktion von high-tech Technologien vor Ort, damit der Wohlstand in Europa erhalten wird und Europa und Österreich eine gute Zukunftsperspektive für die nächsten Generationen bieten. Die Wertschöpfung in Europa und in Österreich nachhaltig zu festigen ist wesentlich für den Wohlstand der Gesamtbevölkerung und besonders für die Erhaltung eines breiten Mittelstandes, der auf lange Sicht Basis für soziale Stabilität im Land und in ganz Europa ist. Für eine nachhaltige und stabile wissensbasierte Wirtschaft und Gesellschaft ist es unerlässlich, die Wertschöpfungskette auch für Basistechnologien in Europa und in Österreich zu halten. Denn Forschung und Wissenschaft im Hochtechnologiebereich kann ohne Produktion, ohne direkte Anwendung der Erkenntnisse, keine grundlegenden Innovationen schaffen sowie kein grundlegendes Verständnis über die Produktionskette erwerben; umgekehrt kann die Produktionskette nur in direkter Zusammenarbeit mit Hochschulen und Forschungsinstitutionen am fruchtbarsten innovieren. Wissensgenerierung an den Universitäten und Forschung in enger Zusammenarbeit der Universitäten mit der Industrie ziehen hochwertige Forschungsergebnisse und wirtschaftlich interessante Innovationen nach sich, die die Fertigung in Österreich und Europa weiterhin lohnen. Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen brauchen die geographische Nähe. Nur so kann die Symbiose erfolgreich gelebt werden. Dies ist umso wichtiger für den Werkstoffbereich. Europa braucht daher weiterhin hochqualifizierte Arbeitsplätze in der technischen Fertigung und Produktion.

Die Herstellung und Verarbeitung von Werkstoffen erfordern zunehmend Innovation und Weiterentwicklung, um weiterhin international konkurrenzfähig zu sein. Die Globalisierung macht es für Unternehmen verlockend, in Ländern mit niedrigen Lohnkosten zu fertigen. Großer Druck entsteht auch durch begrenzte Rohstoffverfügbarkeit und das Streben nach Energieeinsparung. Auch Humanressourcen im Bereich Werkstoffforschung sind knapper als in anderen Ländern.

Trends, wie die Verlagerung von energieintensiven Verfahren wie z.B. der Primärmetallherstellung in Regionen der Welt, wo Rohstoffe und Energie billiger verfügbar sind, führen mittelfristig zu einer wirtschaftlichen und technologischen Abhängigkeit von Drittstaaten. Typisches Beispiel ist die Aluminiumerzeugung. Auch im Bereich der Roheisenherstellung sind inzwischen ähnliche Trends zu beobachten. Heute schon angedachte „Worst Case“ Szenarien gehen davon aus, dass die Primärstahlerzeugung in absehbarer Zukunft von Europa weg verlagert werden könnte. Heute schon bestehende Energie- und Umweltkonzepte bis 2050 wie z.B. CO₂-freie Prozesse führen ohne revolutionäre Technologieänderungen zum Verlust dieser Technologie in Europa. Die Fähigkeit zur Innovation im Bereich der Werkstoffe in Europa und Österreich baut heute ausschließlich auf Forschung, Wissensaufbau und vertikale Integration in der Wertschöpfungskette auf. Im Bereich der Kunststoffe zeigen sich heute schon Anwender beunruhigt, wie sich die Werkstoffpreise bzw. die Kunststoffverfügbarkeit in den nächsten 10 Jahren entwickeln werden, wenn die Rohölpreise weiter steigen bzw. Verfügbarkeiten deutlich zurückgehen. Faktum für Österreich und Europa ist inzwischen, dass rasant

wachsende Nationen wie China den Export ihrer Rohstoffe zunehmend als politstrategisches Instrument einsetzen.

Die vorrangige Stärkung der eigenen Volkswirtschaft und die angestrebte Entwicklung vom Rohstoffexporteur zum Halbzeuglieferanten, der wachsende Anspruch auf die Technologieführerschaft, aber auch das wesentlich größere Potenzial an Humanressourcen, bringen nicht nur Österreich, sondern die europäische Wirtschaft unter massiven Entwicklungsdruck. Bei den Seltenen Erden – Ausgangsmaterial für High-Tech-Entwicklungen im Bereich IKT - oder bei Magnesium dem Leichtbauwerkstoff ist heute schon auf dramatische Weise abschätzbar, dass China in den nächsten 10-15 Jahren entscheidenden Einfluss auf die europäische und internationale Entwicklung nehmen wird. Doch nicht nur China ist bestimmend für die Rohstoffversorgung der Zukunft. Die Roadmap 2008 hat gezeigt, dass Österreich und Europa bei fast nahezu allen Rohstoffen und fossilen Energieträgern vom Import abhängig sind. Um diesen Herausforderungen entgegenzutreten, braucht es gute und neue Konzepte für Österreich. Obwohl Entwicklungen dieser Art absehbar sind und es in der Vergangenheit auch waren, so führen die komplexen, sozialen, wirtschaftspolitischen Zusammenhänge und die generell beschleunigten, möglicherweise unstillen wirtschafts- und finanzpolitischen Abläufe zum Bedarf von neuen mittel- bis langfristig zukunftsorientierten Strategien, die Gestaltungsspielräume für die österreichische Werkstoffbranche eröffnen. Um einen Planungshorizont für derartige Systeme zu eröffnen, erfordert dies ein passendes Instrument bzw. eine geeignete Methode. Wie bereits in der Ausschreibung angeführt, eignet sich der Foresight Prozess, um komplexe Systeme – mit vielen Komponenten und Wechselwirkungen – zu gestalten. In diesem Foresight Prozess werden unterschiedliche Zukunftsszenarien ausgearbeitet und jeweils die Konsequenzen und notwendigen Maßnahmen abgeleitet.

1.2 Prämissen zur Foresight

Um für die Herausforderungen der Zukunft gerüstet zu sein und diese aktiv gestalten zu können, wurde das Projekt „Austrian Material Foresight“ initiiert und vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen der Ausschreibung „Intelligente Produktion“ gefördert. Die Foresight eröffnet neue zukunftsweisende Handlungsspielräume des heute schon in Europa und Österreich stark unter Bedrängnis kommenden Bereichs der Werkstoffforschung, -herstellung und -verarbeitung und zeigt neue zukunftsweisende Trajektorien für die positive Entwicklung auf. Die Foresight wurde auf folgende Hypothesen aufgesetzt:

Hypothese 1:

Werkstoffe zählen zu den „Enabler Technologies“, und bilden die Voraussetzung für Innovationen in Automotive, Luftfahrt, Maschinen- und Anlagenbau, IKT und Medizintechnik, um einige wesentliche zu nennen. Werkstoffe spielen in allen Technologien, in allen unseren Lebens- und Arbeitsbereichen eine Kernrolle. Die Stahlindustrie z.B. ist in Österreich und Deutschland Teil eines Clusters, aus dem die Wirtschaft einen wesentlichen Teil ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit zieht. Die Stahlindustrie spielt eine wichtige Rolle für die Einkommen und die Beschäftigung in der gesamten Volkswirtschaft. Dass der Eisen- und Stahlsektor, im Vergleich zu vielen anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften, hierzulande nach wie vor ein wichtiger Faktor ist, drückt sich zu einem wesentlichen Teil im Spezialisierungsmuster für den Außenhandel aus, das stark auf Maschinen, Anlagen und Fahrzeuge setzt.

Hypothese 2:

Ein Foresight Prozess ermöglicht es, die Expertise und die Zukunftserwartungen aus Wirtschaft und Forschung, sowie aus der Sicht weiterer maßgeblicher Akteure zusammenzuführen und daraus Szenarien für die Zukunft zu entwickeln.

Hypothese 3:

Um eine derartige Studie erfolgreich entsprechend den ausgeschriebenen Zielen abzuwickeln, ist umfassendes Methodenwissen über Foresight Prozesse Grundvoraussetzung. Ebenso erfolgsbestimmend sind Eigenkompetenz der Akteure über Werkstoffe und deren Entwicklungstrends, sowie ein breiter Zugang zu nationalen und internationalen Werkstoffexperten aus Wirtschaft und Wissenschaft. Überdies ist die Expertise über breitere industrielle und gesellschaftliche Zukunftstrends zentral, um die Entwicklung der Werkstoffindustrie im Kontext umfassender Zukunftstrends analysieren zu können.

1.3 Projektziele

Das Ziel dieser Foresight war es, Zukunftsszenarien mit einem Zeitraum bis 2030 für den hochtechnologischen Werkstoffsektor unter Einbindung der Expertise von Universitäten, Unternehmen und Verbänden zu entwickeln, sodass Österreich als Standort für Hochleistungswerkstoffe sowohl für die Wissenschaft und Forschung, als auch für die Produktion einen attraktiven Standort darstellt, und der Standort Österreich im Zusammenhang mit Europa abgesichert ist.

Folgende Gesichtspunkte wurden speziell betrachtet:

- Identifizieren der Schlüsselfaktoren und Treiber für die Weiterentwicklung der Werkstoffindustrie und -forschung im nationalen, europäischen und globalen Kontext.

Für die Entwicklung von Zukunftsszenarien ist es unabdingbar, die Schlüsselfaktoren und Treiber der Werkstoffindustrie und -forschung generell und speziell für Österreich und Europa zu identifizieren und explizit darzustellen, wobei die direkten Einflussfaktoren, wie z.B. Ressourcenverfügbarkeit vor Ort, und indirekte Treiber, wie Klimaentwicklung und abgeleitete Regulatoren, oder auch Fachpersonalmangel berücksichtigt werden.

- Charakterisieren robuster Trends für Entwicklungen der Werkstoffindustrie und -forschung

Emergierende Technologien und Trends bzgl. der Werkstoffindustrie bildeten in der Erarbeitung der Zukunftsszenarien eine wichtige Basis.

- Darstellen österreichischer Spezifika für die zukünftige Werkstoffindustrie und -forschung.

Die Besonderheiten Österreichs in der Werkstoffindustrie und -forschung im europäischen und globalen Kontext im Hinblick auf Technologiewissen und Technologieverfügbarkeit und den industriellen Nischen flossen ebenso in die Szenariendarstellung ein.

- Schaffen eines Rahmes für die Mitgestaltung und Anknüpfbarkeit der europäischen Positionierung der Werkstoffindustrie.

Die Mitgestaltung der Werkstoffforschung und –förderung ist für ein kleines Land wie Österreich nicht einfach, aber umso wichtiger. Daher wurde gerade deshalb diesem Aspekt im Foresight Prozess besondere Beachtung geschenkt. Die Mitgestaltung auf EU Ebene und die Schaffung gesetzlicher Rahmenbedingungen für eine vernünftige und nachhaltige Produktion in Europa wurden in die Szenarien mit eingearbeitet.

Um für Zukunftsszenarien gerüstet zu sein, bedarf es heute schon Handlungen. Daher wurden Maßnahmen bzw. Handlungsoptionen formuliert, die bereits heute für die österreichische Politik (Förderungen und Rahmenbedingungen), Unternehmen, Forschung und Entwicklung notwendig sind, um die Zukunft nicht als notwendiges Übel zu erleben, sondern diese mit zu gestalten.

Ein Foresight Prozess hilft bei der strategischen Planung und unterstützt Forschung & Industrie sowie die Politik dabei, mögliche Herausforderungen zu bewältigen und Zukunft mitgestalten zu können. Foresight Prozesse schaffen für die Beteiligten gemeinsame Orientierungen, Leitbilder und Visionen. Foresight Prozesse arbeiten mit der Intelligenz der Partizipation und der Intelligenz der Antizipation. Wenn für die Werkstoffindustrie und Werkstoffforschung in Österreich die Zukunft gestaltet wird, was eben Foresight tut, wurden Experten, Wissensträger, Verantwortliche aus der Wissenschaft, den Unternehmungen und der öffentlichen Hand in die Schaffung von Zukunftsszenarien eingebunden. Dadurch war es möglich, einen strategischen Dialog zwischen der Werkstoffforschung, den Werkstoffherstellern und –verarbeitern und der öffentlichen Hand zu initiieren und zu intensivieren. Durch diese Interaktionen wurden die Visionen und neuen Ideen auf eine breite und tragfähige Basis gestellt. Die Intelligenz der Antizipation, also des Vorwegnehmens, des Vorausgreifens, holt die Beteiligten aus der Enge des Alltagsdenkens und inspiriert sie, ihre Kreativität und ihr Expertenwissen für neue Technologielösungen der Zukunft zur Verfügung zu stellen.

2 Prozessdesign für die „Austrian Materials Foresight“

Jede individuelle Foresight stellt spezifische Anforderungen an die Methodologie und zieht daher eine Adaptierung standardisierter Prozessdesigns nach sich. Die „Austrian Materials Foresight“ beschäftigte sich mit der Werkstoffforschung und der Werkstoffindustrie für Österreich und steht somit für ein sehr breites Feld, das eine Fokussierung auf Werkstofftechnologien und Forschung braucht. Daher war unter folgenden Rahmenbedingungen der optimale Prozess für die „Austrian Materials Foresight“ zu designen:

- Der Schwerpunkt soll auf Strukturwerkstoffen Stahl, Nichteisenmetalle (NE-Metalle²), Kunststoffe, keramische Werkstoffe und deren Verbunde liegen
- Beachtung der Spezifika von Österreich auf diesem Gebiet in der Einbettung Europas
- Nutzen der Plattform ASMET mit ihren zahlreichen Firmenkontakten und ihrer Anbindung an die Montanuniversität Leoben
- Das Know-how der Montanuniversität Leoben über die Wissensträger im Bereich Werkstoffe in Österreich
- Ressourcen für Workshopteilnehmer konnten aufgrund der Förderauflagen im Projektbudget nicht abgebildet werden, was eine sehr begrenzte Zeit der Workshopteilnehmer zur Folge hatte. Darüber hinaus konnten nur Experten an den Workshops teilnehmen, die die dafür notwendigen Ressourcen (Reisekosten und Zeit) in ihrer Organisation abdecken konnten. Wenn auch die Einbindung von Stakeholdern außerhalb der Werkstoffindustrie und –forschung ursprünglich angedacht war (wie z.B. Sozialwissenschaftler, Vertreter der Finanzbranche, Jugendliche), sodass Aspekte weit außerhalb der Werkstoffforschung intensiver und genauer mit in die Foresightarbeit einfließen können, war das aufgrund dieser Rahmenbedingungen nicht möglich.
- Das Foresight Know-how am AIT im Department Innovation Systems mit langjähriger Erfahrung.
- Die Foresight wurde unter Einbindung der nationalen Experten aus Forschung, Hochschulen und Unternehmen durchgeführt.

Auf Basis dieser Rahmenbedingungen wurde der Prozess für die „Austrian Materials Foresight“ entwickelt.

2.1 Foresight Einführung

Foresight ist die strukturierte Auseinandersetzung mit Zukunft. Zukunft ist nicht vorhersagbar, aber gestaltbar. Ben Martin³, Professor für „Science and Technology Policy

² In dieser Arbeit wird nun Nichteisenmetalle mit NE-Metalle abgekürzt.

³ Ben Martin is Professor of Science and Technology Policy Studies at SPRU (Science and Technology Policy Research, University of Sussex). Many publications; examples:

– B.R. Martin, 1995, Technology Foresight: A Review of Recent Overseas Programmes, Office of Science and Technology, London: HMSO.
– B.R. Martin, 1993, Research Foresight and the Exploitation of the Science Base, Office of Science and Technology, London: HMSO.

Studies“ am Institute für Science and Technology Policy Research, University of Sussex, beschreibt Foresight schon 1993 folgendermaßen: „Foresight ist der systematische Blick in die längerfristige Zukunft von Wissenschaft, Technologie, Wirtschaft und Gesellschaft mit dem Ziel, diejenigen Gebiete für die strategische Forschung und Technologie zu identifizieren, die den größten wirtschaftlichen und sozialen Nutzen nach sich ziehen.“ Eine Foresight beschäftigt sich folglich mit einer langfristigen Zukunft und ist ausgerichtet auf deren Gestaltung. Foresight versucht, den Kontext systemischen einzubeziehen. Deshalb ist der Blick in die Zukunft immer breit und umfassend, einschließlich multipler Perspektiven. Gleichzeitig ist die Vorausschau offen für unterschiedliche Pfade in die Zukunft und das Denken in Alternativen.

Foresight arbeitet mit einem konstruktivistischen Ansatz. Anstatt aus der Erkenntnis der Vergangenheit und der Gegenwart einen konsequenten Schluss für die Zukunft abzuleiten, wie deduktive Methoden und deduktive Schlussfolgerung von gegebenen Prämissen auf die logisch zwingenden Konsequenzen das tun, arbeitet man in Foresight Prozessen mit konstruktivistischen Ansätzen. Der Konstruktivismus erschafft eigene Realitäten und Dimensionen, die durch das eigene Erkennen der Realitäten, Dimensionen oder Fähigkeiten erst entstehen. Dadurch nimmt jeder Mensch die Welt anders wahr, da das menschliche Unterbewusstsein Dinge hervorhebt oder sogar neu in das Sichtfeld einfügt, die ihm als wichtig erscheinen. Da die Welt von jeder Person verschieden wahrgenommen wird, bedarf es einer ausgewogenen Teilnahme an Menschen am Foresight Prozess, die dann zusammen ein ausgereiftes Ergebnis erarbeiten.

Foresight oder Vorausschau, wie sich der Begriff für Foresight im deutschsprachigen Raum auch durchgesetzt hat, arbeitet mit antizipativer und prospektiver Intelligenz und bedient sich der partizipativen Ratio von Experten in interaktivem Miteinander in Workshops. Diese verschiedenen Intelligenzen zusammen gestalten in einem strukturierten Prozess verschiedene mögliche zukünftige Ausprägungen. Es sind also verschiedene Zukünfte möglich. Da sich eine größere Gruppe von Stakeholdern in einem Foresight Prozess mit verschiedenen möglichen Zukünften beschäftigen und diese Zukünfte auch dokumentiert werden, sind die im Prozess eingebundenen Stakeholder für die verschiedenen Zukünfte vorbereitet. Foresight ist somit nie Vorhersage, sondern die Auseinandersetzung mit wünschenswerten Zukünften und die Gestaltung dieser. Das Mögliche, das Wahrscheinliche und vor allem das Wünschenswerte sind in diesem Sinn durch wissenschaftliche Verfahren und im Diskurs der Gesellschaft konzipierbar.

Foresight Prozesse stellen an die Teilnehmer bzw. die Stakeholder bestimmte Anforderungen, die Ben Martin⁴ die 5 großen „C“ nennt:

- **Communication:** Fachleute und Interessenvertreter müssen auf einem neuartigen Forum zusammengebracht werden, auf dem sie sich austauschen können.
- **Concentration** auf die Langfristorientierung: Die Teilnehmer müssen einander gegenseitig unterstützen, um etwas weiter in die Zukunft zu blicken, als sie es allein könnten.

4 Martin unterscheidet die fünf „C“: 1. Communication, 2. Concentration, 3. Coordination, 4. Consensus und 5. Commitment.

- **Coordination:** Die verschiedenen Interessenvertreter müssen sich produktive Partnerschaften zur Bewältigung der Herausforderungen in Wissenschaft, Technik und Innovation konkret vorstellen können.
- **Consens:** Es soll ein möglichst abgeglichenes und widerspruchsfreies Bild der Zukunft erzeugt werden.
- **Commitment:** Es muss sichergestellt sein, dass die Individuen in einem Foresight-Projekt ganz teilnehmen und willens und in der Lage sind, die für sie notwendigen Rückschlüsse im Licht der Foresight umzusetzen. Die beteiligten Individuen müssen die Veränderungen verstehen und fassen können, die ihr Unternehmen, ihren Berufsstand, ihre Fakultät oder Disziplin betreffen, und überblicken, was das für ihre Organisation oder sie selbst bedeutet.

Foresight hat aber auch Grenzen, die von Themen, Komplexität und Dynamik des jeweiligen Felds abhängen. Einige Felder sind so komplex oder entwickeln sich so dynamisch, dass zu viele Annahmen oder keine begründbaren Ableitungen getroffen werden können. In anderen dagegen sind die Entwicklungen sehr klar, sodass fast schon Vorhersagen möglich erscheinen⁵.

Foresight Methoden

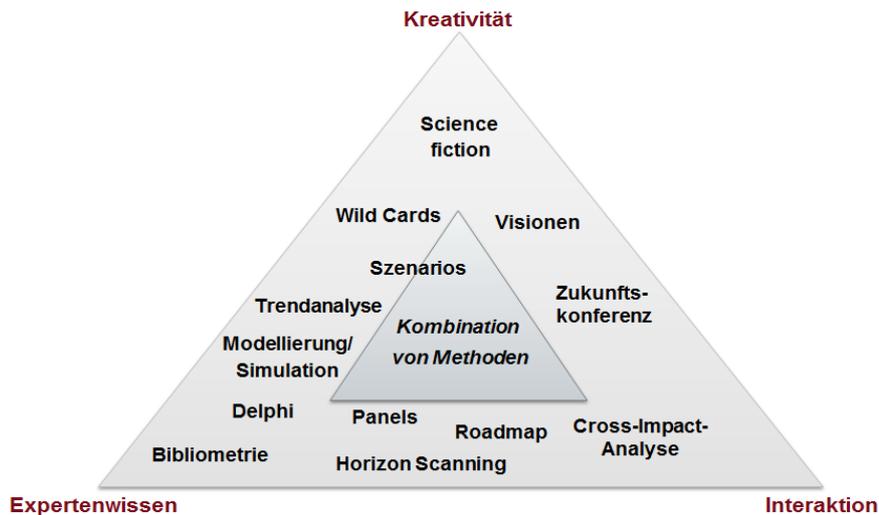
Es gibt nicht *die bestimmte* Foresight Methodologie, aber eine Reihe von Methoden, die oft auch in einer Kombination in einem Foresight-Prozess zum Einsatz kommen können. Die Auswahl der einzusetzenden Methoden hängt von der Zielsetzung, der Fragestellungen und auch der Zeit ab, die für die Vorrecherchen und für die Workshops mit Stakeholdern zur Verfügung steht. Dazu verfügt das AIT Department Innovation Systems über eine Fülle unterschiedlichster Methoden, die über Online-Delphi Prozesse, Data Mining, Horizon Scanning, bibliometrischen und scientometrischen Tools bis hin zu Workshop basierten transdisziplinären Prozessen reichen. Unterschiedliche Experten beschäftigen sich mit der Geschichte der verschiedenen Foresight Methoden und der Darstellung der verschiedenen Methoden und welche Methode zu welcher Fragestellung am geeignetsten ist, so auch Ivan Miles und Michael Keenan⁶.

Abbildung 1 zeigt schematisch die Vielfalt der Methoden auf, stellt diese aber in das Spannungsfeld von Expertenwissen, Kreativität und Interaktion.

Abbildung 1: Foresight als Kombination unterschiedlicher Methoden

⁵ Cuhls K. (2012).

⁶ Miles, I. & M. Keenan 2003: **Overview of Methods used in Foresight**, in [UNIDO 2003]



Quelle: AIT Innovation Systems Departement

Für die Austrian Materials Foresight wurde die Methode des Workshop-basierten Strategieprozesses gewählt. Ein wichtiger Aspekt im Foresight Prozess ist die Einbindung relevanter Stakeholder. Unterschiedliche Experten und Stakeholder mit verschiedenen Kompetenzen brachten ihr Wissen in Zusammenarbeit mit anderen Stakeholdern ein und entwickelten Zukunftsvisionen in einem sogenannten „cross disciplinary process“. Der gewählte Prozess trägt zur Sicherstellung der Einbeziehung aller relevanten Themenbereiche bei und erhöht Verbindlichkeit für die Umsetzung. Gemeinsam mit den Stakeholdern wurden verschiedene Zukunftsszenarien entwickelt und eine gemeinsame Vision erstellt. Danach wurden auch mögliche Handlungsoptionen reflektiert und zu einem Maßnahmenplan zusammengefasst.

Szenariotechnik

Die Szenariotechnik ist eine Planungstechnik, bei der durch die Erarbeitung unterschiedlicher Szenarien flexible Strategien für zukünftiges Handeln entwickelt werden.⁷ Szenarien stellen hierbei die Beschreibung alternativer Entwicklungsmöglichkeiten in der Zukunft dar.⁸

Die Szenariotechnik entstand im Zuge des Zweiten Weltkrieges als eine Methode der militärischen Planung, bei der die US Air Force versucht hat, die Handlungen ihrer Gegner vorherzusehen und mögliche Reaktionen vorzubereiten⁹. Seit Beginn der 70er Jahre hat die Szenariotechnik auch im Bereich der Wirtschaft und Politik zunehmend an Bedeutung gewonnen¹⁰. Als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer solchen Technik diente die

⁷ Bea & Haas 2001, S. 275 f.; Gausemeier & Fink 1999, S. 80

⁸ Krystek & Herzhoff 2006, S. 306.

⁹ Coates 2000, S. 116

¹⁰ Krystek & Herzhoff 2006, S. 305f

Erkenntnis, dass gewöhnliche Prognoseverfahren nicht mehr ausreichen, um mit sich stetig ändernden Umfeldsituationen (Einflussbereiche) umgehen zu können.¹¹

Durch Störereignisse und externe Faktoren wie beispielsweise politische und gesellschaftliche Entwicklungen, gesetzgeberische Maßnahmen, kürzere Produktlebenszyklen, sowie staatliche Eingriffe in die Wirtschaft (z. B. Umweltauflagen), sollte die Planung alternative Entwicklungen mit einschließen und um ein frühzeitiges Erkennen unter anderem von Chancen und Risiken bemüht sein¹². Während bei kurz- oder mittelfristigen Plänen (2-5 Jahre) zumeist die organisationsinternen Informationen sowie Marktanalysen ausreichen, sollten bei längerfristigen Planungen (länger als 5 Jahre) zudem externe Informationen wie z.B. gesellschaftliche Entwicklungen, technische Entwicklungen, Infrastruktur oder internationale Beziehungen berücksichtigt werden.

Dafür eignet sich die Anwendung der Szenariotechnik besonders, da diese:

- eine fundierte Analyse der Ist-Situation liefert,
- zu der Verarbeitung quantitativer und qualitativer Informationen, sowie zu der Ermittlung von Haupteinflussfaktoren führt,
- die Verarbeitung von Störereignissen erleichtert, und
- in der Entwicklung von in sich stimmigen Zukunftsbildern (Szenarien) resultiert.

2.2 Methodologie im Projekt „Austrian Materials Foresight“

Die Herausforderung in der Methodologie lag darin, dass hier das breite Gebiet aller Strukturwerkstoffe mit dem Projekt umfasst werden sollte, und dass darüber hinaus den Teilnehmern je Workshop nur ein Arbeitstag zur Verfügung stand, da diese keine Kosten im Projekt geltend machen konnten. Daher musste die Methodologie für den „Austrian Material Foresight“ so weiterentwickelt werden, dass sie diesen beiden genannten Anforderungen gerecht wurde. Die Arbeit des Projektteams wurde allerdings vom Soundingboard bestens unterstützt. Die Zukunftskonferenz und das Forschermeeting in Alpbach im August 2014 konnten die Projektziele ausgezeichnet vertiefen und abrunden.

¹¹ von Reibnitz 1992, S. 12; van der Heijden 1996, S. 15f.

¹² Geschka & von Reibnitz 1983, S. 125f.

Die Projektarbeit gliederte sich in drei Phasen:

Abbildung 2: die drei Phasen im Projekt „Austrian Materials Foresight“



2.2.1 Preparation Phase

In der ersten Phase wurden vorerst die Teilnehmer der „Roadmap für Hochleistungsmetalle 2020“ mittels Fragebogen über die Umsetzung dieser Aktivitäten aus dieser Roadmap befragt und ausgewertet. Relevante Foresight Studien und Literatur wurden recherchiert und gesichtet. Die EU-Projekte im siebten Rahmenprogramm zu NMP (dem Programm „Nanotechnologies, Materials and new Production technologies“) mit Stand 30. Juli 2013 wurden analysiert und die Beteiligung Österreichs aufgezeigt. Die Basis für Szenarientwicklung in der Main Phase wurde erarbeitet. Dazu mussten die Grand Challenges und die Megatrends der heutigen Gesellschaft und ihr Zusammenhang mit der Werkstoffindustrie- und forschung aufbereitet und bewertet werden. Sie stellen die Rahmenbedingungen für die betrachtete Umfeldanalyse (Einflussfaktoren) für die Szenariarbeit in der Main Phase.

Ein sehr wichtiger Teil der Preperation Phase war allerdings die Konstituierung des „Soundingboards“. Dieses Board sollte das Projektteam beratend unterstützen. Das Soundingboard setzte sich aus Vertretern der Wirtschaft, der Wissenschaft und der öffentlichen Hand zusammen. Speziell in der inhaltlichen Vorbereitung der Workshops in der Main Phase nahm das Soundingboard eine wichtige Rolle.

2.2.2 Main Phase

In der Main Phase ging es darum, die Stakeholder aus den unterschiedlichen Perspektiven in Workshops in den Fachdialog und die Szenarientwicklung inkl. Ableitung von Maßnahmenvorschlägen einzubinden. In den Workshops wurden verschiedene Grobszenarien entwickelt und skizziert.

In der Workshoparbeit wurde mit der sogenannten Szenariotechnik gearbeitet. Die Methode Szenariotechnik analysiert zuerst das Umfeld (die Einflussfaktoren) eines Themas. In diesem Projekt sind das die vier Strukturwerkstoffgruppen Stahl, NE-Metalle, Kunststoffe, Keramik inkl. intermetallischer Werkstoffe und deren Verbunde. Dann werden diese Einflussfaktoren in die Zukunft projiziert, um verschiedenen Ausprägungen dieser Faktoren zu erarbeiten. Danach werden diese Einflussfaktoren so kombiniert, dass sie in sich konsistente Szenarien ergeben. So entstehen verschiedene Zukunftsbilder / Zukunftsszenarien aufbauend auf die Analyse des Umfeldes eines Systems. Dadurch wird es möglich, langfristige Strategien abzuleiten, die gegenüber Unsicherheiten der Zukunft robuster sind.

Abbildung 3: Schema des Szenarientrichters

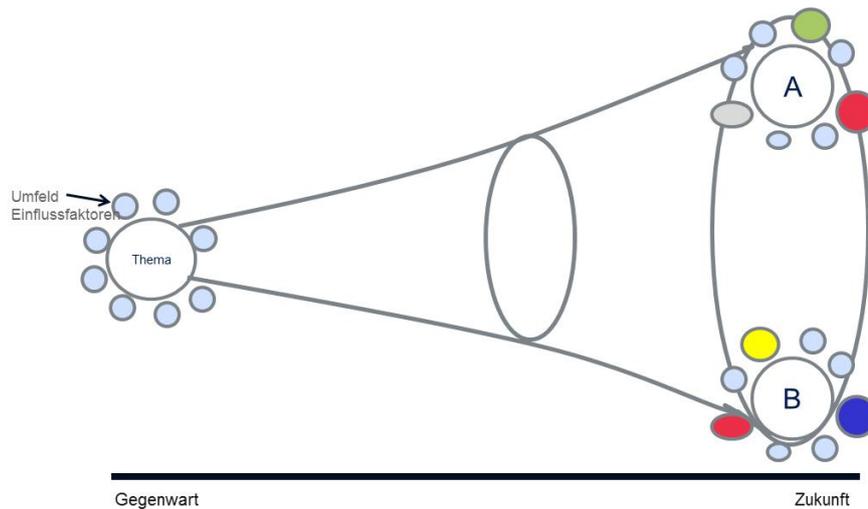
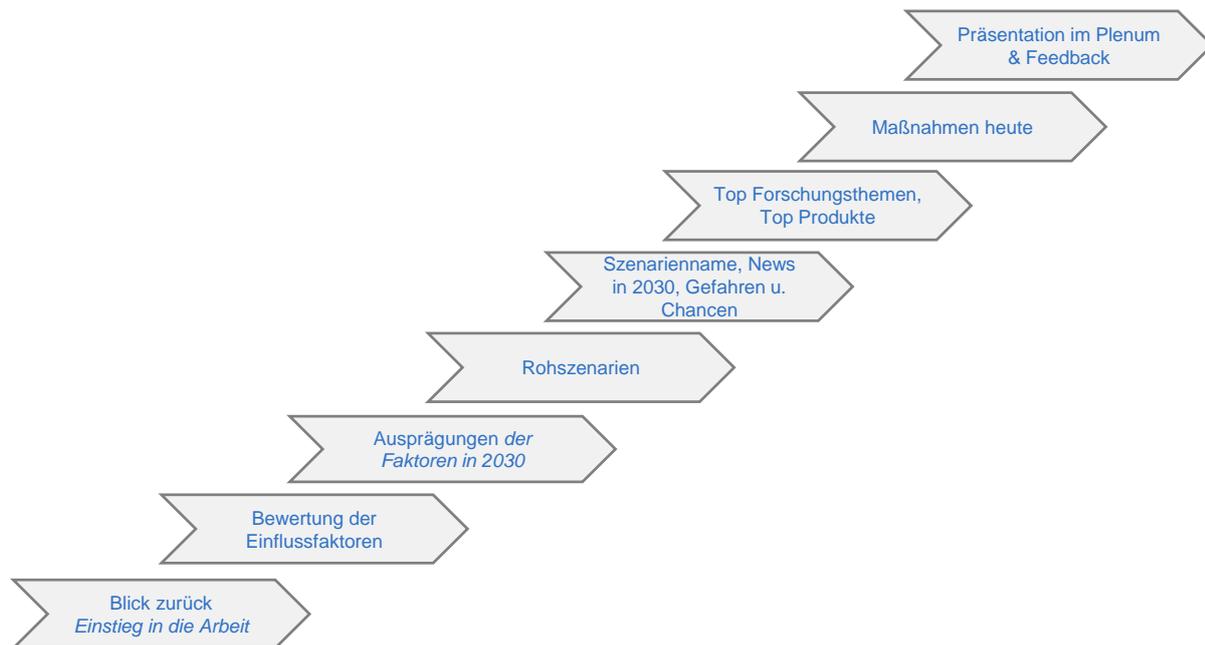


Abbildung 4: Workshopstruktur



Die besondere Herausforderung für die Workshops lag darin, sehr kompakt und konzentriert von den Einflussfaktoren bis hin zu den Maßnahmenvorschlägen für 2030 zu arbeiten, da pro Werkstoffthema die Experten nur einen Tag zur Verfügung standen. Daher musste ein streng strukturierter Ablauf erarbeitet werden, der einerseits den Einstieg in die Arbeit für die Teilnehmer erleichtert und die Kreativität steigert, andererseits auch ihre Kompetenz und Wissen für die Arbeit möglichst effektiv nutzbar macht. Da Szenariotechnik an sich ein sehr strukturiertes Vorgehen festlegt, kam diese Methode einerseits den Technikern, Wissenschaftlern und Ingenieuren sehr entgegen, da sie selbst im analytischen Arbeiten geschult und geübt sind, und andererseits konnte innerhalb der strengen Struktur sehr kreativ gearbeitet werden, weil diese Strukturen Gestaltungsspielräume schuf. Die klar vorgegebenen Fragen und Templates je Arbeitsschritt im Workshopablauf unterstützen die effektive Arbeit und forderten den Blick in die Zukunft, initiierten den Dialog innerhalb der Expertenteams und der Netzwerke, sodass die Arbeit in den Workshops zu guten Ergebnissen führte.

Je Workshop wurden Arbeitsunterlagen in Form von Templates je Workshopstep auf Plakate und Flipcharts vorbereitet. Die Dokumentation der Workshops wurde streng nach dieser Struktur gehalten, sodass die Vorgehensweise diesen Dokumentationen gut zu entnehmen ist.

2.2.3 Shaping Phase

In der Shaping Phase wurden vorerst die Ergebnisse der Main Phase analysiert und zusammengefasst. Danach wurden die Ergebnisse aus der Main Phase einem größeren Fachkreis vorgestellt und im Rahmen einer Zukunftskonferenz auf der Montanuniversität

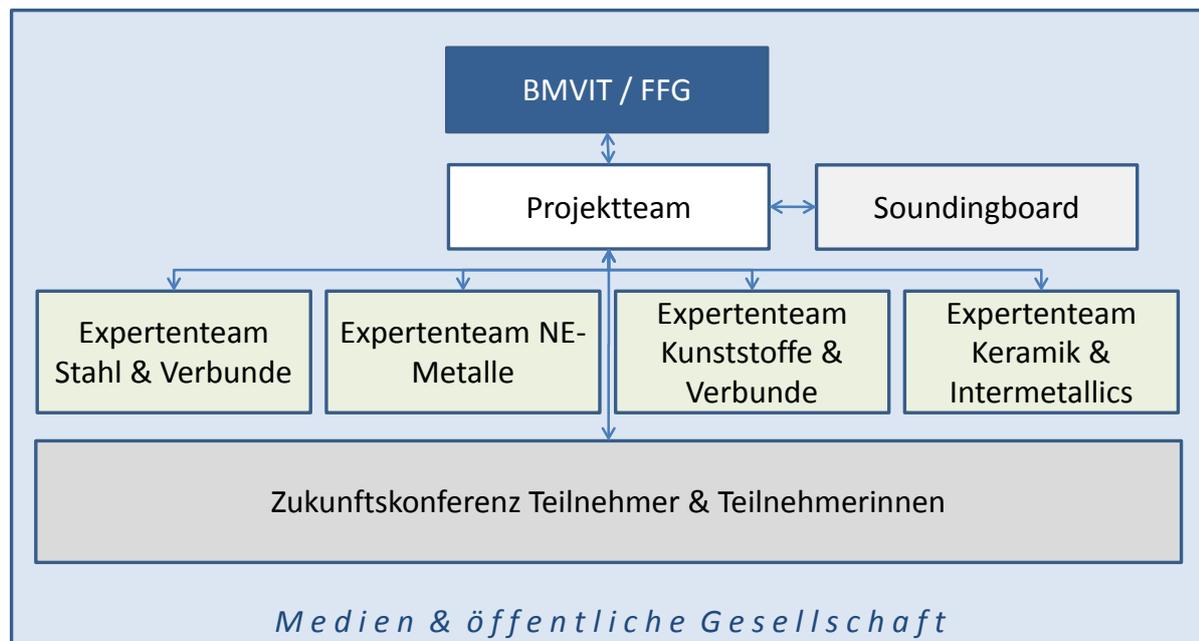
Leoben¹³ diskutiert. Die Zukunftskonferenz diente dazu, die beschriebenen Szenarien nochmals einer abschließenden Bewertung und Ergänzung zu unterziehen. Der Zukunftskongress hatte gleichzeitig die Funktion, ein Bewusstsein für einen Gestaltungsraum zu schaffen und die erzielten Ergebnisse zu verbreiten (Dissemination). Die Zukunftskonferenz und der Workshop während dieser Konferenz dienten vor allem dazu, alle Werkstoffgruppen übergreifenden Themen zu präsentieren, zu diskutieren und zu vertiefen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen wurden ebenfalls bestärkt und nachgeschärft.

In dieser Phase wurden der Prozess und die gewonnenen Erkenntnisse in der Foresight Studie „Materials Foresight“ zusammengefasst und schriftlich dokumentiert.

2.3 Projektorganisationsstruktur

Die Organisationsstruktur des Projekts setzt sich zusammen aus dem Projektteam, dem Soundingboard, dem Auftraggeber, den vier Expertenteams der vier Strukturwerkstoffe – Workshops, den Teilnehmern der Zukunftskonferenz. Darüber hinaus war es möglich, erste Ergebnisse bereits in den Medien zu publizieren und die Öffentlichkeit mit diesem Thema bekannt zu machen.

Abbildung 5: Organisationsstruktur des Projekts „Austrian Materials Foresight“



2.3.1 Projektteam und Kompetenzen

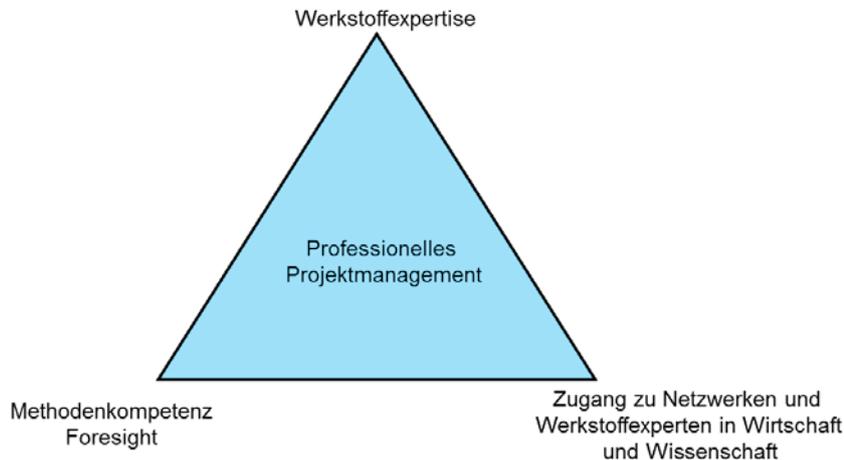
Exzellente technisch-wissenschaftliche Qualität ist im Projekt „Austrian Materials Foresight“ dadurch erreicht, dass sich drei wesentliche Elemente in der ARGE ASMET–AIT-MUL¹⁴ ergänzt durch professionelles Projektmanagement vereinen.

¹³ Forum für Metallurgie und Werkstofftechnik, 12.-14. Mai 2014, Montanuniversität Leoben, Zukunftskonferenz der „Austrian Materials Foresight“

¹⁴ ASMET - The Austrian Society for Metallurgy and Materials, AIT- AIT Austrian Institute of Technology GmbH, MUL – Montanuniversität Leoben

- Frontiere Werkstoffforschung und Wissenschaftskompetenz durch MUL und ASMET
- Hohes Beziehungskapital und Zugang zu relevanten Netzwerken in Wirtschaft und Wissenschaft durch ASMET und MUL
- Methodenkompetenz Foresight hauptsächlich durch AIT

Abbildung 6: Kompetenzdreieck für der „Austrian Material Foresight“



Der Vorteil dieses Foresight Prozesses lag in der sich optimal ergänzenden Kompetenz der drei Projektpartner. Die Kompetenz bezüglich der Werkstoffwissenschaft und –forschung und deren Know-how Träger wurden von der Montanuniversität eingebracht. Das Wissen und die Erfahrung bezüglich Werkstoffindustrie war ausgezeichnet vertreten durch die ASMET, die Austrian Society for Metallurgy and Materials. Die Methode Foresight wurde eingebracht vom AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Innovation Systems Department. Das AIT Innovation Systems Department hat lange Erfahrung mit Foresight Projekten für unterschiedliche Auftraggeber aus Politik und Wirtschaft. Das Department hat bereits über 60 Foresight Projekte durchgeführt (z.B. Neue Formen von Innovation). AIT ist auch in diesem Bereich national und international vernetzt, arbeitet mit unterschiedlichen Projektpartnern wie etwa UNIDO oder Chinese Academy for Science and Technology und betreibt auch die European Foresight Plattform.

Die Methode eines Foresight Prozesses gehört zu den anspruchsvollsten und umfassendsten Instrumenten zur Entwicklung von Konzepten für die Zukunftsgestaltung. Foresight Prozesse kommen vorwiegend zum Einsatz, wenn es gilt, komplexe Systeme (hohe Anzahl von Komponenten und Wechselwirkungen) und einen längeren Zeitraum in der Zukunft, die durchaus disruptiven Änderungen unterliegen kann, zu beschreiben. Von der ARGE wurde speziell eine auf die Aufgabenstellung angepasster Foresight Prozess für die „Austrian Materials Foresight“ entwickelt, der auf internationalen Spitzenstandards basiert und Wissen über branchenkulturelle Aspekte der österreichischen Werkstoffindustrie berücksichtigt. AIT mit dem Innovation Systems Department, das sich zu den international führenden Experten auf dem Gebiet der Gestaltung von Foresight Prozessen im internationalen Reigen zählen darf, bringt die für das Projekt absolut erforderlich höchste Qualität an methodischem Wissen und Praxis ein. Die beantragende ARGE ASMET-AIT-MUL hat nicht nur uneingeschränkter Zugang zu nationalen Werkstoffvertretern in Wissenschaft und Wirtschaft, sondern auch aufgrund bestehender Netzwerke Zugang zur internationalen Spitzenforschung. Unter anderem ist Projektleiter Dr. Bruno Hribernik, Beirat der Exzellenzuniversität Aachen und Frau Dr. Brigitte Kriszt ist Mitglied des Executive Committees der Federation of European Materials Society (FEMS).

Des Weiteren verfügt das Konsortium über einzigartige Erfahrung in der Durchführung einer institutionsübergreifenden Roadmap auf dem Gebiet der Werkstoffe. Hinsichtlich der Durchführung der institutionsübergreifenden „Roadmap für Hochleistungsmetalle 2020“ (Jäger et al.), wo bereits die Unternehmensaktivitäten und die Themen sehr heterogen und breit gefächert waren, konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die auch in diese Foresight Studie einfließen (siehe Kapitel 3.6).

2.3.2 Soundingboard

Ein Soundingboard unterstützte das Projektteam beratend und half, Diskussionspunkte zu klären und zu erweitern. Das Soundingboard setzte sich ausgewogen aus Vertretern der Wirtschaft, der Wissenschaft und der öffentlichen Hand zusammen. Für die inhaltliche Vorbereitung der Szenarienworkshops in der Main Phase und der Reflektion der Ergebnisse aus diesen Workshops nahm das Soundingboard eine wichtige Rolle ein.

Das Soundingboard setzte sich aus folgenden Mitgliedern zusammen

- Horst Bischof, Vizerektor für Forschung, Technische Universität Graz
- Wilfried Eichseder, Rektor, Montanuniversität
- Josef Fröhlich, Leiter des Departments Innovation Systems, AIT
- Helmut Kaufmann, Vorstandsmitglied, AMAG,
- Alexander Pogany, BMVIT
- Günter Rübiger, Geschäftsführender Gesellschafter, RÜBIG-
- Sabine Seidler, Rektorin, Technische Universität Wien
- Peter Schwab, Vorstandsmitglied, voestalpine AG,
- Projektmanagementteam (Bruno Hribernik, Brigitte Kriszt, Marianne Hörlesberger)

3 Ergebnisse der Preparation Phase

In diese Phase wurden das Umfeld und die Einflussfaktoren für Strukturwerkstoffe analysiert und für den nächsten Schritt der Foresight aufbereitet. Die erarbeiteten und bewerteten Einflussfaktoren, die das Umfeld eines Themas (Stahl, NE-Metalle, Kunststoffe, Keramik in unserem Fall) bilden, sind maßgeblich für die Gestaltung von Zukünften, da ihre Veränderungen unmittelbaren oder mittelbaren Einfluss auf das betrachtete Thema haben. Daher ist es notwendig, mit Umsicht und Genauigkeit das Umfeld zu analysieren und zu bewerten.

3.1 Challenges und Megatrends

Die Auseinandersetzung mit den Grand Challenges und Megatrends führt zu Inputs für die Szenarientwicklung. Foresight verlangt, dass wir uns mit dem Umfeld einer Sache, in unserem Fall mit dem *Umfeld* von Werkstoffen auseinandersetzen. Denn die Sache, das Thema, hier die Werkstoffe stehen in Wechselbeziehung mit z.B. der Verfügbarkeit von Energie, oder sind abhängig von Konflikten auf der Welt, weil Verkehrswege nicht frei befahrbar sind, oder von dem Wissen um Technologieprozesse. Um Zukunftsszenarien zu entwickeln, ist es daher notwendig jene Faktoren genau zu betrachten, die die Entwicklung der Werkstoffe maßgeblich mitbestimmen.

Im Projekt wurden verschiedene Aspekte herangezogen, um diese Faktoren auszuwählen und einzugrenzen. So gab es eine Betrachtung der

- **Global Grand Challenges:** Eine Challenge (Herausforderung) stellt die Erreichung eines wünschenswerten Zieles dar, z.B. sauberes Wasser für alle Menschen.
- **Megatrends:** Ein Megatrend ist ein beobachtbares Faktum, z.B. demographische Entwicklung wie die Überalterung Europas: Megatrends* sind global umfassend über einen 15-jährigen Zeitraum beobachtbare (vergangenheitsgeprägt) tiefgreifende, mehrdimensionale Umwälzungen aller gesellschaftlichen Teilsysteme – politisch, sozial und wirtschaftlich.

3.1.1 Global Grand Challenges

Das Millennium Projekt¹⁵ (<http://www.millennium-project.org/index.html>) mit Zukunftsforschern weltweit bietet mit seiner Website viele Anregungen. Die 15 Global Challenges (auf der Website des Millennium Projekts genau aufbereitet) wurden auch für dieses Projekt in Betracht gezogen.

Die 15 Global Challenges bieten einen Rahmen, um die globalen und lokalen Perspektiven für die Menschheit zu bewerten. Ihre Beschreibung wird jedes Jahr seit 1996 aktualisiert, wobei jede Challenge durch eine Reihe von Ansichten und Maßnahmen angesprochen wird und regionale Ansichten und Einschätzungen eingebunden sowie Fortschritte berichtet werden. Ein kurzer Überblick wird in der jährlichen State of the Future veröffentlicht. Die 15 Global

¹⁵ The Millennium Project is now an independent non-profit global participatory futures research think tank of futurists, scholars, business planners, and policy makers who work for international organizations, governments, corporations, NGOs, and universities. It was founded in 1996 and was created through a three-year feasibility study funded by the U.S. EPA, UNDP, and UNESCO, in which participated over 200 futurists and scholars from about 50 countries. For more details see <http://www.millennium-project.org/millennium/overview.html>.

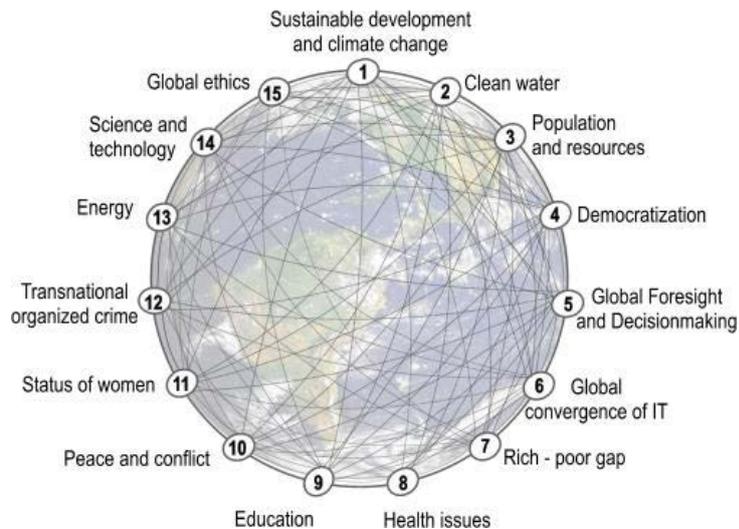
Challenges sind ein Ergebnis der kontinuierlichen Forschung, Delphi-Studien, Interviews und Partizipation von über 4.000 Experten aus der ganzen Welt.

Die globalen Herausforderungen sind ihrer Natur nach grenzüberschreitend und Lösungen dementsprechend transinstitutional. Sie können nicht durch Aktionen einer Regierung oder einer Institution alleine adressiert werden. Sie erfordern gemeinsames Handeln von Regierungen, internationalen Organisationen, Unternehmen, Universitäten und NGOs sowie kreative Menschen. Die Nummerierung der 15 Challenges sagt nichts über deren Wichtigkeit aus. Jede der 15 Challenges ist gleich wichtig.

Die 15 Global Challenges:

1. Wie kann eine nachhaltige Entwicklung für alle erreicht werden bei gleichzeitiger Beachtung des weltweiten Klimawandels?
2. Wie kann jeder Zugang zu ausreichend sauberem Wasser ohne Konflikte haben?
3. Wie kann das Bevölkerungswachstum und die verfügbaren Ressourcen ins Gleichgewicht gebracht werden?
4. Wie kann eine echte Demokratie aus autoritären Regimen entstehen?
5. Wie können Entscheidungsprozesse durch die Integration verbesserter globaler Foresight Methoden weiterentwickelt werden, sodass die Veränderungen durch die beispiellose Beschleunigung erfasst werden können?
6. Wie kann die globale Konvergenz von Informationen und Kommunikationstechnologien für alle arbeiten?
7. Wie kann ethische Marktwirtschaft gefördert werden, um die Lücke zwischen Arm und Reich zu verringern?
8. Wie kann die Bedrohung durch neue beziehungsweise wieder auftauchende Krankheiten und Immun Mikroorganismen reduziert werden?
9. Wie kann Bildung die Menschheit intelligenter, kenntnisreich und klug genug machen, um seine globalen Herausforderungen zu begegnen?
10. Wie können gemeinsame Werte und neue Sicherheitsstrategien beitragen, ethnische Konflikte, Terrorismus und den Einsatz von Massenvernichtungswaffen zu verringern?
11. Wie kann die sich verändernde Situation der Frauen zur Verbesserung des allgemeinen Zustandes der Menschheit beitragen?
12. Wie können transnational organisierte kriminelle Netzwerke durch leistungsfähigere und hochentwickelte globalen Unternehmungen gestoppt werden?
13. Wie kann wachsender Energiebedarf sicher und effizient erfüllt werden?
14. Wie können wissenschaftliche und technologische Durchbrüche beschleunigt werden, um den Zustand der Menschheit zu verbessern?
15. Wie können ethische Überlegungen routinemäßig in die globalen Entscheidungen eingebunden werden?

Abbildung 7: Die 15 Global Challenges aus dem Millennium Projekt



In Projektmanagementteamsitzungen und nachfolgend in der Soundingboard Sitzung wurde klar, dass folgende Herausforderungen im Projekt besondere Beachtung finden sollen.

- Nachhaltige Entwicklung (1)
- Wissenschaft und Technik (14)
- Energie (13)
- Konflikte und Frieden (10)
- Konvergenz von IKT (6)
- Ressourcen und Bevölkerungswachstum (3)

Diese Aspekte der Umfeldanalyse und gesellschaftlichen Herausforderungen fließen ein in die Heuristik der Einflussfaktoren, auf die noch genauer eingegangen wird (siehe dazu 3.2 Heuristik für Einflussfaktoren).

3.1.2 Megatrends

Megatrends sind zentrale Treiber des globalen Wandels. Sie wirken über Jahrzehnte und Weltregionen hinweg und beeinflussen dabei Regierungen, Unternehmen und Einzelpersonen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit können sie mindestens 15 Jahre in die Zukunft projiziert werden. Megatrends bilden eine Landkarte der Zukunft. Über Megatrends Bescheid zu wissen ist eine gute Basis für erfolgreiche Strategiearbeit. Nicht alle Megatrends oder Subtrends sind für jede Fragestellung gleichermaßen relevant. Die Branchenspezifika sind hier natürlich entscheidend. Das deutsche Foresight Unternehmen Z_punkt¹⁶ listet folgende derzeitige Megatrends:

- *Demografischer Wandel*
- Neue Stufe der Individualisierung
- Soziale und kulturelle Disparitäten

¹⁶ http://www.z-punkt.de/fileadmin/be_user/D_Publikationen/D_Giveaways/Megatrends_Update_DE.pdf

- Umgestaltung der Gesundheitssysteme
- Wandel der Geschlechterrollen
- *Neue Mobilitätsmuster*
- *Digitale Kultur*
- *Lernen von der Natur*
- *Ubiquitäre Intelligenz*
- *Konvergenz von Technologien*
- *Globalisierung 2.0*
- *Wissensbasierte Ökonomie*
- *Business Ökosysteme*
- *Wandel der Arbeitswelt*
- *Neue Konsummuster*
- *Umbrüche bei Energie und Ressourcen*
- *Klimawandel und Umweltbelastung*
- *Urbanisierung*
- *Neue politische Weltordnung*
- Globale Risikogesellschaft

Diese Trends wurden bewertet und die in kursiv geschriebenen Trends wurden speziell in die Einflussfaktorenerstellung mit aufgenommen; dies geht ebenso aus einer Diskussion mit dem Soundingboard hervor.

Im Abschnitt Main Phase werden diese Einflussfaktoren (siehe dazu

Tabelle 1) dargestellt und Beurteilung der Einflussfaktoren durch die Workshopteilnehmer ausgewertet. Die Workshopteilnehmer, welche auch im Abschnitt Main Phase präsentiert werden, bekamen mit ihrer Einladung zum Workshop auch die Einflussfaktoren und konnten sich vor dem Workshop mit diesen vertraut machen und Ergänzungen und Fragen rückmelden.

3.2 Heuristik für Einflussfaktoren

Szenariotechnik oder auch Szenarioentwicklung analysiert zuerst die Treiber (Einflussgrößen) eines Themas für die vier Strukturwerkstoffbereiche. Aufbauend auf den Global Grand Challenges, den Megatrends und den Diskussionsergebnissen im Soundingboard wurden die Einflussfaktoren in folgende fünf Treibergruppen eingeteilt: Gesellschaft, Technologie, Umwelt, Wirtschaft und Politik; dies entspricht im Grunde der STEEP Einteilung der Fachliteratur (STE¹⁷EP). Dieser heuristische Ansatz dient dazu, das Umfeld sowie die Einflüsse für die Werkstoffgruppen möglichst umfassend darstellen und analysieren zu können.

¹⁷Die Foresight Literatur bietet verschiedene Heuristiken, um in einem ausreichenden Umfang alle möglichen Einflussbereiche zu analysieren. So können beispielsweise folgende genannt werden:

- STEP: Society, Technology, Economics, and Politics
- STEEP: Society, Technology, Economics, *Environment*, and Politics

Tabelle 1: Struktur der Einflussfaktoren

Einflussbereich	Einflussfaktoren
Gesellschaft	Werteentwicklung
	Demographie
	Sozialer Friede in Österreich
	Qualifizierung
	Neue Mobilitätsmuster
	Gesundheit
	Neue Wohnformen
Technologie	ICT
	Produktion und Fertigung
	Rohstoffe zur Erzeugung
	Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen
	Produktkonzepte
Umwelt	Klimawandel
	Stabilität
Wirtschaft	Wettbewerb
	Globalisierung
	Finanzmarkt
	Wirtschaftswachstum
	Eigentümerphilosophie
	Verkehrssektor
	Bauindustrie
	Maschinenbau
	Energieerzeugung / Kraftwerksbau
Politik	Konflikte (Krieg und Frieden)
	Gesetzgebung
	Energie
	Weltpolitik
	Umweltgesetzgebung
	Globale Governance
	Forschungs- und Industriepolitik in Österreich

- SCEPTIC: Society, Culture, Environment, Politics, Technology, Infrastructure, and Commerce.
- PLANET: Politics, Law, Arts, Nature, Economics
- PEST: Politics, Economics, Society, Technology

3.3 Input aus der Zukunftsforschung und Trendaspekte

Die Zukunftsforschung beschäftigt sich eingehend mit Entwicklungen in der Gesellschaft und daraus abzuleitenden Trends. Neben allgemeiner gesellschaftliche Aspekte, die auch für die Werkstoffindustrie und Forschung einen größeren Einfluss haben könnten, gibt es eine Reihe von auch Foresightaktivitäten bzgl. Werkstoffe und deren Produktion europä- und weltweit. Hier nehmen seien einige Gedanken zu Industrie 4.0 und zu Foresight Studien allgemein und zum Aspekt der Bildung und Ausbildung zusammengefasst. In der Szenarientwicklung (siehe dazu Kapitel 4.5 Szenarien auf Seite 4-62) zeigt sich, dass gerade auch die Werteentwicklung in der Gesellschaft eine nicht unbedeutende Rolle spielen kann.

3.3.1 Generation Y

Als Generation Y (kurz Gen Y) / Ypsiloner wird in der Soziologie diejenige Bevölkerungskohorte genannt, deren Mitglieder im Zeitraum von etwa 1990 bis 2010 zu den Teenagern zählten. Je nach Quelle wird diese Generation auch als Millennials (zu Deutsch etwa die Jahrtausender) bezeichnet. Sie gilt damit als Nachfolgegeneration der Boomers und der Generation X. Der Name ist darauf zurückzuführen, dass nach X im Alphabet der Buchstabe Y folgt. Der Buchstabe "Y" wird englisch Why (= ‚Warum‘) ausgesprochen, was auf das charakteristische Hinterfragen der Generation Y verweist.¹⁸ Die nachfolgende Generation ist die Generation Z, welche mit dem Geburtsjahr 1999 beginnt.¹⁹ 1933–1945 "Matures"

- 1946–1964 "Boomers"
- 1965–1976 "Generation X"
- 1977–1998 "Generation Y"
- 1999--....."Generation Z"

Die Generation Y gilt als vergleichsweise gut ausgebildet, oft mit Fachhochschul- oder Universitätsabschluss.²⁰ Sie zeichnet sich durch eine technologieaffine Lebensweise aus, da es sich um die erste Generation handelt, die größtenteils in einem Umfeld von Internet und mobiler Kommunikation aufgewachsen ist.²¹ Sie arbeitet lieber in virtuellen Teams als in tiefen Hierarchien. Anstelle von Status und Prestige rücken die Freude an der Arbeit sowie die Sinnsuche ins Zentrum. Mehr Freiräume, die Möglichkeit zur Selbstverwirklichung, sowie mehr Zeit für Familie und Freizeit sind zentrale Forderungen der Generation Y. Sie will nicht mehr dem Beruf alles unterordnen, sondern fordert eine Balance zwischen Beruf und Freizeit. Nicht erst nach der Arbeit beginnt für die Generation Y der Spaß, sondern sie möchte schon während der Arbeit glücklich sein – durch einen Job, einen Sinn bietet. Sie verkörpert einen Wertewandel, der auf gesellschaftlicher Ebene

¹⁸ RP-Online: Generation Y – Glück schlägt Geld. Abgerufen am 25. April 2014.

¹⁹ Beverly Kaye, Sharon Jordan-Evans: Love 'Em or Lose ' Em: Getting Good People to Stay. 4. Auflage. Berrett-Koehler Publishers, San Francisco 2007, S. 236. Interpretation des Buches

²⁰ Peter Sheahan: Generation Y: Thriving and Surviving With Generation Y at Work. Hardie Grant Publishing, 2005, ISBN 1-74273-139-2, S. 7.

²¹ Daniela M. Weise: Rekrutierung der Net-Generation. E-Recruiting mit Hilfe von Web 2.0-Tools. Diplomica-Verlag, Hamburg 2011, ISBN 978-3-8366-9680-7, S. 15.

bereits stattfindet und den die jungen Beschäftigten nun auch in die Berufswelt tragen.²² Der Berliner Jugendforscher Klaus Hurrelmann macht auf die Multioptionsgesellschaft und Grenzlosigkeit aufmerksam, in welcher die Generation Y groß geworden ist.²³ Dazu passt auch, dass bereits auffallend viele Berufsanfänger – 60% im Jahr 2014 gegenüber 48% im Jahr 2002 – dieser Generation Ansprüche auf Führungspositionen erheben und sich als Experten wähen.²⁴

Die Millennials sind optimistisch und selbstbewusst und haben wenig Vertrauen in die Regierung, weshalb sie sich durch passiven Widerstand aktiv ins politische Geschehen einbringen. Ein Beispiel dafür ist die Bewegung Occupy Wall Street, wo sich die moderne Organisation der Generation Y darstellt. In ihrem Buch „Die heimlichen Revolutionäre – Wie die Generation Y unsere Welt verändert“²⁵ aus dem Jahr 2014 geben der Soziologe Klaus Hurrelmann und der Journalist Erik Albrecht den ersten systematischen Überblick über alle bisherigen Untersuchungen zu diesem Thema, ergänzt durch authentische Äußerungen von Generationsangehörigen. Ihre zentralen Aussagen sind:

- Die Generation Y hat in der sensiblen und formativen Zeit ihres Jugendalters den Terroranschlag in New York, weltweite Kriege und Krisen und zuletzt die Finanz- und Eurokrise mit einer verheerenden Jugendarbeitslosigkeit erlebt. Sie ist den Umgang mit Unsicherheiten und Ungewissheiten in der Lebensplanung gewohnt. Sie hat gelernt, das Beste aus jeder noch so undurchsichtigen Situation zu machen, zu sondieren und zu taktieren, um sich stets möglichst viele Optionen offen zu halten. Diese Mentalität hat ihr den Namen gegeben, der im Amerikanischen mit dem Wort „Why“ die fragende und suchende Grundhaltung ausdrückt. Das Leben in Unsicherheit empfindet diese Generation aus diesem Grund als ganz normal.
- Die Ypsiloner sind Meister im Improvisieren. Ihr Lebenslauf verliert die Gradlinigkeit, die noch für die Eltern typisch war. Leben ist für die Generation Y viel weniger planbar als früher. Bei allem Stress, den sie durchaus empfinden, genießen die Ypsiloner das auch, weil es sie unabhängig und frei macht. Sie sind „Egotaktiker“, die alle wichtigen Lebensentscheidungen nach den unmittelbaren Vorteilen und Nachteilen für die eigene Person und ihr Wohlbefinden abschätzen.
- In Zeiten, in denen es politisch und wirtschaftlich unruhig zugeht, in denen es den Job auf Lebenszeit möglicherweise nie mehr geben wird, investieren die jungen Leute so viel in ihre Bildung und Ausbildung wie nie zuvor. Ein hoher Bildungsabschluss wird zur wichtigsten Munition im Kampf um einen Platz in der Gesellschaft und gilt zudem als Schlüssel zu einem selbstbestimmten Leben. Diese Generation erwirbt die Hochschulreife und strömt in die Universitäten und Hochschulen, um sich möglichst viele Optionen offen zu halten. Fast 60 Prozent von ihnen, in der Mehrheit junge Frauen, schaffen das und setzen sich damit von den übrigen 40 Prozent ihrer Jahrgänge ab, die mit dieser Entwicklung nicht mithalten können.

22 Kerstin Bund: Glück schlägt Geld. Generation Y: Was wir wirklich wollen. Murmann Verlag, Hamburg 2014, ISBN 978-3-86774-339-6.

23 Jean Heuser, Anne Kunze: Wollen die auch arbeiten? In: Die Zeit. Online, abgerufen am 10. Dezember 2013.

24 7. Bewerber-Motto: „It's not about you, it's about me.“ Online: Rekrutierung Jobinterviews mit Y-Faktor. Bundesarbeitgeberverband Chemie, 9. Juli 2014, abgerufen am 11. Juli 2014. In: Blätter für Vorgesetzte auf der Internetpräsenz des Bundesarbeitgeberverband Chemie; Print: BAVC - Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V., Heft 7/2014, S. 5.

25 Klaus Hurrelmann, Erik Albrecht: Die heimlichen Revolutionäre – Wie die Generation Y unsere Welt verändert. Verlag Beltz, Weinheim 2014, ISBN 978-3-407-85976-1

- Einmal im Beruf angekommen, wollen diese 60 Prozent gut Gebildeten, die so etwas wie die Elite der Generation Y darstellen, dafür so viel Erfüllung, Freude und Anerkennung eintauschen wie möglich. Sie lehnen Hierarchien und Reglementierungen ab und wollen möglichst früh einen Arbeitsplatz in einem Team haben, in dem sie keiner gängelt und sie ihr Können unter Beweis stellen können. Intensives Arbeiten und lebenslanges Lernen ist für sie selbstverständlich, aber sie haben auch gelernt, mit ihren Kräften zu haushalten. Diese Generation will und kann volles Engagement geben. Dennoch haben die Menschen dieser Generation so etwas wie eine eingebaute Burn-Out-Sperre entwickelt.
- Die Generation Y fordert neue Familienmodelle konsequent ein. Bei der Familienplanung und -gestaltung setzt sie auf Gleichberechtigung, Väterzeit, Homo-Ehe und bricht alle bisherigen Tabus. Die Ypsiloner wünschen sich Kinder, aber wenn die Bedingungen in Partnerschaft, Privatleben und Beruf nicht stimmen, die Unwägbarkeiten des Lebens zu groß sind, dann bleiben sie lieber kinderlos. Die Generation Y drängt deshalb vehement auf die Vereinbarkeit von Familie und Karriere.
- Die Freizeit ist das Trainingslager der Generation Y. Hier lernen die Egotaktiker, ihren eigenen Weg durch den Dschungel der Optionen zu finden. Das Internet ist dabei immer präsent – sei es auf dem Computer, Tablet oder Smartphone. Für die Generation Y ist eine Trennung zwischen online und offline längst nicht mehr sinnvoll. Das Internet und vor allem Soziale Netzwerke sind wichtig für ihre Persönlichkeitsentwicklung. Neue Medien sind der Bereich, in dem sie gesellschaftlich überlegen sind und ihre eigenen Akzente setzen. Ältere Bevölkerungsgruppen und die eigenen Eltern bemühen sich, intensiv von ihnen zu lernen.
- Die Generation Y ist nicht unpolitisch. Sie definiert Politik allerdings anders als bisher gewohnt. Viele früher als „politisch“ definierten Themen sind für die Ypsiloner heute eher eine Frage von Konsum, Ethik oder Lifestyle. Die Generation Y kämpft nicht für eine neue Gesellschaftsordnung wie andere Generationen vor ihr. Aber sie will nach ihren eigenen Vorstellungen leben. Sie geht nicht auf die Barrikaden, aber auch keine falschen Kompromisse ein. Bildung, Beruf, Freizeit, Familie, Politik – die Ypsiloner leben ihr Leben heute einfach nach ihren Vorstellungen. Damit verändern sie unsere Gesellschaft. Das macht sie zu „heimlichen Revolutionären“, die traditionelle Muster des Lebens fast unmerklich unterwandern und verändern.

Als „Gegenpol“ bzw. Verlierer dieser Generation bezeichnen Susanne Finsterer und Edmund Fröhlich im gleichnamigen Buch die Generation Chips, die – überwiegend in der sogenannten Unterschicht – zu viel Medien konsumierten, sich einseitig ernährten und von der gesellschaftlichen Teilhabe weitgehend ausgeschlossen seien.

Ein weiterer Jugendforscher ist Bernhard Heinzlmaier²⁶. Er schreibt in seinem Buch Performer, Styler, Egoisten über eine Jugend, der die Alten die Ideale abgewöhnt haben²⁷, Berlin, 2013. Der Neoliberalismus ist ein Gas (Deleuze). Einem Gas kann man kaum Grenzen setzen. Aus der Ökonomie kommend strömt es ungehindert in alle Diskurse und Lebenswelten ein. Ökonomische Imperative greifen auf alle Sphären der Gesellschaft über

26 Bernhard Heinzlmaier ist seit über zwei Jahrzehnten in der Jugendforschung tätig. Er ist Mitbegründer des Instituts für Jugendkulturforschung und seit 2003 ehrenamtlicher Vorsitzender. Hauptberuflich leitet er das Marktforschungsunternehmen "tfactory" in Hamburg.

27 Bernhard Heinzlmaier: Performer, Styler, Egoisten. Über eine Jugend, der die Alten die Ideale abgewöhnt haben, Berlin, 2013 (13,5 x 21,5 cm, Hardcover, 196 Seiten, ISBN 978-3-943774-43-6) – Verlag des Archivs der Jugendkulturen

– auf Schule, Familie, Gesundheitswesen, Kultur, Bildung usw. Die Gesellschaft ist zum Anhängsel des Marktes geworden.

Wir treffen heute auf ein Phänomen, das in den Sozialwissenschaften als Werteverstärkung vom Postmaterialismus zum Neomaterialismus bezeichnet wird. Der Neomaterialismus steht für eine Grundhaltung, die postmaterielle Werte der '68er Generation wie Solidarität, Toleranz, idealistische Selbstverwirklichung und die Kritik an gesellschaftlicher Ungerechtigkeit und Unterdrückung durch ein neomaterialistisches Wertesetting ersetzt, in dem die beherrschenden Werte Sicherheit, Konsum, sozialer Aufstieg, Nutzenorientierung und Affirmation der gesellschaftlichen Verhältnisse sind. Berechtig ist nur, was sich vor dem Richterstuhl der ökonomischen Imperative bewähren kann. Was sich nicht verwerten lässt, wird exkludiert, auch wenn es sich dabei um Menschen handelt.

In verschulten und autoritär reglementierten Universitäten, in denen Bildung durch die unkritische Akkumulation von Fachwissen und dessen Abprüfung im geistlosen Multiple-Choice-Verfahren verdrängt wird, werden die Jugendlichen systematisch für die Verwendung im Markt hergerichtet. Kritische Reflexionen sind nicht mehr gefragt. Bildung als Erziehung zur Freiheit, als Persönlichkeitsbildung, als Förderung von kreativen und ästhetischen Fähigkeiten, Bildung der „Gesinnung und des Charakters“ (Humboldt) – alles längst verabschiedet und auf den Müllhaufen der Geschichte geworfen. Am Ende verlässt schön verpacktes Humankapital die bildungsökonomisch hocheffizienten Ausbildungsfabriken.

Doch die gut ausgebildeten Ungebildeten sind ängstliche Kreaturen. Mit begrenztem Horizont und engem Herz geht diese neue Elite durch die Welt, die Angst im Nacken, von anderen, ebenso „coolen“ Charakteren wie sie selbst, aus dem Feld geschlagen zu werden (Heinzlmaier).

3.3.2 Industrie 4.0²⁸

Industrie 4.0 wurde in den Szenarienworkshops mitgedacht und fließt damit in das Projekt bereits unmittelbar ein.

Österreich darf den Anschluss an das digitale Zeitalter nicht verpassen.

Der Plan: Durch die Verbindung von Mensch, Maschine und System soll die Spitzenposition österreichischer Unternehmen international gefestigt und ausgebaut werden. Das Industrie 4.0-Konzept soll die Informatisierung der klassischen Industrien wie die Produktionstechnik vorantreiben. Die technologische Grundlage für solche Verfahren sind Cyber-physische Systeme und das Internet der Dinge. Mit dem Internet der Dinge ist meist die Verknüpfung physischer Objekte mit einer virtuellen Repräsentation in einer Internet-ähnlichen Struktur gemeint. Im Alltag bieten beispielsweise Paketdienstleister auf Basis einer eindeutigen Identifikation über Strichcodes oder 2-D-Codes die Möglichkeit, Pakete im Transportprozess über entsprechende Webseiten zu verfolgen.

Die Zukunft der Industrie ist intensiver vernetzt, zumindest in der Zukunftsvorstellung der österreichischen Bundesregierung. Die deutsche Bundesregierung stellt für die nächsten drei Jahre ca. 200 Mio. € für INDUSTRIE 4.0 zur Verfügung. „President Obama´s NNMI

28 Dieser Beitrag ist von Dr. Hribernik verfasst, wobei ihm folgende Quelle diente: Studie Fraunhofer IAO Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0
Dieter Spath (Hrsg.), Oliver Ganschar, Stefan Gerlach, Moritz Hämmerle, Tobias Krause, Sebastian Schlund - ISBN: 978-3-8396-0570-7.

proposal (National Network for Manufacturing Innovation) calls for the establishment of up to 15 Institutes for Manufacturing Innovation (IMI) funded through a onetime infusion of \$1 billion funding.“ Auch China pusht das Thema “Internet of Things” sowie CPS massiv mit einem eigenen Programm mit ca. 1 Mrd. €. In Shanghai gibt es seit 2010 die weltgrößte Technologie-Messe zum Thema „Internet of Things“. In Österreich werden Industrie 4.0 Projekte im Rahmen DES Programms „Produktion der Zukunft“ gefördert. Doch bislang ist die aktuelle Auseinandersetzung mit dem Thema hauptsächlich von Pilotprojekten und langfristigen Visionen gekennzeichnet. Wie die künftige Entwicklung tatsächlich verlaufen wird, ist heute noch unklar. Dieser Informationslücke widmet sich im Sommer 2014 die Analyse der Beratungsfirma ROI Management Consulting. In ihrer Studie „Industrie 4.0: Szenarien der Entwicklung bis 2034“ formulierten die Experten unterschiedliche Zukunftsszenarien für die smarte Produktion.

Im Ergebnis: Produktionsleitsystemen wird in Zukunft eine andere Bedeutung zukommen. Bislang spielen die „Manufacturing Execution Systems“ (MES) noch eine zentrale Rolle in der Produktionsplanung, doch bald schon dürften sie von „Cyberphysical Systems“ (CPS) abgelöst werden. Manufacturing Execution System (MES) ist eine prozessnah operierende Ebene eines mehrschichtigen Fertigungsmanagementsystems, die deutsche Bezeichnung lautet „Produktionsleitsystem“. Das MES ermöglicht die Führung, Lenkung, Steuerung oder Kontrolle der Produktion in Echtzeit. Cyber-physical Systems (CPS) sind Systeme mit eingebetteter Software und Elektronik, die über Sensoren und sogenannte Aktoren mit der Außenwelt verbunden sind.

Man sagt auch, dass die physikalische Welt durch CPS mit der virtuellen Welt zu einem „Internet der Dinge“ wird. Die Experten gehen in ihren Untersuchungen davon aus, dass der intelligente Austausch zwischen Maschinen, Lagermitteln und Betriebssystemen die gesamte Fertigungsindustrie und Geschäftsprozesse revolutionieren wird. Allerdings wird die deutsche Industrie nicht branchenübergreifend von der Vernetzungswelle erfasst. Die Entwicklungspfade verlaufen eher branchenspezifisch, die einzelnen Elemente von Industrie 4.0 werden stark zeitversetzt realisiert. Die Analyse geht davon aus, dass es bis zur vollständigen Vernetzung noch zehn bis zwanzig Jahre dauern dürfte. Das hat aus Sicht der Forscher vor allem damit zu tun, dass die IT-Umgebung in den Branchen sehr unterschiedlich ausgeformt ist.

INDUSTRIE 4.0 ist eine Chance für Hochlohn Industrieregionen wie Oberösterreich und die Steiermark, wo mehr als 25% des regionalen BIP und damit des Wohlstandes und der Arbeitsplätze aus der Industrie kommt. INDUSTRIE 4.0 ist für Hochlohn-Industrieländer alternativenlos. Daher haben Oberösterreich und die Steiermark gute Voraussetzungen für INDUSTRIE 4.0 – nun gilt es diese rasch zu nutzen. Ein Schlüssel wird unter anderem sein, rasch die durch INDUSTRIE 4.0 ermöglichten neuen „disruptiven Geschäftsmodelle“ zu entwickeln. Technologisch bedeutet Industrie 4.0 aber nur eine inkrementelle Innovation.

3.3.3 Abriss über Foresight Studien zu Werkstoffen

Die meisten Studien (Roadmaps, Foresights) betonen den kritischen Querschnittscharakter der Advanced Materials, insbesondere deren Rolle bei der Realisierung wichtiger moderner Technologien und Produktion von hochwertigen Produkten. So sind fortschrittliche Materialien in fast jeder wichtigen Fertigungsindustrie zu finden. Werkstoffforschung ist eine wichtige Quelle von Innovation und Wettbewerbsfähigkeit in vielen Schlüsselsektoren.

Die große Anzahl von vielversprechenden fortschrittlicher Materialien mit ihrer Vielzahl von Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten in fast allen Industriebranchen stellt eine große Herausforderung, eine allumfassende "Roadmap" für „Neue Werkstoffe“ (Advanced

Materials) zu entwickeln. Stattdessen werden zumeist Strategien für bestimmte Kategorien von Advanced Materials im Kontext zum Innovationsbedarf in spezifischen Technologiebereichen entwickelt, oder in Bezug zu großen gesellschaftlichen Herausforderungen oder industriellen Wertschöpfungsketten werden in den Studien bearbeitet.

Advanced Materials werden als ein wichtiger strategischer Schwerpunkt in allen wichtigen Wissensökonomien berücksichtigt. Moderne Werkstoffe sind entscheidend für Innovation in einer Reihe von wichtigen Technologien und Industrien, aber sie werden auch als wesentliche Grundlage für Schlüsseltechnologien angesehen mit hohem Wert für Fertigung, aber auch zur Lösung von wichtigen großen gesellschaftlichen Herausforderungen" insbesondere in Bereichen wie Mobilität, Gesundheit und Energie.

In der Literaturliste sind wichtige neuere internationale Studien zur Unterstützung Materialforschung und Innovation. Insbesondere wurden Studien analysiert, die aktuelle Advanced Materials - in Roadmaps und anderen Strategie - bezogenen Dokumente enthalten oder für staatliche Stellen in führenden Volkswirtschaften entwickelt wurden. Bei den Studien wurden unterschiedliche Ansätze und Verfahren zur Entwicklung solcher Strategien angewandt. Wichtige Unterschiede in den nationalen Innovationssystemen sind feststellbar.

Wesentliche Schlüsselthemen, die in den Studien (siehe Literaturliste) diskutiert werden und im Verlauf dieser Literaturrecherche identifiziert wurden, sind nachstehend zusammengefasst:

1. Die Wichtigkeit von Materialinnovationen für eine Reihe von Technologien, Anwendungen und Branchen.
2. Die Rolle von Advanced Materialien zur Untermauerung von anderen Schlüssel- und Enabling Technologien.
3. Die Rolle von Materialien in Bezug zu den sozioökonomischen Herausforderungen.
4. Die Rolle von Advanced Materialien bei der Ermöglichung von Hochtechnologiefertigung.
5. Nationale und Stakeholder Variationen in "Advanced Material" Definitionen, Terminologie und Strategischer Fokus.
6. Das nationale Innovationssystem in Zusammenhang mit Advanced Materials Strategie/Roadmaps in verschiedenen
7. Die Wichtigkeit von Enabler Technologien und Innovationen bei der Untermauerung von Advanced Materials Innovationen.
8. Regierungsunterstützung in der Koordination von Advanced Materials Entwicklungscommunities.
9. Die strategische Wichtigkeit von Sicherheit und Zugang zu kritischen Rohstoffen (Untermauerung von Schlüsseltechnologien und Industrie).
10. Die Rolle von Advanced Materials in Bezug zu Innovationsbedarf und Wettbewerbsherausforderungen von Schlüsselindustriesektoren.

*Metallurgy Europe - ein Eureka-Cluster-Programm Vorschlag
Roadmap für den Zeitraum 2014-2020*

Die Gemeinschaft Metallurgie Europa hat im vergangenen Jahr eine kooperative und innovative Roadmap erfolgreich entwickelt, die eine Festlegung der wichtigsten strategischen Bereiche für die Zeit von 2014 bis 2020 beinhaltet. Die Roadmap ist das Ergebnis der zahlreichen Treffen, Workshops und Diskussionen mit über 100 industriellen und akademischen Metallurgie / Werkstoff Forschern in ganz Europa.

Durch einen Bottom-up Ansatz, hat das Eureka Team die 13 wirtschaftlich wichtigsten Forschungsthemen identifiziert, die dringend gestärkt werden müssen. Die Bearbeitung dieser Themen wird zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit notwendig und zur Verbesserung von Europas metallurgischem Wissen beitragen. Die ausgewählten Top-Level-Themen sind alle mittel-bis langfristig und beinhalten zahlreiche einzelne Teilprojekte in der Umsetzungsphase.

Die 13 Top-Level R & D Themen, die die Grenzen der heutigen Metallurgie / Werkstoffe überschreiten helfen werden, sind:

- Light alloys and metal-matrix composites
- High-temperature extreme alloys and composites
- New and improved steels
- Advanced superconductors
- High-ZT thermoelectric alloys
- Biocompatible metallurgy
- Metal-based 3D-micro-parts & embedded sensors
- Automated additive manufacturing
- Combinatorial alloy development
- Coatings and surface protection
- Powder metallurgy techniques & designer microstructured alloys
- Predictive modelling and advanced characterisation
- Recycling, refinement, re-use and waste elimination

3.4 BMVIT/FFG Förderschwerpunkte im Bereich Werkstoffe (Produktion der Zukunft)

Mit der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ (bis 2013: Intelligente Produktion) des BMVIT werden seit 2011 produktionsrelevante F&E Projekte mit Schwerpunkt „Produktionstechnik“ gefördert. Strategische Ziele sind die Steigerung der Innovationsleistung der nationalen Sachgüterproduktion, der gezielte Aufbau von Forschungskompetenz in Forschungseinrichtungen sowie die Stärkung europäischer und internationaler Kooperationen und Netzwerke. Operative Ziele sind die Steigerung der Effizienz von Produktionstechnologien, die Flexibilisierung der Produktion und die Herstellung hochwertiger Produkte auf Basis von High-Tech Materialien und Nanomaterialien.

Die Ausschreibungsinhalte orientieren sich am Forschungsbedarf und an den zentralen Herausforderungen für die Industrie, welche mit Hilfe von Innovation und unter Einsatz verschiedener Technologien eine nachhaltige, leistungsfähige und flexible Fertigung vorantreiben. Disziplinübergreifende Entwicklungen und Integration unterschiedlicher Fertigungsverfahren sowie Informationstechnologien in den Produktionsprozess stehen

dabei immer mehr im Vordergrund. Dieser Trend – bekannt auch als „Industrie 4.0“ – zielt sowohl auf die vertikale Integration von vernetzten Produktionssystemen als auch auf die Schaffung von horizontalen Wertschöpfungsnetzwerken für die Produktionssysteme der Zukunft ab.

Material- und Produktionsforschung werden zusehends gemeinsam gedacht und weiterentwickelt. Die Funktionalisierung von High-Tech Materialien wie bspw. neue oder modifizierte Werkstoffverbünde für den Leichtbau oder auch Nanomaterialien für bspw. Aktuatoren und Sensoren in Echtzeitqualitätssicherungsverfahren oder „intelligenten Produkten“, spielen eine zentrale Rolle sowohl für innovative und leistungsfähige Produktionsprozesse als auch für innovative Produkte mit einem hohen Mehrwert für den Kunden.

In der 7. Ausschreibung der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ 2014 wurden im Themenbereich „High-Tech-Materialien, Oberflächen und Nanotechnologie“ folgende fünf Subschwerpunkte ausgeschrieben²⁹:

- Neue, hoch entwickelte Materialien und Werkstoffe: d.h. neue Fertigungsverfahren zur kostengünstigen Herstellung und Verarbeitung von neuen Materialien, hochentwickelten Werkstoffen, Werkstoffverbünden und Faserverbundwerkstoffen. Anpassung von effizienten und robusten Fertigungstechnologien an die Materialeigenschaften.
- Verbindungstechnologien für hoch entwickelte Werkstoffe und Multimaterialien: d.h. innovative Verbindungs- und Montagetechnologien für die Einbindung von neuen und hoch entwickelten Werkstoffen in Strukturen, sowie Hybridkonstruktionen für den ressourcenschonenden Werkstoffeinsatz sowie die Abbildung unterschiedlichster Funktionsanforderungen in einem Bauteil.
- Neue Funktionen durch innovative Oberflächen und Oberflächenverfahren: d.h. radikal verbesserte Produkteigenschaften durch gezielte Oberflächenveränderungen bzw. durch substantiell erweiterte und lokal maßgeschneiderte Funktionalität. Die Oberflächentechnik erlaubt dabei eine Funktionalisierung und/oder funktionale Trennung von Eigenschaftsprofilen von unterschiedlichen Werkstoffen an Werkkörpern.
- Nanomaterialien, funktionelle nanostrukturierte Oberflächen, Nanodevices und Nanosensoren: d.h. Entwicklung von Nanomaterialien, Nanodevices, Nanosensoren und funktionellen nano-strukturierten Oberflächen für vielversprechende Anwendungen sowie als Beitrag zur Lösung technologischer Herausforderungen.
- Charakterisierung und Modellierung der Eigenschaften von Nanomaterialien: d.h. Verbesserung und Erweiterung von analytischen und physikalischen Charakterisierungsmethoden für die erfolgreiche Entwicklung von Produkten und Prozessen auf Grundlage der Nanotechnologie.
-

²⁹ vgl. Ausschreibungsleitfaden Produktion der Zukunft 2014, Kapitel 2.1.4

(https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/Produktion/ausschreibungsleitfaden_produktion_der_zukunft_2014.pdf)

3.5 Österreich im Europäischen Rahmenprogramm

Das Programm mit Schwerpunkt „Werkstoffe und Materialien“ auf EU Ebene im 7. Rahmenprogramm ist³⁰ zweifelsohne „Nanowissenschaften, Nanotechnologien, Werkstoffe und neue Produktionstechnologien (NMP)“. Dieses Programm sollte die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie so stärken, dass Technologiesprünge in einem sehr weiten Bereich von Sektoren und Anwendungen möglich werden. High-Tech-Branchen, höherwertige und wissensbasierte traditionelle Branchen und KMUs sollten von diesem Programm europaweit profitieren. Der Wandel der europäischen Industrie in eine wissensintensive ist essentiell für die Produktion von hochwertigen Produkten, um den Kundenanforderungen gerecht zu werden und entsprechend Umwelt, Gesundheit und die gesamte Gesellschaft dahingehend mit in Betracht zu ziehen, dass die Innovationen und Industrieprozesse dem Wohlergehen der Gesellschaft dienen. Neben Nanowissenschaften und Nanotechnologien werden in diesem Programm auch Projekte gefördert, die sich mit Werkstoffen beschäftigen, die durch die Kenntnis der Nanotechnologien und Biotechnologien neue Produkte und Prozesse schaffen, die sich weiters mit Bedingungen für die kontinuierliche Innovation und für die Entwicklung grundlegender Produktionswerte (Technologien, Organisation, Produktionseinrichtungen und Humanressourcen) inklusive Sicherheits- und Umweltaforderungen beschäftigen. Darüber hinaus sollte dieses Programm die Integration von Technologien für die industrielle Anwendung mit Schwerpunkt auf neue Technologien, Materialien und Anwendungen, unterstützen.

Die Beschreibungen der Projekte dieses NMP Programms finden sich in der CORDIS Datenbank. 867 Projekte³¹ werden in diesem Programm abgewickelt. Die sichtbarsten internationalen Organisationen in diesem NMP Programm sind in Tabelle 2 dargestellt. Es ist zu sehen, dass auch hier Forschungseinrichtungen und Universitäten dominieren, allen voran FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT in Deutschland. Eines der sichtbarsten Unternehmen ist BASF mit einer Häufigkeit 15.

Tabelle 2: Die sichtbarsten internationalen Organisationen im FP7-NMP-Programm.

Organisation	Land	Häufigkeit
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V	Germany	134
NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK - TNO	Netherlands	56
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	Italy	49
FUNDACION TECNALIA RESEARCH & INNOVATION	Spain	48
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	France	46
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET	Denmark	41
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES	France	39

³⁰ Viele Projekte in diesem sind bereits abgeschlossen. Viele laufen aber noch. Wir verwenden daher doch die Gegenwart, um darüber zu schreiben.

³¹ Stand dieser CORDIS-Daten stammen vom 10. November 2014.

ACCIONA INFRAESTRUCTURAS S.A.	Spain	38
TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT	Finland	38
D'APPOLONIA SPA	Italy	30
AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS	Spain	28
THE CHANCELLOR, MASTERS AND SCHOLARS OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE	United Kingdom	27
EIDGENOESSISCHE MATERIALPRUEFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT	Switzerland	26
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN	Belgium	26
CENTRO RICERCHЕ FIAT SCPA	Italy	26
TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT	Netherlands	24
KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE	Germany	23
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS	Greece	23
FUNDACION TEKNIKER	Spain	21
ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE	Switzerland	21
RHEINISCH-WESTFAELISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN	Germany	20
THE UNIVERSITY OF NOTTINGHAM	United Kingdom	18
STIFTELSEN SINTEF	Norway	17
FORSCHUNGSZENTRUM JUELICH GMBH	Germany	16
JRC-JOINT RESEARCH CENTRE-EUROPEAN COMMISSION	Belgium	16
THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM	United Kingdom	15
BASF SE	Germany	15
IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND MEDICINE	United Kingdom	15

Wie sind nun österreichische Akteure in diesen Projekten beteiligt? Knapp hundert verschiedene Organisationen beteiligen sich an diesen Projekten. Organisationen mit mehr als zwei Projekten sind in Tabelle 3 gelistet. Es zeigt sich, dass die Technische Universität Wien am stärksten vertreten ist mit 13 Projekten, gefolgt von Profactor GmbH, AIT Austrian Institute of Technologie (hier schon um mehr als die Hälfte weniger Projekte, nämlich sechs). Weiters weisen die Universität Wien, die Universität Linz, die Montanuniversität Leoben und die Universität Innsbruck eine gute Sichtbarkeit im FP7-NMP Programm auf.

In mindestens drei Projekten finden wir die Unternehmen BARTENBACH LICHTLABOR GMBH und SUNPLUGGED - SOLARE ENERGIESYSTEME beteiligt. An zwei Projekten sind die Unternehmen AGILENT TECHNOLOGIES OSTERREICH GMBH, ANDRITZ AG, ALICONA IMAGING GMBH, BENTELER SGL COMPOSITE TECHNOLOGY GMBH, BOHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG, INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG, ISOVOLTAIC AG, LENZING AKTIENGESELLSCHAFT, TIGER COATINGS, VOESTALPINE STAHL GMBH involviert.

Tabelle 3: Österreichische Organisationen mit mehr als drei Projekten im FP7-NMP Programm.

Organisation	Häufigkeit
TECHNISCHE UNIVERSITAET WIEN, Austria	13
PROFACTOR GMBH, ÖSTERREICH	7
AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Austria	6
UNIVERSITAET WIEN, Austria	6
UNIVERSITAET LINZ, Austria	5
MONTANUNIVERSITAET LEOBEN, Austria	4
UNIVERSITAET INNSBRUCK, ÖSTERREICH	4
BARTENBACH LICHTLABOR GMBH	3
ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGS- UND PRÜFZENTRUM ARSENAL GES M B H	3
PARIS-LODRON-UNIVERSITÄT SALZBURG	3
SUNPLUGGED - SOLARE ENERGIESYSTEME GMBH	3
TECHNISCHE UNIVERSITAET GRAZ, Austria	3
UNIVERSITAET FUER BODENKULTUR WIEN	3
ZENTRUM FUER SOZIALE INNOVATION	3
AGILENT TECHNOLOGIES OSTERREICH GMBH	2
ALICONA IMAGING GMBH	2
ANDRITZ AG	2
BENTELER SGL COMPOSITE TECHNOLOGY GMBH	2
BIONANONET FORSCHUNGSGESELLSCHAFT MBH	2
BOHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG	2
BUNDESMINISTERIUM FUER VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE	2
COGVIS SOFTWARE UND CONSULTING GMBH	2
FOTEC FORSCHUNGS- UND TECHNOLOGIETRANSFER GMBH	2
INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG	2
ISOVOLTAIC AG	2
LENZING AKTIENGESELLSCHAFT	2
LUDWIG BOLTZMANN GESELLSCHAFT OSTERREICHISCHE VEREINIGUNG ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG	2
MEDIZINISCHE UNIVERSITAET WIEN	2
NANOTECCENTER WEIZ FORSCHUNGSGESELLSCHAFT MBH	2
OESTERREICHISCHE FORSCHUNGSFOERDERUNGSGESELLSCHAFT MBH	2
RHP-TECHNOLOGY GMBH & CO KG	2
TIGER COATINGS	2
UNIVERSITAET GRAZ	2
UNIVERSITAET WIEN	2
VOESTALPINE STAHL GMBH	2
WITTMANN BATTENFELD GMBH	2

Österreich hat mindestens 16 Mal die Koordination eines Projekts inne. Österreichische Organisationen sind an mindestens 55 „large-scale integrating projects“ beteiligt und an mindestens 28 „small or medium-scale focused research projects“.

Eine umfassende Auswertung sprengt den Rahmen dieses Projekts. Aber mittels der Software BibTechMon™ wurde das Netzwerk in Abbildung 8 gerechnet. Es zeigt die Vernetzung der im FP7-NMP beteiligten Organisationen (mit mehr als einer Projektbeteiligung). Ein Knoten symbolisiert eine Organisation. Die Größe des Kreises ist ein Hinweis auf die Häufigkeit in Projekten. Es werden nur 2.000 von 16.000 Verbindungen angezeigt (da ansonsten das Bild durch die vielen Verbindungen schwarz wäre). Eine Verbindung entsteht dann, wenn zwei Organisationen miteinander in Projekten arbeiten. Die österreichischen Organisationen im Netzwerk sind rot gefärbt.

Abbildung 8 zeigt deutlich, dass die österreichischen Organisationen, hauptsächlich Universitäten und Forschungseinrichtungen, wie bereits erwähnt, eher am Rand des Netzwerkes mitspielen. Nur die Technische Universität Wien ist mit mehr als 70 verschiedenen Partnern durch Projekte in diesem Programm in Verbindung, wie Abbildung 9 aufzeigt.

Wenn Österreich vermehrt auf EU-Ebene mitspielen soll, muss eine höhere Anzahl von Organisationen mit den führenden Organisationen in Projekten zusammenarbeiten.

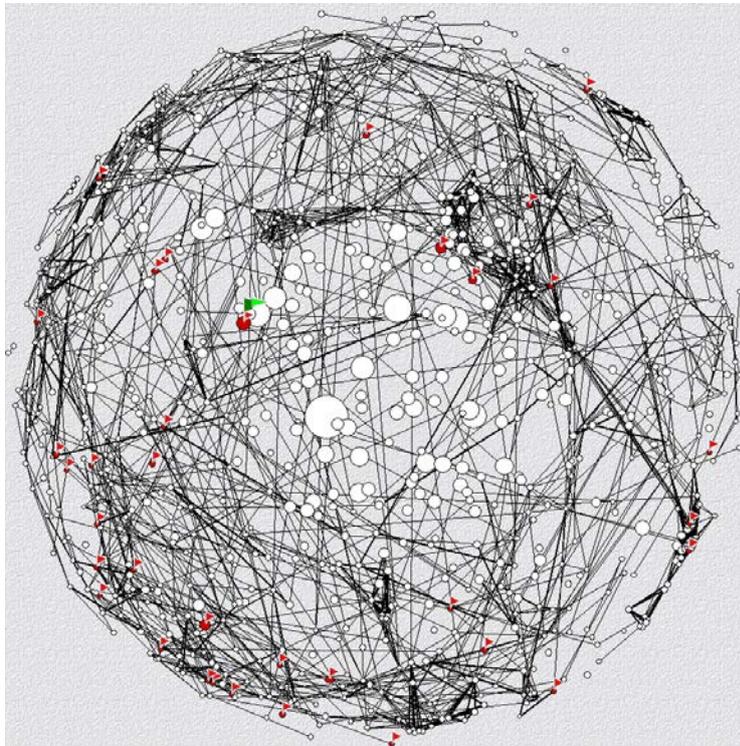


Abbildung 8: Netzwerk der Organisationen mit mehr als einem Projekt im FP7-NMP.

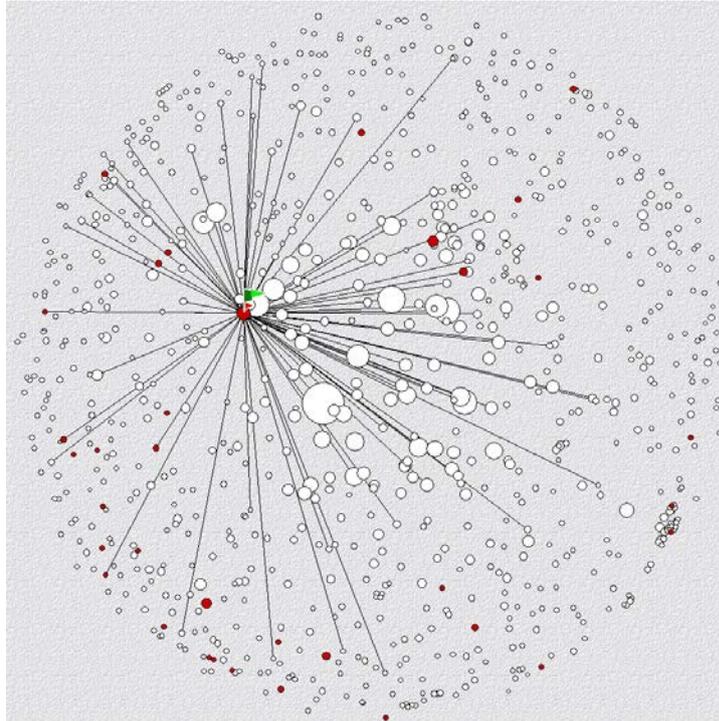


Abbildung 9: Technische Universität im Netzwerk der Organisationen und ihre Vernetzung

3.6 Befragung der Teilnehmer an der „Roadmap für Hochleistungsmetalle 2020“

Im Jahr 2009 wurde in Österreich ein Roadmapprozess für den Themenbereich der Hochleistungsmetalle durchgeführt. Diese Roadmap konzentrierte sich darauf, branchenorientiert den Forschungsbedarf im Bereich der Hochleistungsmetalle für die Branchen Automobil, Luftfahrt, Bahnwesen, Energietechnik, metallurgischer Maschinenbau, Umwelt, Rohstoffe und Ressourcen abzuleiten.

Im Rahmen der Foresight Preparation Phase wurde der Umsetzungsgrad der Roadmap für Hochleistungsmetalle erhoben und analysiert. Konkret wurde erhoben, welche Aktivitäten als Folge der Roadmap initiiert wurden, und ob die vorgeschlagenen Maßnahmen der Roadmap noch nicht oder gar nicht umgesetzt wurden. Im Zuge der Erhebung der von der Roadmap ausgelösten Veränderungen wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen analysiert.

Die aus der Roadmap hervorgegangenen Maßnahmen sind einerseits sehr branchenspezifisch, andererseits wurden auch branchenübergreifende Werkstoffentwicklungen vorgeschlagen.

Um ein möglichst umfassendes Feedback einzuholen, wurden einerseits individuelle Interviews mit Forschungsleitern der österreichischen metallverarbeitenden Industrie geführt und andererseits eine webbasierte Befragung durchgeführt. Zur Mitwirkung an der Befragung wurden alle Mitglieder der ASMET, Beteiligte am Roadmapprozess und Angehörigen von nationalen Förderorganisationen und öffentlicher Hand eingeladen, sodass ca. 1100 Personen mit der Befragung erreicht wurden. Der Fragebogen wurde von 15% der eingeladenen Personen beantwortet. Die Graphiken 10 und 11 zeigen die Branchen- und Organisationszugehörigkeit der Befragungsteilnehmer.

Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Mitwirkenden an der Befragung nach Branchen

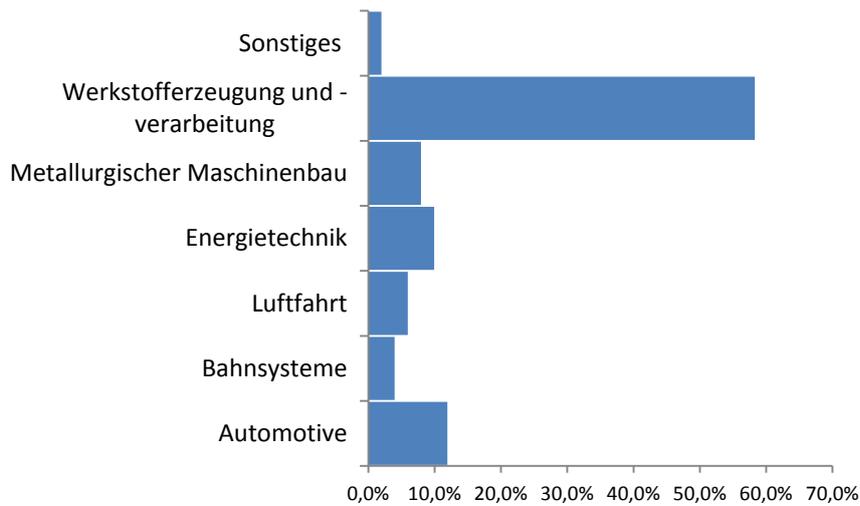
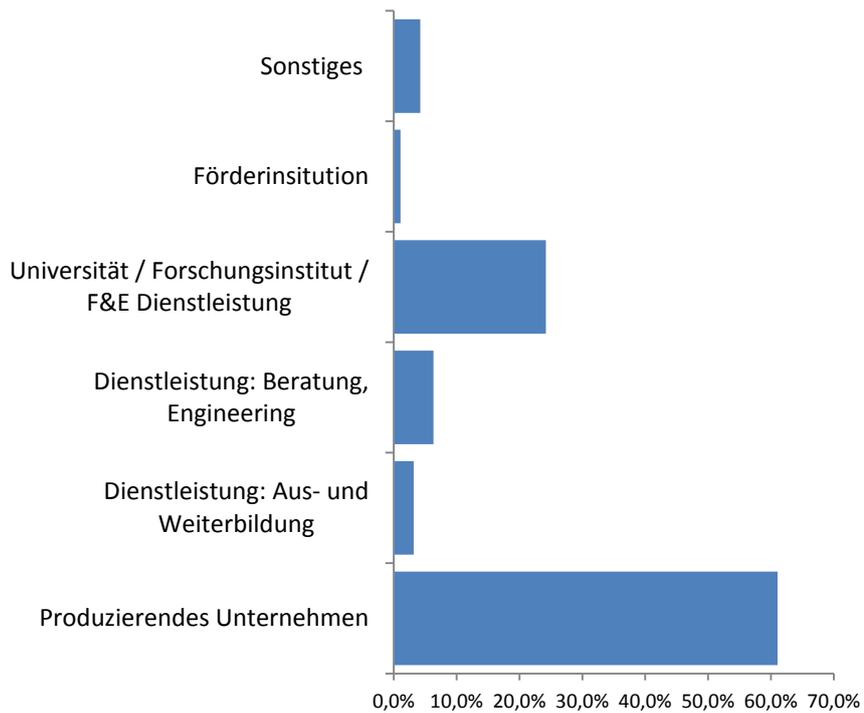


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung der Befragungsteilnehmer nach Organisationstyp



Der Großteil der Antworten stammt von Personen, die in einem produzierenden Unternehmen tätig sind und sich der Gebiet der Werkstoffherzeugung- und Verarbeitung widmen.

Aufbau des Fragebogens

Als Ergebnis der Roadmap wurde für jede adressierte Branche eine Reihe von Maßnahmen zur Weiterentwicklung des Hochleistungsmetallsektors vorgeschlagen. Insgesamt wurden 20 konkrete Maßnahmen entwickelt und deren Umsetzung abgefragt.

Die erforderlichen Maßnahmen konzentrierten sich auf konkrete Forschungsthemen, erforderliche Forschungsinfrastruktur und Förderprogramme, zu schaffende Aktivitäten im Bereich der Ausbildung, strukturelle Vernetzung oder der Imagebildung bzw. Nachwuchsförderung in einer Branche.

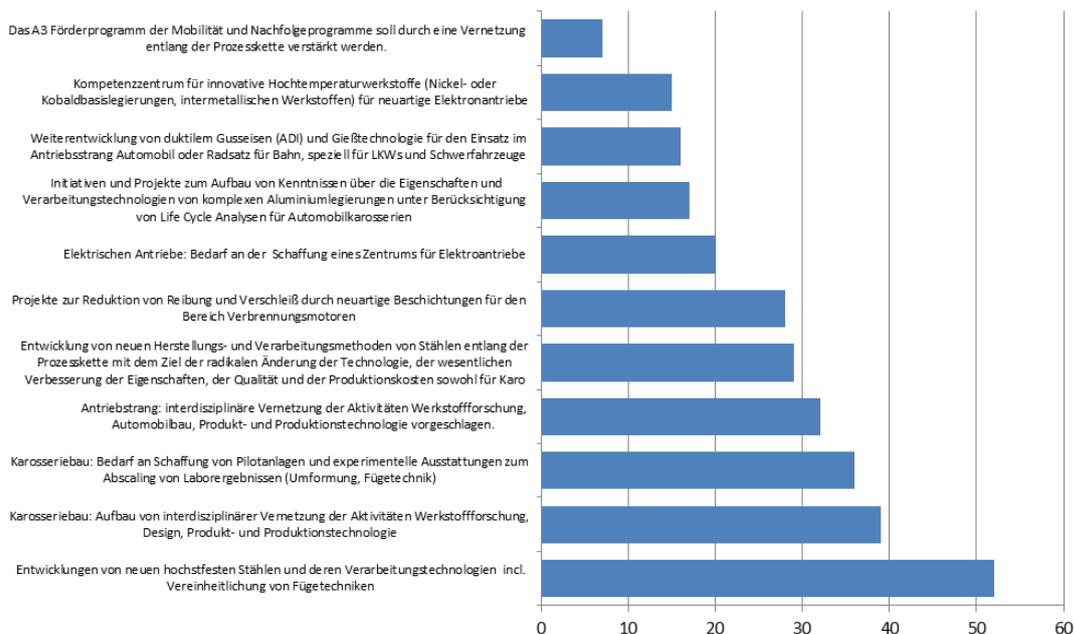
Die inhaltliche Gestaltung der Fragebogenaktion konzentrierte sich auf die Erhebung folgender Punkte:

- Wurden die Maßnahmen gestartet bzw. umgesetzt.
- Bestand eine Mitwirkung der Befragten an der Umsetzung der Maßnahmen.
- Gibt es einen Wissensfluss hinsichtlich der Umsetzung der Maßnahmen und Aktivitäten von einer betrachteten Branche zur anderen.

Ergebnisse für den Bereich Hochleistungswerkstoffe für Automobilanwendungen (Karosseriebau und Antriebsstrang)

Im Automobilbau für den Bereich Karosseriebau und Antriebsstrang wurden 11 konkrete Maßnahmen aus der Roadmap abgeleitet. Aus dem Fragebogen geht hervor, dass die Umsetzung dieser Maßnahmen von den Befragten wahr genommen wurde, den größten Grad der Umsetzung nach Einschätzung der Befragten erzielten Projekte, die sich mit der Vereinheitlichung von Verarbeitungstechnologien z.B. Fügetechnik beschäftigten. **Abbildung 12** zeigt die Ergebnisse für die Branche Automobil. Durchschnittlich haben 24% der Befragten an der Umsetzung der Maßnahmen mitgewirkt. Eine deutliche Ausnahme bildet die vorgeschlagene Maßnahme zur Schaffung eines Kompetenzzentrums für Hochtemperaturwerkstoffe für neue Elektroantriebe, an der keiner der Befragten mitgewirkt hat.

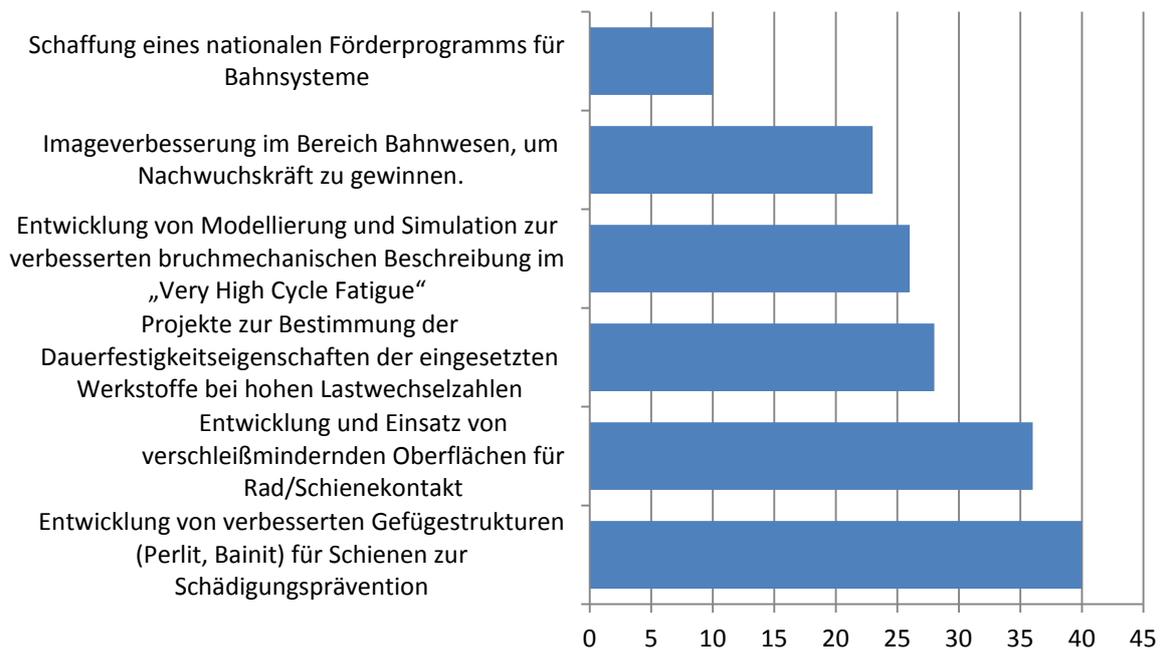
Abbildung 12: Angaben der Befragten zum Umsetzungsgrad der vorgeschlagenen Themen für den Bereich Automobil



Bahnsysteme

Für den Bereich der Bahnsysteme wurden sechs Maßnahmen vorgeschlagen; dabei handelt es sich, abgesehen von zwei Ausnahmen, um reine Werkstoffentwicklungsthemen. Projekte im Gebiet der Gefügestrukturverbesserung mit dem Ziel die Schadenstoleranz zu erhöhen wurden von den Befragten am stärksten wahrgenommen. Die Schaffung eines speziellen Förderprogramms für Bahnsysteme wurde nur von 10% der Befragten bestätigt; das entspricht in etwa der Anzahl der Befragungsmitwirkenden aus der Branche Bahnwesen.

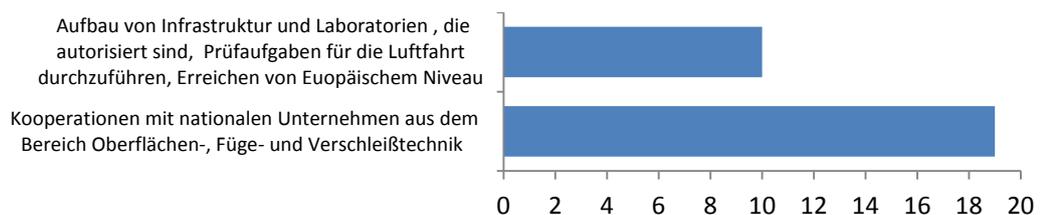
Abbildung 13: Angaben der Befragten zum Umsetzungsgrad der vorgeschlagenen Themen für den Bereich Bahnsysteme



Luftfahrt

Für den Bereich Luftfahrt wurden im Rahmen der Luftfahrt lediglich zwei Maßnahmen erarbeitet. Der wahrgenommene Umsetzungsgrad der Maßnahmen entspricht dem Anteil der an der Befragung mitwirkenden Personen. Ungefähr sechs der Befragten haben angegeben, sich konkret an der Umsetzung beteiligt zu haben.

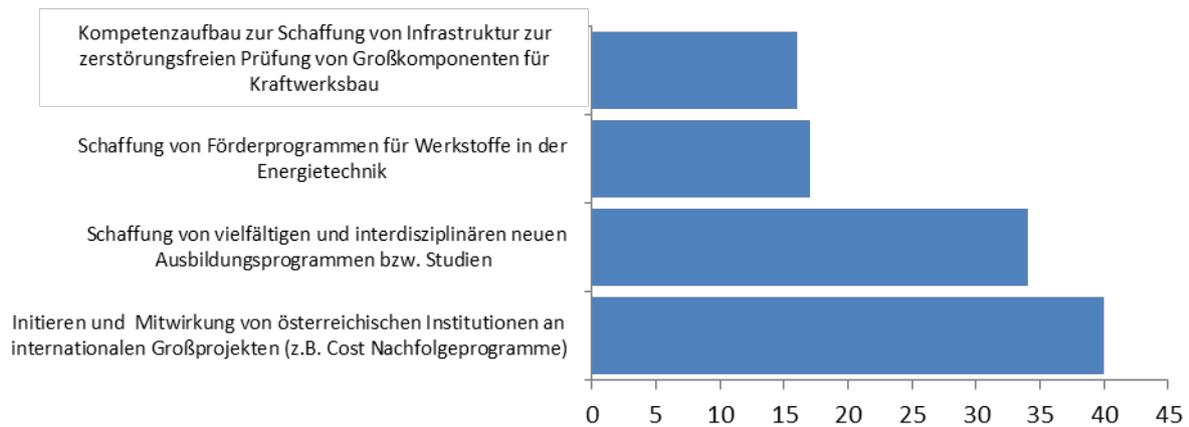
Abbildung 14: Angaben der Befragten zum Umsetzungsgrad der vorgeschlagenen Themen für den Bereich Luftfahrt



Energietechnik

Für das Segment Energietechnik wurden vier Maßnahmen entwickelt; diese zielen auf die Schaffung von Ausbildungsprogrammen, Infrastruktur und internationale Vernetzung ab. Das Initiieren von internationalen Projekten wurde als die am stärksten umgesetzte Maßnahme wahr genommen, der Anteil der Befragten, die sich an der Umsetzung dieser Maßnahme beteiligten, ist mit über 40% ebenfalls sehr hoch.

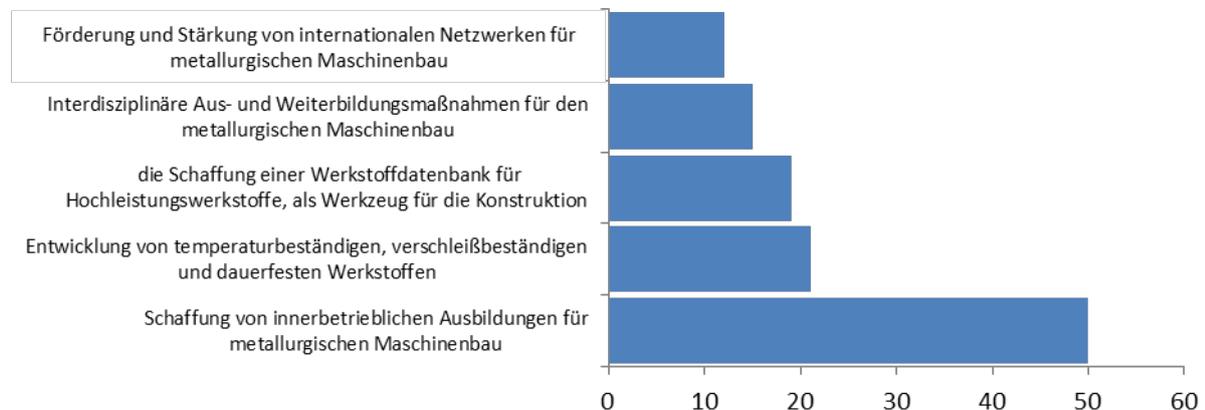
Abbildung 15: Angaben der Befragten zum Umsetzungsgrad der vorgeschlagenen Themen für den Bereich Energietechnik und Energieerzeugung



Metallurgischer Maschinenbau

Ähnlich wie für die Energietechnik wurden für den metallurgischen Maschinenbau Ausbildungsprogramme, Vernetzungsaktivitäten und das Initiieren von Forschungsvorhaben angestrebt. Die innerbetriebliche Ausbildung erzielt mit 50% eines der höchsten Scorings in der wahrgenommenen Umsetzung.

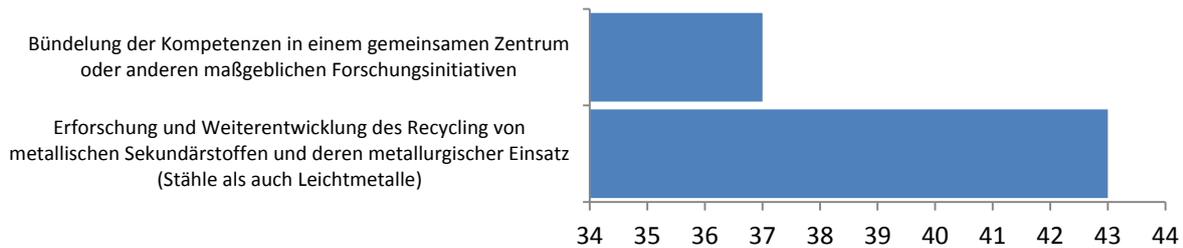
Abbildung 16: Angaben der Befragten zum Umsetzungsgrad der vorgeschlagenen Themen für den Bereich metallurgischer Maschinenbau



Recycling, Umwelt und Ressourcen

Für dieses Segment wurde im Rahmen der Roadmap zwei maßgebliche Aktivitäten entwickelt. Beide entwickelten Maßnahmen wurden mit relativ hoher Trefferquote wahrgenommen, auch die Beteiligung an der Umsetzung liegt leicht über jener der anderen Maßnahmen.

Abbildung 17: Angaben der Befragten zum Umsetzungsgrad der vorgeschlagenen Themen für den Bereich Recycling, Ressourcen und Umwelt



Weitere Kernaussagen der Fragebogenaktion der Roadmap für Hochleistungsmetalle:

Aus dem Ergebnis der Fragebogenaktion geht hervor, dass mit der Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen begonnen wurde und die durchgeführte Roadmap einen Änderungsprozess ausgelöst hat. Im Allgemeinen hat sich die Umsetzung auf einige wenige Personen und Institutionen einschränkt. Die Korrelation der Branchenzugehörigkeit der Befragten und das Wissen über die Umsetzung der Maßnahmen in ihrer Branche sind ausgeprägt; gering ausgeprägt ist das Wissen, welche Maßnahmen in den anderen Branchen gesetzt wurden, was auf einen relativ geringen Austausch zwischen den Branchen und einen schwachen Wissensfluss hinweist.

Welche Erkenntnisse wurden für die Vorbereitung der Austrian Materials Foresight abgeleitet:

Die Mitwirkung von Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Hand bewirkt eine nachhaltige Wirkung hinsichtlich der Umsetzung von erarbeiteten Maßnahmen. Die Analyse der vorgeschlagenen Maßnahmen der Roadmap zeigte, dass die branchenrelevante Strukturierung der Roadmap auch zu einer streng branchenorientierten Bedarfsentwicklung der Werkstoffthemen führt. Synergien, so wie sie von den Autoren formuliert wurden, werden nicht explizit branchenübergreifend wahrgenommen. Die starke Orientierung auf Branchen bringt offensichtlich nur punktuell Werkstoffentwicklungsbedarf hervor, der zur Weiterentwicklung aller Branchen gleichermaßen beiträgt.

Auswirkung dieser Ergebnisse auf die Gestaltung der Austrian Materials Foresight

Eine Strukturierung der Foresight bzw. der Workshops nach Branchen bildet im Hinblick auf die spätere Umsetzung und den Wissenstransfer nicht die optimale Ausgangskonfiguration, da Maßnahmen und Ergebnisse nur in der individuell adressierten Branche verankert bleiben und eine Querdiffusion von Wissen und eine Umsetzung in anderen Branchen unterbleibt. Für den Foresight Prozess wird daher eine Strukturierung nach den Werkstoffklassen Stahl, NE-Metalle, Kunststoffe, Keramik und sonstige Hochtemperaturwerkstoffe inklusive der Möglichkeiten der jeweiligen Verbunde als

vorteilhafter betrachtet. Diese Erkenntnis teilten auch die Mitglieder der Soundingboard der Austrian Materials Foresight.

3.7 Input für die Main Phase

Die Ergebnisse all der Betrachtungen in dieser Preparation Phase sind wichtiges Input für die Szenarienworkshops und für die Zukunftskonferenz. Dies wurde in Einleitungsvorträgen den Teilnehmern nähergebracht und bei der Bewertung der Einflussfaktoren mit- und weitergedacht. Durch diese Vorbereitung konnten diese Aspekte in die Workshoparbeit einfließen. Zusammenfassend hier nochmals die vorbereitenden Aspekte:

- Challenges und Megatrends
- Heuristik für Einflussfaktoren
- Input aus der Zukunftsforschung und Trendaspekte
- Generation Y
- Industrie 4.0
- Abriss über Foresight Studien zu Werkstoffen
- BMVIT/FFG Förderschwerpunkte im Bereich Werkstoffe (Produktion der Zukunft)
- Österreich im Europäischen Rahmenprogramm
- Befragung der Teilnehmer an der „Roadmap für Hochleistungsmetalle 2020“ über deren Aktivitäten

4 Ergebnisse der Main Phase

Diese Phase des Projekts beschäftigte sich mit der Entwicklung von Zukunftsoptionen und Szenarien für die vier verschiedenen Werkstoffgruppen (Stahl, Nicht-Eisenmetalle, Kunststoffe, Keramik inkl. intermetallischer Werkstoffe und die Verbunde dieser Werkstoffgruppen). Unter Einbindung der Stakeholder, wie sie dargestellt werden (siehe Kapitel 2.3.2 Soundingboard), werden Szenarien aufbauend auf einer Umfeldanalyse entworfen und beschrieben. Die schon heute notwendigen Maßnahmen, um für diese Szenarien gerüstet zu sein, wurden anschließend abgeleitet.

Für die Erarbeitung der Zukunftsoptionen und Szenarien wurde die Szenariotechnik herangezogen, in Anlehnung an die von Hélène Ute von Reibnitz³² ausgearbeitete Vorgehensweise. Foresight Prozesse haben zwar Elemente, die in jedem Prozess enthalten sein müssen, dennoch müssen die Prozesse den Workshopumständen angepasst werden. Für die Szenariotechnik sind im besten Fall drei Workshops vorgesehen: ein Workshop für die Bewertung der Einflussfaktoren und die Erarbeitung von deren Ausprägung in der Zukunft, ein zweiter für die Überarbeitung von Zukunftsszenarien und das Ableiten von Konsequenzen, und ein dritter Workshop für die Evaluierung und die Ableitung von Handlungsoptionen. Da für die Workshops in diesem Projekt keine Entschädigung vorgesehen war, mussten wir den Prozess so planen, dass möglichst viele Prozessschritte an einem einzigen Workshoptag bearbeiten können.

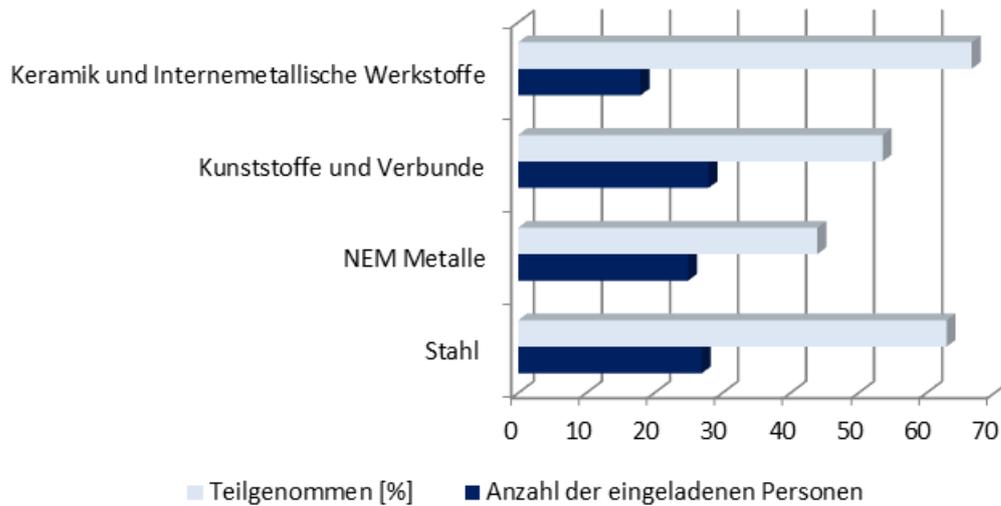
4.1 Struktur der Szenarienworkshop-Teilnehmer

Um eine möglichst repräsentative Sichtweise in den Workshops abzubilden, wurden vom Projektmanagementteam unter Mitwirkung des Soundingboard und der Fachexperten der Montanuniversität Einladungslisten erstellt. Die Einladungslisten sprachen einerseits alle maßgeblichen österreichischen Forschungseinrichtungen im jeweiligen Fachthema (Stahl, Kunststoff, NE-Metalle oder Keramik) an, sowie andererseits die relevanten Unternehmensvertreter. Des Weiteren wurden Vertreter von intermediär tätigen Organisationen bzw. der öffentlichen Hand eingeladen. Bei den Unternehmen wurde auch darauf Bedacht genommen, ein entsprechend für die Branche übliches Verhältnis von KMUs und Großunternehmen bei der Erstellung der Einladungslisten zu erreichen.

Um mögliche Gender Aspekte bei der Gestaltung der Foresight mit berücksichtigen zu können, wurden in jenen Themengebieten, in welchen Experten tätig sind, diese gesondert zu den Workshops eingeladen. So nahmen pro Workshopgruppe vier bis fünf Frauen teil.

32 Hélène Ute von Reibnitz (http://www.scenarios-vision.com/scena_ger/home_g.php) ist natürlich nur eine Referenz. Viele weitere Experten haben bereits sehr erfolgreich diese Methode eingesetzt.

Abbildung 18: Anzahl der eingeladenen Experten pro fachlichen Workshop und tatsächliche Anzahl der teilnehmenden Personen



Insgesamt wurden 100 österreichische Personen von der Durchführung der Workshops informiert und zur Mitwirkung eingeladen. Eine genaue Aufschlüsselung über das Verhältnis von Anzahl der eingeladenen zu tatsächlich teilgenommenen Personen zeigt die nächste Graphik: Für den Bereich Stahl und Kunststoffe konnten die meisten Experten namhaft gemacht werden. Leicht zurückliegend ist die Anzahl der Fachkräfte im Bereich der NE-Metalle. Die kleinste Fachcommunity in Österreich findet sich zum Thema Keramik. Bei Keramik wurden Unternehmen, die sich speziell mit den elektrischen Eigenschaften von Keramik mit dem Ziel des Einsatzes in elektronischen Komponenten beschäftigen, ausgenommen. Das Projektteam brachte sich einerseits als Moderator und andererseits als Fachmitwirkende in die Workshops ein.

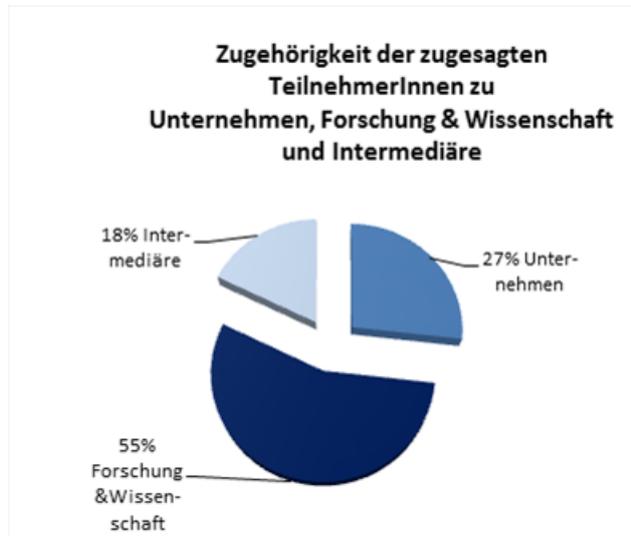
Die konkrete Anzahl an Workshopteilnehmer lag zwischen 10 und 16 Personen. Die kleineren Gruppen waren in den Workshops Keramik und NE-Metalle; gut besucht waren die Workshops für Stahl und Kunststoffe.

Analyse der Teilnehmer nach Organisationstyp

Aufgrund der zusammengestellten Einladungslisten ergab sich, dass ca. 40% der eingeladenen Teilnehmer aus dem Unternehmensbereich stammten. Im Segment der Kunststoffe wurden aufgrund der Branchenstruktur 50% Klein- und Mittelständische Unternehmen und 50% Großunternehmen eingeladen. In den anderen Branchen wurden vorrangig Großunternehmen angesprochen, die sich mit der Herstellung und Weiterverarbeitung von Werkstoffen beschäftigen.

Hinsichtlich der Forschungsinstitutionen wurden Experten der österreichischen Technischen Universitäten (TU Graz, TU Wien, JKU, MUL), der COMET Kompetenzzentren (MCL, PCCL, K1Med), der Fachhochschulen (FH Wels) und der außeruniversitären Forschungseinrichtungen (ÖGI, OFI, JR) eingeladen. Um das Feld der Mitwirkenden abzurunden, wurden auch noch Vertreter von intermediären Organisationen und öffentlicher Hand (BMVIT, WKO, Cluster) eingeladen.

Abbildung 19: Verteilung der teilnehmenden Personen am Workshop nach Zugehörigkeit zu Forschungseinrichtung, Unternehmen oder Intermediäre



Tatsächlich an den Workshop teilgenommen hat ein Anteil von über 50% an Vertretern der Forschungseinrichtungen, ca. 18% aus dem Kreis der intermediären Institutionen und ca. 27% an Repräsentanten von Unternehmen.

4.2 Workshopstruktur

Alle vier Workshops fanden am Außeninstitut der Montanuniversität Leoben statt. Von 9:30 bis 17:30 Uhr arbeiteten die Workshopteilnehmer nach Anleitung der Workshopmoderatoren. Der detaillierte Aufbau ist

Abbildung 4: **Workshopstruktur** zu entnehmen.

Zu jeder der vier Werkstoffgruppen Stahl, Nicht-Eisenmetalle, Kunststoffe und Keramik inkl. intermetallischer Werkstoffe jeweils mit Verbunden wurden in einem Eintagesworkshop Zukunftsszenarien erarbeitet.

4.3 Einflussbereiche und Umfeldanalyse

Die Einflussbereiche und Einflussfaktoren (Umfeldfaktoren) für Materials und Werkstoffe wurden zuerst allgemein im Vorfeld basierend auf der Diskussion mit dem Soundingboard über die Grand Challenges, Megatrends der dort genannten STEEP Heuristik erarbeitet, wie dies im Kapitel 3.2 Heuristik für Einflussfaktoren dargestellt sind. Die Experten der Szenarioworkshops bewerten die Einflussgrößen hinsichtlich der Wirkung auf die Zukunft der Werkstoffe und auf die Möglichkeit, die Einflussgrößen zu steuern.

Allen Teilnehmern wurde die Liste der Einflussfaktoren zur Bewertung im Hinblick auf die Wichtigkeit einer Einflussgröße und auf die Möglichkeit der Beeinflussbarkeit für ihre Werkstoffgruppe vorgelegt. Für die Bildung von kritischen Szenarien sind besonders jene Einflussgrößen relevant, die ein hohes Risiko darstellen und hinsichtlich der Beeinflussbarkeit Freiräume geben. Aus der Liste der bewerteten Einflussgrößen erfüllen jene die Bedingung, deren Produkt aus den beiden Faktoren am höchsten ist. So konnten für jede Werkstoffgruppe die relevanten Einflussgrößen bestimmt werden. Um eine Aussage über die maßgeblichen Einflussgröße über alle Werkstoffgruppen hinweg zu analysieren, wurden das Produkt der kumulierten Scoringwerte aus Wichtigkeit und Beeinflussung bestimmt.

Alle vier Werkstoffgruppen haben sich mit 30 Einflussfaktoren (siehe

Tabelle 1: Struktur der Einflussfaktoren) beschäftigt und diese für die jeweilige Werkstoffgruppe bewertet. Dann wurden weitere zehn Einflussfaktoren in unterschiedlichen Werkstoffgruppen zusätzlich für die Betrachtung herangezogen. Der Einflussfaktor „Neuro-Kogno, Info Tech Cyborg“ wurde für den Bereich Stahl betrachtet. Für den Bereich Kunststoffe und Verbunde wurden die Faktoren „Umweltverschmutzung“, „Information in der Gesellschaft (Medienstrategie)“, „Wasser“, „Konsumerprodukte“, „Medizintechnik (z.B. Endo- und Orthoprothetik)“, „Verpackungsindustrie“ und „Anwendungen“ dazu gefügt. Im Bereich Keramik und intermetallische Werkstoffe wurden die Einflussfaktoren „kompetentes Personal“ und „Recyclingtechnologien“ zusätzlich bewertet.

Die einzelnen Einflussfaktoren wurden je Werkstoffgruppe bewertet. Die Bewertungen waren je Werkstoffgruppe unterschiedlich. Für die Bewertung wurde gefragt:

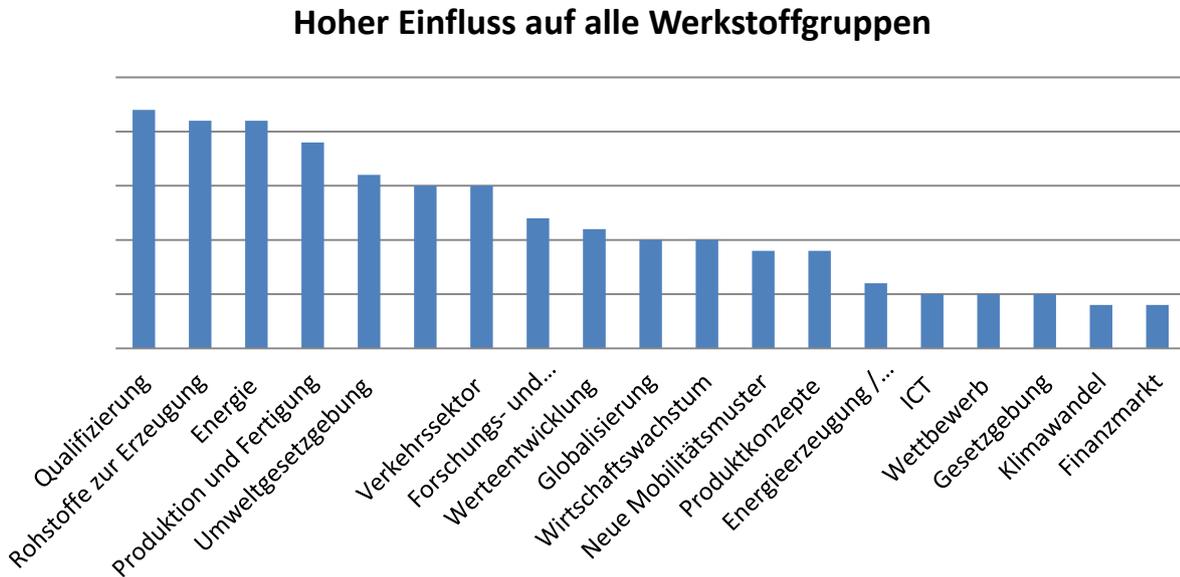
- Hat der entsprechende Faktor einen großen Einfluss auf Stahl, bzw. NE-Metalle, bzw. Kunststoffe und Keramik inkl. intermetallischer Werkstoffe jeweils mit Verbunden?
- Ist der entsprechende Faktor am wenigsten berechenbar?

Jeder Teilnehmer konnte je Frage fünf Punkte vergeben / verteilen.

Betrachten wir die Bewertungen der Einflussfaktoren in allen vier Strukturwerkstoffbereichen gemeinsam, so haben mit je mehr als 10 Bewertungspunkten besonders großen Einfluss Qualifizierung, Produktion und Fertigung, Rohstoffe zur Erzeugung, Entwicklungen in anderen

Werkstoffbereichen, Globalisierung, Verkehrssektor, Energie, Umweltgesetzgebung, Forschungs- und Industriepolitik in Österreich sowie Werteentwicklung.

Abbildung 20: Einflussfaktoren mit hohem Einfluss auf Werkstoffe mit Werten höher 3.



Betrachtet man den Einfluss und die Unsicherheit der einzelnen Faktoren und berechnet man aus den Bewertungen je Faktor das Produkt, so bekommt man ein gewisses Maß für das Risiko dieser Einflussfaktoren.

Abbildung 21: Risikofaktoren (Risiko = Einfluss multipliziert mit Unsicherheit) aller vier Werkstoffgruppen

Anzahl der Punkte für Einfluss x Anzahl der Punkte an Unberechenbarkeit ≠ 0



Die von der Fachcommunity ausgewählten Einflussfaktoren mit hohem Einfluss auf Stahl zeigen zweifelsohne die hohe Bedeutung der Themen Energieverfügbarkeit, der Entwicklung von nachgeschalteten Branchen wie Produktion und Fertigung, aber auch das Wirtschaftswachstum als die drei maßgeblichen Größen auf. Diese Kenngrößen spiegeln die hohe Abhängigkeit der Entwicklung der stahlorientierten Industrie vom Wachstum der nachgeschalteten Branchen wider. Hinter der Einflussgröße „Energie“ bilden sich für Stahl zwei maßgebliche Trends ab: einerseits die Steigerung der Energieeffizienz in der Stahlproduktion im Allgemeinen und andererseits die Reduktion von CO₂ freisetzenden Energieträgern. Grundsätzlich können beide Ausprägungen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, da die Steigerung der Energieeffizienz und die Reduktion von CO₂ Ausstoß gekoppelt sind. Bemerkenswert für Stahl ist, dass bereits Ausbildung und Qualifikation unter den genannten ersten fünf Einflussfaktoren stehen; das spricht für den zunehmenden Bedarf einer wissensintensiven Branche und höchst qualifizierten Mitarbeitern.

Abbildung 22: Einflussfaktoren mit hohem Einfluss auf die betrachteten Werkstoffgruppen

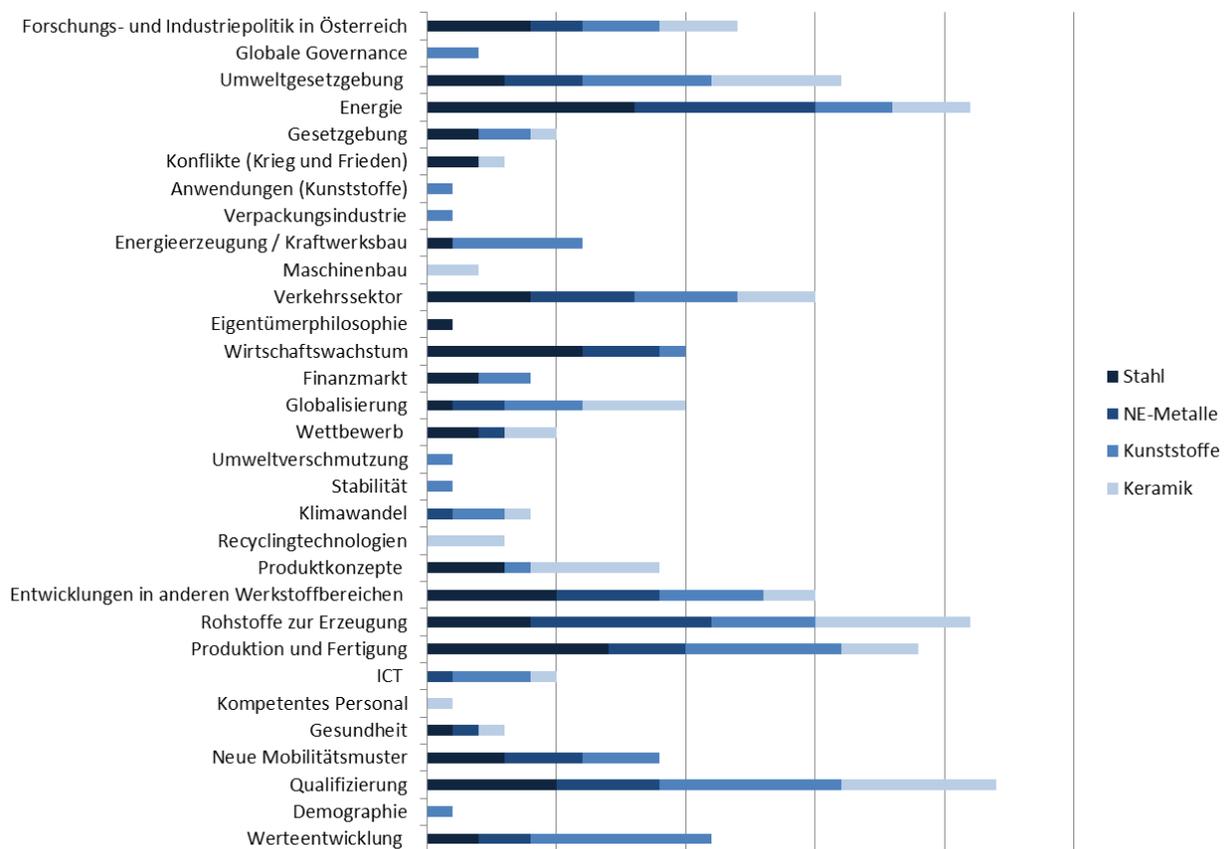


Abbildung 23: Risikobewertung der Einflussfaktoren (die Bewertung wurde so vorgenommen: Anzahl der Punkte an Einfluss x Anzahl der Punkte an Unberechenbarkeit ≠ 0.)

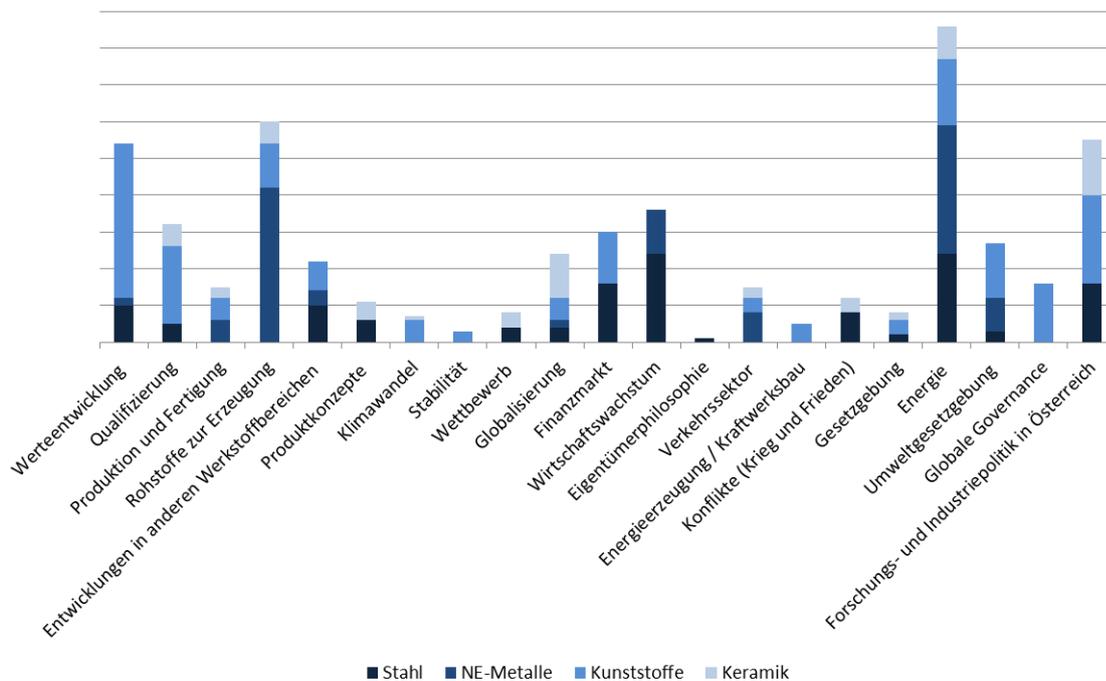


Abbildung 22 zeigt auf, wie hoch der Einfluss je Werkstoffgruppe bewertet wurde. Diese Abbildung zeigt eindeutig, dass Qualifizierung am höchsten gereiht ist, gefolgt von Energie, Rohstoffen, Produktion und Fertigung sowie Umweltgesetzgebung. In der mittleren Skalierung finden sich die Faktoren Verssektor, Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen, Forschungs- und Industriepolitik in Österreich und Werteentwicklung, gefolgt von Wirtschaftswachstum, Globalisierung, Produktkonzepten und neuen Mobilitätsmustern.

Wenn das Produkt von der Anzahl des hohen Einflusses mit der Anzahl der Unberechenbarkeit ein Risikofaktor ist, dann zeigt Abbildung 23, dass der Einflussfaktor Energie das größte Risiko darstellt, gefolgt von den Rohstoffen, der nationalen Forschungs- und Industriepolitik sowie der Werteentwicklung. Im mittleren Bereich sind die Einflussfaktoren Wirtschaftswachstum, Qualifizierung, der Finanzmarkt, die Umweltgesetzgebung, die Globalisierung, die Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen, Produktion und Fertigung, die globale Governance und der Verkehrssektor zu nennen. Weiters zeigten sich die Einflussfaktoren Konflikte (Krieg und Frieden), Produktkonzepte, Stabilität, der Klimawandel, Gesetzgebung allgemein, der Wettbewerb, die Energieerzeugung / Kraftwerksbau als Risikopotenzial.

4.4 Ausprägungen von Einflussfaktoren im Jahr 2030

Aufgrund der Bewertungen (*Anzahl an Punkten für „großer Einfluss“ x Anzahl an Punkten für „Unberechenbarkeit“ ≠ Null*) in den oben dargestellten Abbildungen wurden für die weitere Arbeit folgende Einflussfaktoren (hier in Tabelle 4: Auswahl der bewerteten Einflussfaktoren für die Erarbeitung der Zustände 2030) ausgewählt. Abhängig von der Anzahl der Teilnehmer konnten in Workshop Stahl für die Szenarienentwicklung drei Gruppen (also drei Szenarien), im Workshop NE-Metalle zwei Gruppen (also zwei Szenarien), im Workshop Kunststoffe drei Gruppen (also drei Szenarien) und im Workshop Keramik zwei Gruppen (also zwei Szenarien) erarbeitet werden. Dementsprechend konnten davor die Ausprägungen der Einflussfaktoren für die einzelnen Werkstoffgruppen erarbeitet werden. Es konnten somit für je zehn Einflussfaktoren Ausprägungen für 2030 in den Werkstoffgruppen Stahl und Kunststoffe

erarbeitet werden, und je acht für die Werkstoffgruppen NE-Metalle und Keramik inkl. intermetallische Werkstoffe.

Für jeden dieser Einflussfaktoren wurden nun jeweils drei verschiedene „denkbare Zustände“ für das Jahr 2030 entwickelt (auch Ausprägungen genannt, oder man spricht auch von der Projektion in die Zukunft). Betrachten wir den Faktor Energie. Die verschiedenen Zustände für diesen Faktor wurden beispielsweise so beschrieben, dass Energie sehr gut und ausreichend verfügbar ist, weil alternative Quellen gefunden wurden, oder dass Energie in Europa sehr teuer wird, oder dass es einfach so weiter geht wie bisher. Die Werteentwicklung ist aufgespannt zwischen totaler Individualisierung und Urbanisierung einerseits und andererseits der Rückbesinnung auf klassische Werte. In den folgenden Tabellen (Tabelle 5, Tabelle 6, Tabelle 7) sind die Zustände jener Einflussfaktoren zusammen dargestellt, die am häufigsten bearbeitet wurden (die blau und grün markierten Einflussfaktoren aus Tabelle 4: Auswahl der bewerteten Einflussfaktoren für die Erarbeitung der Zustände 2030) (siehe Frage in grün markiert nach diesen Tabellen).

Tabelle 4: Auswahl der bewerteten Einflussfaktoren für die Erarbeitung der Zustände 2030

Einflussbereich	Stahl	NE-Metalle	Kunststoffe	Keramik inkl. intermetallische Werkstoffe
Gesellschaft	Werteentwicklung	Werteentwicklung	Werteentwicklung	
	Qualifizierung / Ausbildung		Bildung / Qualifizierung	Qualifizierung
Technologie		Produktion und Fertigung	Produktion und Fertigung	
		Rohstoffe zur NE-Metallerzeugung	Rohstoffe zur Kunststoffherzeugung	Rohstoffe zur Keramikerzeugung
	Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen	Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen	Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen	
	Produktkonzepte			Produktkonzepte
Wirtschaft	Wettbewerb / Internationale Arbeitsteilung			Wettbewerb
			Globalisierung	Globalisierung
	Finanzmarkt			
	Wirtschaftswachstum	Wirtschaftswachstum		
Politik		Verkehrssektor		
	Konflikte			Konflikte
	Energie	Energie	Energie	Energie
		Umweltgesetzgebung	Umweltgesetzgebung	
			Globale Governance	
	Forschungs- und Industriepolitik in Österreich		Forschungs- und Industriepolitik in Österreich	Forschungs- und Industriepolitik in Österreich
Legende	für alle vier Werkstoffgruppen ausgewählt			
	für drei Werkstoffgruppen ausgewählt			
	für zwei Werkstoffgruppen ausgewählt			
	für eine Werkstoffgruppe ausgewählt			

Tabelle 5: Zustandsentwicklungen einzelner ausgewählter Einflussfaktoren (Energie und Werteentwicklung)

		Zustand A	Zustand B	Zustand C	Wildcard (extremes Ereignis)
Energie	Stahl	Energiepreis steigt radikal	alternative Energiequelle gefunden, daher wird Energie extrem billig	Entwicklung läuft unverändert weiter	Verkauf der Ressourcen (Energie), Anlagen / Produktion stillgelegt in Europa; Solarenergie wird so effizient, dass für sie für die Industrie nutzbar wird.; Einstieg Österreichs in die Atomkraft; Energieverbrauch sinkt dramatisch
	NE-Metalle	Energieknappheit > 500%	inflationbereinigt +100%, gute Verfügbarkeit	geringe Steigerung; gute Verfügbarkeit	weitere Super GAUs, Entsorgungskosten steigen stark; starke Reduktion der Energieverfügbarkeit
	Kunststoffe	Energie wird teuer, Verfügbarkeit gering	Energie wird billiger, Verfügbarkeit erhöht sich	Energie bleibt gleich wie jetzt, Preis und Verfügbarkeit vergleichbar	Zuweisung von Kontingenten, globale Governance
	Keramik	Klassische Energieträger wegen CO ₂ -Handel zu teuer	erneuerbare Energien entwickeln sich rascher als prognostiziert (Speicher, Lager, SOFC, ...)	Klassische Energieträger sind in ausreichender Menge vorhanden	Zusammenbruch der Versorgungsnetze (Instandhaltung od. Krieg...)
Werteentwicklung	Stahl	weitere Urbanisierung	Gesundheits- und Umweltbewusstsein steigt	Ich-Gesellschaft, geringe Loyalität; geringe persönliche Bindungen, hohe Mobilität (Akademiker)	Langfristigkeit nimmt ab; Dauer der Zyklen nehmen ab
	NE-Metalle	Rückkehr / besinnen auf traditionelle Werte: Zuverlässigkeit, Stabilität, Loyalität	Marketing vor realer Leistungserbringung --> jeder ist Dienstleister	Digitale Gesellschaft, Schnellebigkeit, Unverbindlichkeit, Anonymität,	Fremdbestimmung steigt (Manipulation der Werte); Umweltthematik nimmt global stärkere Rolle ein

	Kunststoffe	Kaufkraft sinkt dramatisch, legislative Lohnreduzierung,	Wirtschaft / nachhaltige Nutzung (Reparieren); Familienverbunde wichtig, lokale Vernetzung; Verlust von Leadership, Verlust der Produktion	Wirtschaft und Konsumverhalten boomen, Individualisierung steigt, globale Vernetzung; globale Leadership in Knowledge, in der Umsetzung entlang der Wertschöpfungskette, Rohstoffe, Verarbeitung, Recycling
--	--------------------	--	--	---

Tabelle 6: Zustandsentwicklungen einzelner ausgewählter Einflussfaktoren (Qualifikation und Rohstoffe)

		Zustand A	Zustand B	Zustand C	Wildcard (extremes Ereignis)
Qualifikation	Stahl	positives Klima für beste Lehrende von der Volksschule bis zur Universität; positive Einstellung zu Wissen, Können, ...	billige Ausbildung, Einsparungszwang	strukturiertes Life-Long-Learning	Art der Kommunikation; Zuwanderung von Qualifizierten
	Kunststoffe	Insgesamt sinkendes Allgemeinbildungsniveau	weniger Spezialisten, Qualifikationslücke zwischen Spezialisten und allgemeinen Mitarbeitern steigt	Image Verbesserung führt zu einem höheren Anteil an qualifizierten Mitarbeitern	
	Keramik	Internationalisierung der Ausbildung => Internationale Absolventen wollen wegen hoher Lebensqualität nach Österreich	Extreme Vielfalt der Studienfächer; viele Forscher aus unterschiedlichen Bereichen müssen zusammenarbeiten	Österreich wird wieder zum "Technikerland"	
Rohstoffe	NE-Metalle	Primäre & sekundäre Rohstoffe - Monopolisten, reglementierte Verfügbarkeit	Primäre & sekundäre Rohstoffe nicht ausreichend; Preis zu hoch; Spekulationsgut	sekundäre Rohstoffe unbegrenzt und kostengünstig verfügbar	China: politische Instabilität, Eigenbedarf zu hoch, keine Exporte; Kriege in Gebieten, wo Rohstoffe sind (Transporte schlecht); neue Recyclingtechnologien (Steigerung von Schrott), neue Steuerungssysteme

	Kunststoffe	Rohöl und Erdgas genügend vorhanden, Preis gleichbleibend, Biomaterial aussichtslos wenig mit Preissteigerung	Öl, Gas werden weniger gefördert (Kriege), Preise steigen massiv, Biomaterialien steigen (biowaste), Recycling steigt "Urbanmining?"	Öl, Gas genügend vorhanden, Preis sinkt extrem in manchen Ländern, in anderen bleibt er gleich; Recyclingquote steigt	3. Weltkrieg in Asien, Ölverfügbarkeit geht total zurück
	Keramik	Machtfaktor chemische Schlüsselemente (Nb, Y,..)	Substitution von kritischen Elementen durch leicht verfügbare möglich	neue Rohstoffe durch Recycling verfügbar	Es wird zu 100% repariert

Tabelle 7: Zustandsentwicklungen einzelner ausgewählter Einflussfaktoren (Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen und Forschungs- und Industriepolitik in Österreich)

		Zustand A	Zustand B	Zustand C	Wildcard (extremes Ereignis)
Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen	Stahl	Vielfalt der Werkstoffe nimmt zu; Verbunde nehmen zu; alle wachsen; Recycling steigt in Europa	Stahl wächst überproportional auf Kosten der anderen Werkstoffe	Stahlkonsum wächst nicht mehr global (oder zumindest lokal)	Umweltkatastrophen (extremer Klimawandel); Verbote von Stahl
	NE-Metalle	starke Weiterentwicklung im Bereich NE-Metalle, Erweiterung des Anwendungsspektrums	gleichbleibendes Anwendungsspektrum	Entwicklungen in den Bereichen Keramik, Kunststoff und NE-Metalle eliminieren Einsatzbereiche der NE-Metalle	revolutionäre Entwicklung als Konkurrenz zu NE-Metallen
	Kunststoffe	Quantensprünge in Technologien aller Bereiche und Materialien	keine evolutionäre Entwicklung in allen Werkstoffbereichen	Hybridzeitalter, Vernetzung aller Materialien zu hybriden Werkstoffen, smarte Hybride	In Konkurrenzmaterialien werden neue Anwendungsfelder erarbeitet (Vorsprung gegenüber Kunststoffen)
Forschungs- und Industriepolitik in Österreich	Stahl	Deindustrialisierungspolitik und endsprechende F&E (EU und Österreich)	nachhaltig geförderte industriennahe Forschung (EU, Österreich), positive Grundstimmung zur Industrie	Metall / Stahl - Industrie als nationale Strategie	Unternehmen verabschieden sich (De-industrialisierung);

Kunststoffe	gleich schlecht wie bis her, Zersplitterung der Kompetenz	Längerfristige Forschung (>10 Jahre) --> ausreichende Finanzierung der Grundlagenforschung	Umsetzung der politischen Versprechen, Österreich Innovationsleader	MUL, JKU werden zugesperrt, alles in Wien
Keramik	Alles bleibt gleich (Budget, Verteilung, ...)	Stark finanzierte und themengerichtete "EU-Forschung"; zentrale Gremien bestimmen die Forschungsthemen in Europa	Keine Forschungspolitik, keine Vision, keine Ideen; "Entwicklung" statt "Forschung", industriedominiert, Schwerpunkte werden von "Anwendern" gesetzt	Abwanderung der Industrie durch zu starke Regularien (z.B. Umweltauflagen)

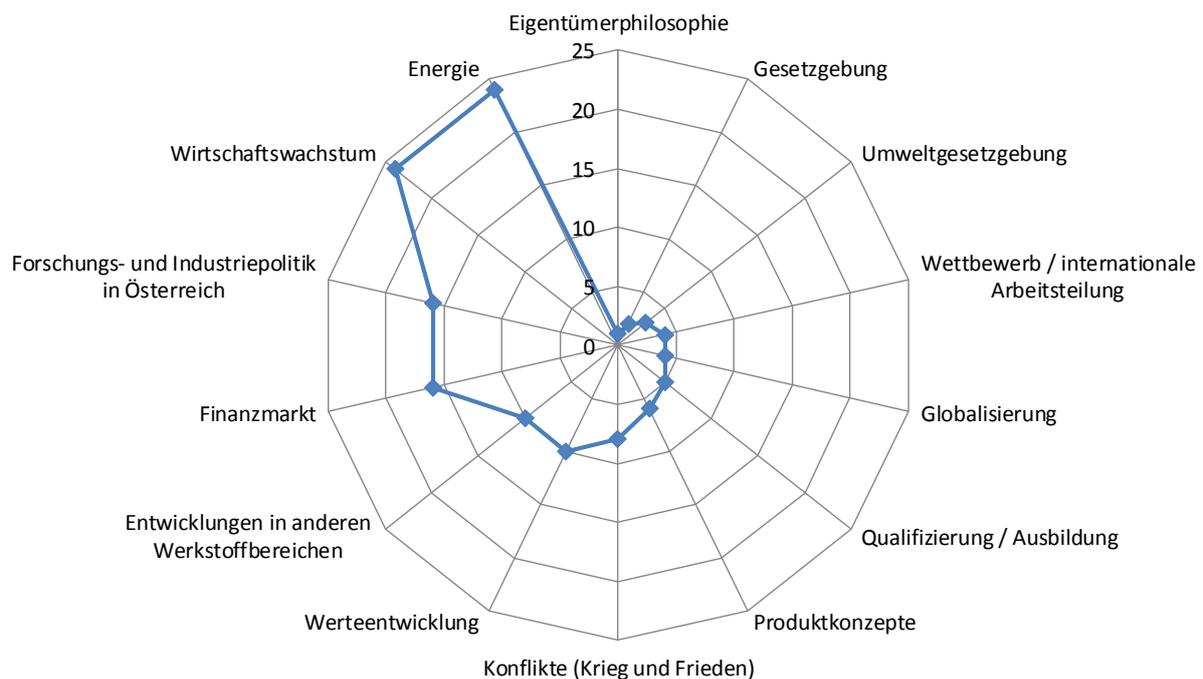
4.5 Szenarien

Aufbauend auf den verschiedenen entwickelten Zuständen von Einflussfaktoren wurden aus der Kombination von einzelnen Zuständen von Einflussfaktoren insgesamt zehn Szenarien entwickelt, drei im Workshop Stahl, zwei im Workshop NE-Metalle, drei im Workshop Kunststoffe und zwei im Workshop Keramik. Die Anzahl der Szenarien ist begründet durch die Anzahl an Teilnehmern in den einzelnen Workshops und der Möglichkeit Gruppen zu bilden.

4.5.1 Stahl und Verbunde

Der Bereich Stahl und dessen Verbunde ist geprägt durch die hohe „Risikobewertung“ der Faktoren Gesetzgebung, Energie, Wirtschaftswachstum, Forschungs- und Industriepolitik in Österreich, Finanzmarkt, Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen, Werteentwicklung, Konflikte (Krieg und Frieden), Produktkonzepte, Qualifizierung / Ausbildung, Globalisierung, Wettbewerb / internationale Arbeitsteilung, Umweltgesetzgebung, absteigend gereiht, wie auch aus Abbildung 24 hervorgeht.

Abbildung 24: Einflussfaktoren mit ihrer Risikobewertung für den Bereich Stahl



Aus diesen Bewertungen wurden drei Szenarien abgeleitet. Ein Szenario ist geprägt durch eine starke Individualisierung der Menschen, ein zweites durch ein starke Ökologisierung

und ein drittes durch Relokalisierung und schwierige internationale Transportwege. Diese drei Szenarien werden nun kurz zusammengefasst:

Szenario Stahl I

Dieses Szenario zeichnet sich aus durch die **Individualisierung** der Gesellschaft und ist durch folgende Rahmenbedingungen gegeben: Die Werte in der Gesellschaft sind auf das Individuum ausgerichtet. Eine Ich-Gesellschaft bildet den Kern, was auch neue Mobilitätsmuster nach sich zieht. Die Produktkonzepte sind daher ausgerichtet auf kleine Serien und starke Individualisierung. Es gibt globale Konflikte und Unsicherheit in der Weltpolitik.

Dieses Szenario bietet eine Reihe von *Chancen*, welche für den Bereich Stahl und dessen Verbunde die im Workshops umrissen wurden, nämlich: hohe Innovation, neue Produktionskonzepte, hohe Investitionstätigkeit, breite Produktpalette, hochwertige, gut bezahlte Arbeitsplätze, lokale Produktion für lokalen Markt, hohe Produktqualität, hohe Flexibilität bei Mitarbeitern, hohe Flexibilität bei Produktion, hohe Mobilität der Mitarbeiter, hohe Individualität geringe Solidarität, vernetzte Produktion, wie Cyper Physical System (CPS), hohe Umweltstandards.

Die *Gefahren*, die in diesem Szenario wurzeln, wurden wie folgt illustriert: politische Unsicherheit, unsichere Rohstoffversorgung, Abwanderung und Migration, hohe Transportkosten, hoher Sicherheitsaufwand, Abbau sozialer Sicherheit, keine langfristige Planung möglich.

In diesem Szenario kann man sich die Entwicklung gänzlich neuer Verfahren zur Herstellung von Stahl in Österreich vorstellen. Wesentlich wird auch sein, dass das CPS (Cyper Physical System) Steuerungszentrum in Donauwitz modernisiert wird. Der Energieverbrauch für Autoproduktion reduziert sich um 80% gegenüber 1990. Es wird möglich ein 300 kg schweres Auto mit 4000 MPa Stählen in Großserie zu bringen. Weitere Produkte könnten sein: magnetisch gehärtete Crashelemente, 100 HRC³³ Werkzeugstahl mit Diamantbeschichtung (Graphen), Schweißverfahren für 2000MPa genormt. Weitere Themen wären CO₂ freie Stahlproduktion über Elektrolyse, 3D-Print Auto für Selbstbau, ab initio Modellierung für Hochleistungsstahl, die Entwicklung korrelative 3D-Mikroskopie zur Entwicklung von „Advanced High Strength Steels“, Bakterien für Schrottreycling, Stahltunnel mit Unterdruck für 600km/h Verbindung (Individualfahrzeuge), völlig neues Stahlproduktionsverfahren erfolgreich in Österreich, hochfeste hochqualitative Automobilstähle aus 100% Schrott.

³³ Rockwell ist eine international gebräuchliche Maßeinheit für die Härte technischer Werkstoffe. Das Kürzel besteht aus HR (Hardness Rockwell, Härte nach Rockwell) als Kennzeichnung des Prüfverfahrens gefolgt von einem weiteren Buchstaben, der die Skala und damit die Prüfkräfte und -körper angibt. Grundlage des Prüfverfahrens ist die Eindringtiefe eines Prüfkörpers in den Werkstoff. Somit ergeben sich bei weicheren Werkstoffen steigende Eindringtiefen, die dickere Prüflinge erfordern. Um dem entgegenzukommen, sind nach EN ISO 6508-1 elf Skalen mit unterschiedlichen Prüfkräften und -körpern genormt. Diese Skalen tragen die Buchstaben A-H, K, N und T. Die genormte Darstellung besteht aus dem Härtewert, dem Prüfverfahren und der Skale, beispielsweise 65 HRC oder 90 HRH. Bei den Skalen A, C und D wird ein Diamantkegel mit 120° Spitzenwinkel und eine Prüfvorkraft von 98,0665 N verwendet, die Prüfüzusatzkraft beträgt bei Skala A 490,3325 N, bei Skala C 1372,931 N und bei Skala D 882,5985 N. Meist eingesetzt ist das Verfahren nach Skala C (C steht für engl. cone, dt. Kegel).

Szenario Stahl II

Szenario II ist geprägt durch Herausforderungen einer **Ökologisierung**. Die **Energiepreise** steigen drastisch an. **Gesundheit und Umwelt sind sehr wichtige Werte** in der Gesellschaft. Es gibt selektives Wirtschaftswachstum in einigen Branchen. Die Produktionskonzepte sind ausgerichtet auf „grüne“ Werkstoffe. Die Umweltgesetzgebung ist streng.

Die *Chancen* für dieses Szenario bieten sich in einer möglichen höheren Investition in saubere Energie, der Reduktion des Kunststoffanteils und daher Substitution durch Metalle, durch höhere Forschungsinvestitionen. Die *Gefahren* werden allerdings mit sinkender Wettbewerbsfähigkeit, hohen Kosten durch Umweltauflagen, möglichem Verlust des Produktionsstandortes bezeichnet, wobei die Massenproduzenten stärker betroffen wären.

Dieses Szenario könnte allerdings ultrahochfester, hochzäher Stahl (Leichtbau), kriechbeständiger, hochtemperaturfester Stahl für thermische Kraftwerke (700 Grad), einschussfreier Stahl, Stahllamine, und low-cost korrosionsbeständige Stähle. Wichtige Themen wären hier „self healing materials“, „energieautonome Stahlproduktion“ und hybride Stahlverbunde.

Szenario Stahl III

Dieses Szenario beschäftigt sich mit Stahl im **globalen Verteilungskampf**. Da es weltweit Konflikte gibt, ist der Transport schwierig und voller Gefahren. Daher braucht es eine Reindustrialisierung von Europa und eine Rückkehr der Produktion nach Europa und den USA, wobei diese billig sein soll. Die Wirtschaft wächst weltweit positiv und wird in Europa durch die Osterweiterung unterstützt. Die Forschungs- und Industriepolitik fördert nachhaltig. Es gibt eine sehr positive Grundstimmung zur Industrie.

Unter diesen Rahmenbedingungen bieten sich die *Chancen*, dass Rohstoffquellen rechtzeitig gesichert werden, dass neue globale strategische Partnerschaften entwickelt werden, dass Ersatz-Technologien und Ersatz-Rohstoffe gesucht werden, die Effizienz gesteigert wird, neuartige Produkte entwickelt werden und es weniger Konkurrenz gibt. Dann wird eigenverantwortliches Wirtschaftswachstum und die Konzentration auf kleine Marktsegmente gefördert. Darüber hinaus könnte es eine bessere regionale F&E Förderung geben.

Aber die *Gefahren* dieser Rahmenbedingungen sind nicht zu unterschätzen. Es gäbe einen Verteilungskampf um die verfügbaren Rohstoffe und daher einen Regionalprotektionismus, eine Marginalisierung abgeschnitten von wichtigen Routen und Entwicklungen. Weiters birgt dieses Szenario in sich, dass zu wenig an Grundlagen geforscht und weniger innoviert wird. Es gibt kaum einen Austausch mit Forschern. Es könnten alternative Rohstoffe mit geringeren Transportproblemen gefunden werden und Stahl ersetzen. Die Absatzmärkte außerhalb Europas werden ebenfalls schwierig.

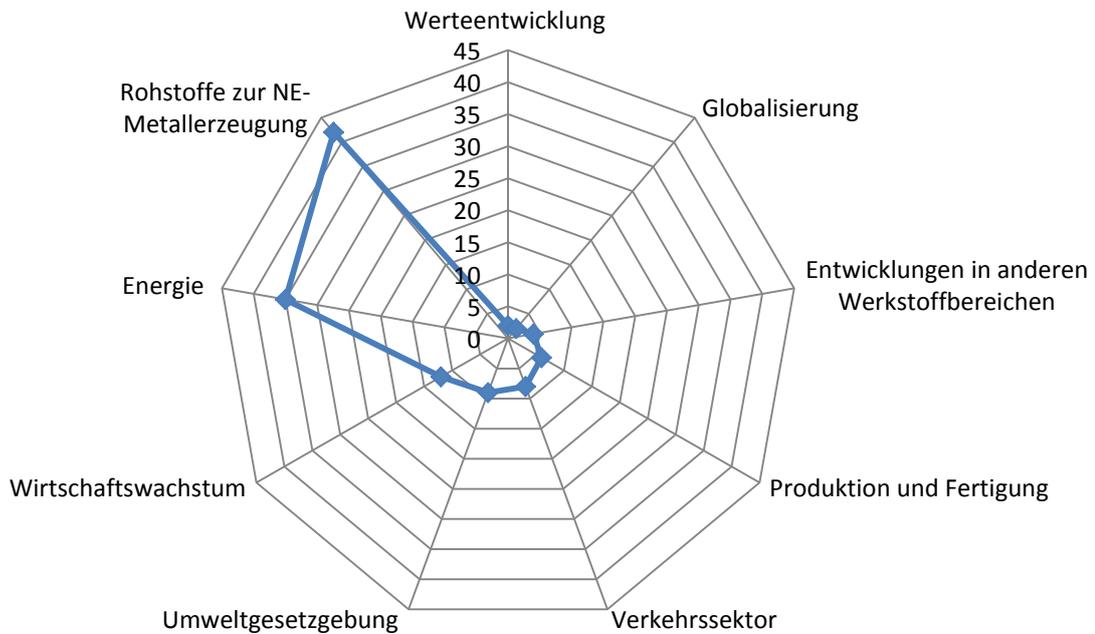
Dieses Szenario könnte allerdings IT Tools hervorbringen, die den Werkstoff automatisch designen. Es könnte billige Stahlprodukte mit kürzeren effizienten Prozessketten geben, eine 759 Grand Dampf Turbine könnte entwickelt werden. Verbundsysteme Stahl-Keramik für die Alternativenergiebranche wäre gemeistert und „tailor made material properties“ wäre am Markt. Weitere Themen wären IT-Design von Metallurgie, Legierungssystemen und Simulation von

Werkstoffen, Energie Effizienz, höchste Recycling Quote sowie Design Funktionalisierung maßgeschneidert mit neuen Anwendungen.

4.5.2 NE-Metalle und Verbunde

Der Bereich der NE-Metalle wird am stärksten beeinflusst von der Rohstoffverfügbarkeit und der Energieverfügbarkeit bzw. der Energiepreise. Wirtschaftswachstum, Umweltgesetzgebung, Verkehrssektor sowie Produktion und Fertigung stellen weitere wichtige Risikofaktoren für NE-Metalle dar, gefolgt von Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen, Globalisierung und Werteentwicklung. Experten bewerteten den Einfluss und die Unberechenbarkeit eines Faktors. Wenn das Produkt dieser beiden Bewertungen ungleich Null ist, so erscheint der Faktor in dieser Darstellung (Abbildung 25).

Abbildung 25: Einflussfaktoren mit ihrer Risikobewertung für den Bereich Nichteisenmetalle



Aus diesen Bewertungen wurden zuerst für die einzelnen Faktoren Ausprägungen oder anders gesagt „zukünftige Zustände“ abgeleitet und danach zwei Szenarien entwickelt.

Szenario NE-Metalle I

Das Umfeld dieses Szenarios ist gekennzeichnet durch **erhebliche Schwierigkeiten bei der Beschaffung der Rohstoffe** für NE-Metalle. Die Rohstoffe zur NE-Metallerzeugung sind nicht ausreichend und ökonomisch vertretbar zugänglich. Rohstoffe werden Spekulationsgut. Die Entwicklung in anderen Werkstoffbereichen wie in den Bereichen Keramik, Kunststoff und Stahl eliminieren Einsatzbereiche der NE-Metalle. Im Bereich

Verkehr kommt es zum globalen Verkehrsinfarkt und zur kompletten Überlastung aller Verkehrswege. Dazu ist die österreichische Umweltgesetzgebung verschärft im Vergleich zum Umfeld.

Dieses Szenario könnte Rahmenbedingungen für radikale und hochrisikoreiche Innovationen und Förderungen dafür schaffen. Es könnte gut *Chancen* für einen gesellschaftlichen Wandel zum umfassenden nachhaltigen Handeln nach sich ziehen, neue Verkehrskonzepte mit starkem Investitionsbedarf in Infrastruktur und Systeme wie multimodale Verkehrssysteme und Entwicklungen diesbezüglich, Innovationen in Sensorik, etc. bieten und neue Technologiekonzepte insbesondere für Recyclingtechnologien anspornen.

In diesem Szenario könnten allerdings ein zu spätes Erkennen des Innovationsbedarfes, zögerliches Handeln diesbezüglich, Rezession im NE-Metall Bereich mit entsprechenden wirtschaftlichen Konsequenzen wie Job Abbau, die Abwanderung von Personal und Know-how zur langfristiger Schwächung der Branche führen. Weiters ergeben sich als *Gefahren* massive Reduktion der Mobilität sowohl für Personen als auch für Warenströme, sowie Absatzprobleme und der Verlust der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Drittstaaten, was wiederum Abwanderung der Betriebe zur Folge haben könnte.

Diese Rahmenbedingungen könnten allerdings neues hochfestes RE-Aluminium für Hochtemperaturanwendungen, AL Legierungen mit einem Anteil von mehr als 90% an „Post Consumer“ Schrottanteil für hoch umgeformte Fahrzeugbauteile, pulverförmiges, easy-to-use, RE Energiespeichermaterial, kontaktfreie Versorgung von Elektrofahrzeugen und 100% kontinuierlichen Gieß-Walzverbundprozess hervorbringen. Weitere Themen für die Forschung wären hochauflösendes und separierendes sensorbased sorting von Schrotten mit hohem Durchsatz für Al Recycling, umweltfreundliche Trennungstechnologien für NE-Metalle, hochduktilen Aluminium mit Rp0, 1000MPa, Reinigungsverfahren zum Abtrennen von gelösten metallischen Verunreinigungen aus der Al Schmelze, selektives Urban Mining mittels biologischen Verfahren, Korrosionsresistentes isotopes Magnesium sowie automatisches Trennen von Hybridkomponenten.

Szenario NE-Metalle II

In diesem Szenario geht es um **verschärfte Umweltauflagen** und die **Verknappung der Energie**. Die Umweltthematik nimmt global eine stärkere Rolle ein. Energie wird sehr knapp. Die Rohstoffe zur NE-Metallerzeugung sind Recyclingmaterialien, was Recyclingtechnologieentwicklung massiv anspornt. Es gibt neue Mobilitätsmuster und die Umweltgesetzgebung ist global und national streng.

Die *Chancen* in diesem Szenario sind verstärkte Recycling Aktivitäten. Radikale Ideen werden umgesetzt. Weiters kreierte dieses Szenario selektiv Wachstumsmärkte. Die Attraktivität der NE-Metalle steigt, weil Leichtbau gefordert wird. Dieses Szenario könnte eine höhere Lebensqualität nach sich ziehen, sowie die Möglichkeit der Technologieführerschaft, die Fokussierung auf das Wesentliche und neue Industrien im Verkehrssektor. Die *Gefahren* könnten unwirtschaftliche Prozesse, sehr hohe Geschwindigkeit im F&E Bereich, mögliche Abwanderungstendenzen, Verlust energieintensiver Produktion in Österreich und somit die Reduktion der Produktqualität sein, wenn die Produkte nur mit Recyclingrohstoffe erzeugt werden können. Die Schrottpreise könnten steigen. Die Umweltgesetzgebung könnte überzogen sein.

Dieses Szenario könnte aber *Produkte* wie Hochleistungsenergiespeicher, primärrohstofffreies Automobil, induktionsangetriebenes autonomes Auto, neue Antriebssysteme, Hochleistungsbearbeitungswerkzeuge und hocheffiziente Recyclinganlagen hervorbringen.

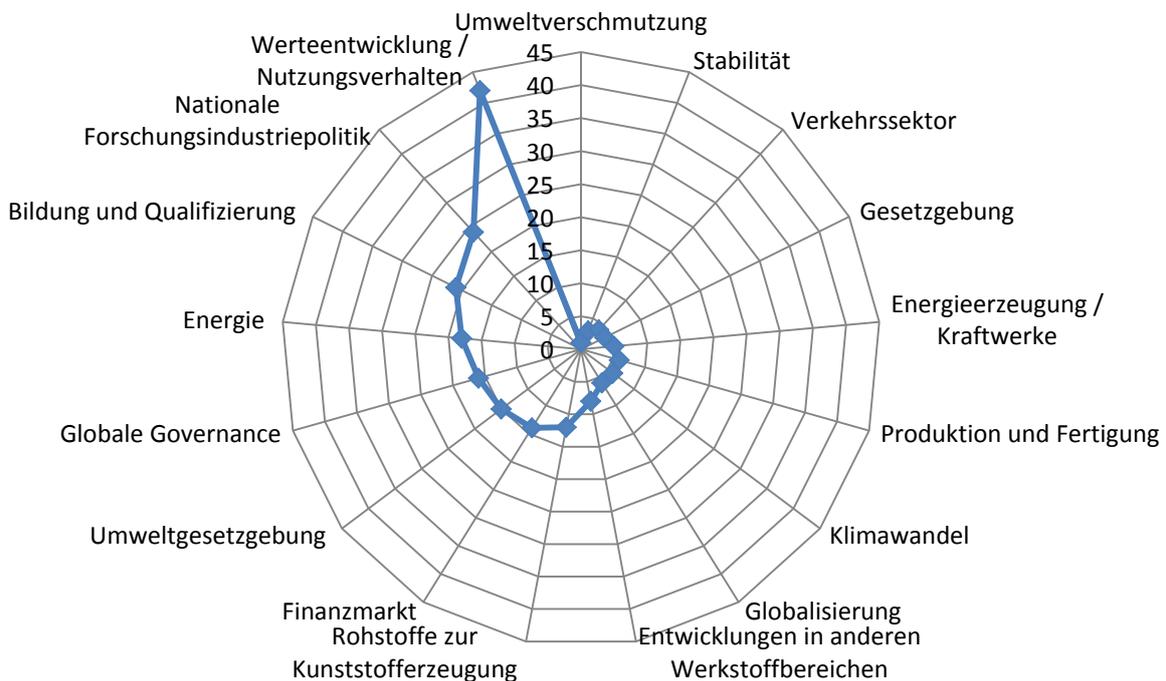
Es würde geforscht werden an Themen wie Werkstoffe mit verbesserten Eigenschaften, Erhöhung der Produktqualität aus Recyclingwerkstoffen, Reduktion des Energieverbrauchs bei der Herstellung und Bearbeitung von NE-Metallen, Hochleistungsenergiespeicher (zugehörige Werkstoffe), nanokristallines und hochfestes Aluminium, Magnesiumknetlegierungen, Funktionsbeschichtungen, wirtschaftliche Bearbeitung von Metallverbunden und schwer zerspanbaren NE-Metallen sowie 3D-Printing von Titanstrukturen.

4.5.3 Kunststoffe und Verbunde

Im Bereich der Kunststoffe und Verbunde stellt der Faktor „Werteentwicklung / Nutzungsverhalten“ den größten Risikoaspekt. Dann folgen die Umfeldfaktoren nationale Forschungsindustriepolitik, Bildung und Qualifizierung, Energie, Globale Governance, Umweltgesetzgebung, Finanzmarkt und der Faktor Rohstoffe zur Kunststoffherzeugung. Weiters wurden die folgenden Faktoren als Risiko positiv bewertet, auch wenn deren Wert um einiges kleiner ist, wie

Abbildung 26 zeigt: Entwicklungen in anderen Werkstoffbereichen, Globalisierung, Klimawandel, Produktion und Fertigung, Energieerzeugung / Kraftwerke, Gesetzgebung, Verkehrssektor, Stabilität und Umweltverschmutzung.

Abbildung 26: Einflussfaktoren mit ihrer Risikobewertung für den Bereich Kunststoffe



Aus diesen Bewertungen wurden zuerst für die einzelnen Faktoren Ausprägungen oder anders gesagt „zukünftige Zustände“ abgeleitet und danach drei Szenarien entwickelt.

Szenario Kunststoffe I

Das Umfeld dieses Szenarios ist gekennzeichnet durch eine **starke Individualisierung und die gute Know-how Trägerschaft**. Wirtschaft und Konsumverhalten aber auch die Individualisierung steigen. Die globale Vernetzung nimmt zu und globale Leadership in Knowledge in der Umsetzung entlang der Wertschöpfungskette, der Rohstoffverarbeitung, des Recycling ist in Österreich gegeben. Produktion und Fertigung wird noch wichtiger in Industrieländern, z.B. individualisierter durch 3D-Printing, Automatisierung und Miniaturisierung. Die Entwicklung in anderen Werkstoffbereichen kann sich allerdings auch sehen lassen. Im Hybridzeitalter gibt es Vernetzung aller Materialien zu hybriden Werkstoffen, smarte Hybride, Quantensprünge in den Technologien und in allen Bereichen und Materialien. Der hohe Anteil an qualifizierten Mitarbeitern führt zu einer Imageverbesserung der Branche.

Die *Chancen* dieses Szenarios bieten, dass der lokale Markt und die Weltwirtschaft verschmelzen, die Individualität sich perfekt entwickeln kann, die Entwicklungsspirale beschleunigt wird, „Qualification on Demand“ ein Mehrwert ist, die Produktlebenszyklen kürzer werden, sich die Effekte auf „Wissensdienstleistung“ positiv auswirken und es ein Life-Long-Learning gibt. Die *Herausforderungen* zeigen sich allerdings in einer extremen Komplexität. Stabilität zu halten wird sehr schwierig, was Planbarkeit in Frage stellt. Recycling wird anspruchsvoll und nicht vorhersehbar und folglich wird Entsorgung eine Herausforderung. Die Produktlebenszeiten werden kürzer und folglich werden auch Normen, Standards und Qualifikation eine Herausforderung. Die Wissenshalbwertszeit wird kürzer, d.h. die Entwicklung neuer Werkstoffe geschieht schneller.

Die Folgen dieses Szenarios könnten im Workshop sehr hochbewertete *Produkte* wie „switchable Adhesives“ hervorbringen, dann implantierbare künstliche Organe oder „rapid prototyped Cars“. *Forschungsthemen* wären Versorgungsunabhängigkeit durch In-House Generierung von Rohstoffen, die Simulation der Biokompatibilität von smarten Hybridwerkstoffen, oder eine neue Schnittstelle Mensch-Maschine (Visualisierung vom Gehirn direkt ins CAD).

Szenario Kunststoffe II

Alles bleibt wie es ist. Es gibt einen **verschärften Status quo** in diesem Szenario. Rohstoffe zur Kunststoffherzeugung wie Öl und Gas werden aufgrund von Kriegen weniger gefördert. Preise sowie Biomaterial (biowaste) und Recycling steigen an. Global gibt es einen heftigeren Kampf um den Zugang zu Rohstoffressourcen. Europa ist fast energieautark auf Basis von erneuerbarer Energie. In der Umweltgesetzgebung gibt es starke regionale Unterschiede. Die nationale Forschungs- und Industriepolitik bleibt so, wie sie jetzt ist. Die globale Governance ist schwer einzuschätzen und unsicher (Asien, Afrika - Fragmentierung). Die Qualifizierungslücke zwischen Spezialisten und allgemeinen Mitarbeitern in Unternehmen steigt. Es gibt weniger Spezialisten.

In diesem Szenario könnte sich mehr Platz für Innovation ergeben. Kunststoff könnte als vorteilhaft gegenüber anderen Werkstoffen angesehen werden, weil er aus Biowaste herstellbar ist; der Leichtbau macht diesbezüglich noch weitere Fortschritte. Es könnte ein gutes Recycling (up + down) und Urbanmining geben. Die Technologieentwicklungen in Richtung Biokunststoff aus Recycling könnten gute Prozesse bieten, sodass effizient produziert werden kann. Spezialisten sind gefragt. Österreich könnte Leadership in umweltgerechter Industrie sein. Kleine, flexible Betriebe können entstehen. Die *Herausforderungen* wären

allerdings eine ungenügende Energieversorgung, ein Mangel an qualifizierten Mitarbeitern, ein starker Druck der Industrie auf die (Umwelt)Gesetzgebung. Die Industrie könnte abwandern. Wissenschaft, Bildung und Innovation könnten stark zurückgehen. Die Wettbewerbsfähigkeit sinkt. Die Rohstoffe könnten fehlen und somit gewisse Produktionen nicht mehr möglich sein. Österreich könnte von Umländern „aufgekauft“ werden. Forschungsmittel könnten in Bürokratie und Politik verschwendet werden.

Produkte in diesem Szenario könnten *Produkte* mit einem Recyclinganteil von mehr als 60% sein. Eine große Palette an Kunststoffen könnte aus Biowaste und Hybridmaterialien hergestellt werden. Die Wiederverwendung von Produkten zu Top-Produkten könnte einen Aufwind erfahren. Die Medizintechnikproduktion wird angetrieben. Energiespeichererzeugung aus Kunststoffmembranen gelingt besser. Die *Forschung* würde sich mit Hybridmaterialien, Fasern (Naturfasern) verstärken Kunststoffen inklusive Mikro- und Nanopartikel, mit Leichtbau und Schäumen, mit rohstoff- und energieeffizienter Produktion sowie Produktion in Losgröße eins beschäftigen. Die Null-Ausschuss Produktion und die Automatisierung wären weitere Themen.

Szenario Kunststoffe III

Das Umfeld ist gekennzeichnet durch die Herausforderung von **strengeren Regulierungen, höheren Energiepreisen aber guter Qualifikation**, was zu Innovationskraft führt. Die Regulation nimmt international in gleichem Maße zu. Energie wird teurer und die Verfügbarkeit geringer. Imageverbesserung führt zu höherer Auswahl qualifizierter Mitarbeiter. Bezüglich Globalisierung wird ein Weisenrat aus Technokraten und Ethikern gebildet. Die nationale Forschungs- und Industriepolitik schafft Rahmenbedingungen, sodass Österreich Innovationsleader wird.

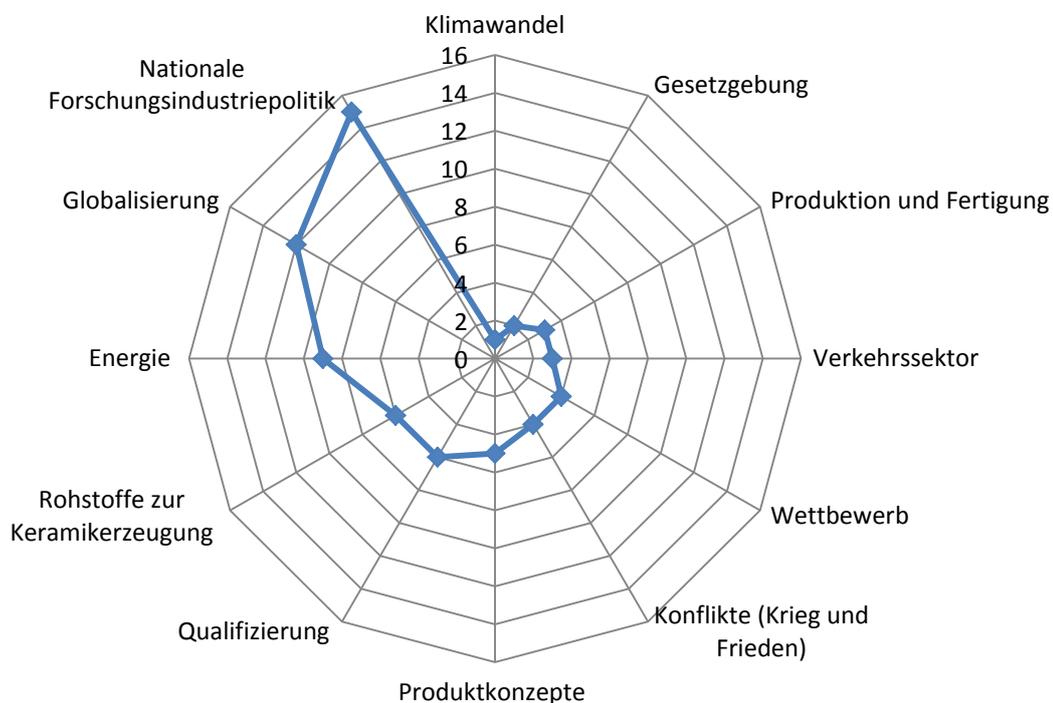
Diese Rahmenbedingungen könnten folgende *Chancen* in sich bergen: Recyclingtechnologie und Recyclingverfahren könnten eine enorme Weiterentwicklung erfahren. Energieeffizienz für die Produktion könnte steigen. Nachhaltige intelligente Kunststoffprodukte inkl. Hybridwerkstoffe in verschiedenen Anwendungsbereichen wie Automotiv, Aeronautik, Schiene, Energie (Solartechnik), Wasser (Pipelife, Rohr, Geberit, ...) könnten hergestellt werden. Österreich könnte die Technologieführerschaft auf diesen Gebieten übernehmen. Österreich könnte Weltmarktführer für Kunststoffverarbeitungsmaschine und Prozesse werden. Neue Dienstleistungen aus Produktion und Technik Industrie 4.0 könnten entstehen. Die *Herausforderungen* in diesem Szenario wären ein Business Development mit globaler Ausrichtung (Finanzmarkt) zu entwickeln. Es gäbe begrenzte Humanressourcen und die Risikobereitschaft wäre gefragt. Die Geschwindigkeit in der Umsetzung ist ein kritischer Faktor. Der Import von Produkten könnte die nationalen Regulative unterlaufen. Industrie- und Forschungsspionage könnte auftreten.

In diesem Szenario könnten folgende Produkte entstehen: Haus 3D-Drucker: 10.000 EURO / 100m, Batterien mit 1000 km Reichweite mit einer Batterieladung, Selbstbauset für das eigene Auto, sortenreines Faserverbundrecycling; außerdem könnte ein virtuelles globales Ausbildungsprogramm auf der Montanuniversität Leoben entwickelt werden. Die längste Brücke aus Carbon sowie der Space Lift könnten gebaut werden. In der Forschung könnte man sich mit selbstheilenden und reparierenden Polymeren, mit molekularen Hybridwerkstoffen, mit Energereflektoren und Spacetechnologie beschäftigen sowie Individualproduktion (Losgröße eins) entwickeln.

4.5.4 Keramik und intermetallische Verbindungen

Im Bereich Keramik und intermetallische Verbindungen stellt der Faktor „nationale Forschungs- und Industriepolitik“ den größten Risikoaspekt. Dann folgen die Umfeldfaktoren Globalisierung, Energie, Rohstoffe zur Keramikerzeugung, Qualifizierung, Produktkonzepte, Konflikte (Krieg und Frieden) sowie der Faktor Wettbewerb. Weiters wurden die folgenden Faktoren Verkehrssektor, Produktion und Fertigung, Gesetzgebung und Klimawandel als Risiko positiv bewertet, auch wenn deren Wert um einiges kleiner ist, wie Abbildung 27 zeigt.

Abbildung 27: Einflussfaktoren mit ihrer Risikobewertung für den Bereich Keramik und intermetallische Werkstoffe



Aus diesen Bewertungen wurden zuerst für die einzelnen Faktoren Ausprägungen oder anders gesagt „zukünftige Zustände“ abgeleitet und danach zwei Szenarien entwickelt.

Szenario Keramik und intermetallische Verbindungen I

Das Umfeld ist gekennzeichnet durch **Technologieführerschaft** in Europa und neue Machtblöcke bilden sich. Europa nimmt mit neuen Technologien eine Führungsrolle ein. Erneuerbare Energien entwickeln sich rascher als prognostiziert. Österreich wird wieder zum Technikerland und bezüglich Umfeldfaktor Konflikte bilden sich neue Machtblöcke. Es werden neue Rohstoffe durch Recycling verfügbar, was zu Innovation und neuen attraktiven Recyclingtechnologien führt.

Unter diesen Umfeldbedingungen könnte der Produktionsstandort Österreich gestärkt werden. Der Wohlstand könnte sich durch Wertschöpfung erhöhen. Ressourcenschonende und energiesparende Innovationen könnten sich am Markt etablieren. Österreich könnte für internationale Experten attraktiv werden. Es könnte Gestaltungsspielraum geschaffen werden. Dieses Szenario könnte wissensbasiertes Handeln durch Forschen und Produzieren sowie eine starke wirtschaftliche Vernetzung zur Folge haben. Große neue Forschungen für keramische Werkstoffe und nationale Stärkung könnten die Chance sein, um als Player wahrgenommen zu werden. Es könnte eine Vernetzung von Themen und Technologien auch mit den metallischen Werkstoffen und Kunststoffen geben. Aber die *Gefahren* könnten in einer unreflektierten Technologiegläubigkeit, im Ausverkauf von Technologien, im falschen Investment in F&E und in einer unzureichenden Ausbildung liegen. Darüber hinaus könnte es laut den Experten im Workshop sein, dass zu wenige bis keine externen Märkte für die Produkte vorhanden sind, dass Trägheit die Innovationskraft sinken lässt, dass der Ressourcenbedarf zu hoch wird, dass Nachhaltigkeit in Frage gestellt wird, dass es eine stärkere Abwanderung von Head Quarters geben wird, dass nationale Themeninteressen nicht gestärkt werden und es zu wenig Unternehmertum gibt.

Die neuen *Produkte* wären sehr ambitioniert in diesem Szenario: „Hochzähe Keramik“, keramische Hochtemperatur, Supraleiterdrähte ohne Metalllager, „keramische Gasturbine“, neue Vollkeramiklager, biofunktionelle keramische Vollimplantate aus dem 3D-Drucker, neue Energiespeicher, Recyclinglager für Struktur- & Funktionskeramik. Die *Forschung* würde sich beschäftigen mit Recycling von Ingenieurkeramik, mit Biomineralisation von Funktionskeramik, mit der Entwicklung und Erforschung von keramischen Werkstoffen in integrierten Bauelementen, mit Eigenschaftsmodellierung von keramischen Werkstoffen (Tailoring), mit neuer Prüftechniken für mikro-mechanische Systeme, mit der Substitution von kritischen Rohstoffen, dem Gestalten von Mikrostrukturen durch smarte Pressen und mit dem Design von multistructured / material Components.

Szenario Keramik und intermetallische Verbindungen II

Das Umfeld ist gekennzeichnet durch **hohe Qualifikation, gute Forschungs- und Produktionsbedingungen** in Europa sowie durch individualisierte Produktion. Es soll maßgeschneiderte Werkstoffe, starke Spezialisierung sowie hohe Vielfalt an Werkstoffen geben. Die Qualifizierung ist international ausgerichtet, sodass internationale Absolventen wegen hoher Lebensqualität nach Österreich wollen. Es gibt keine bewaffneten Konflikte in Europa. Wettbewerber suchen nach billiger Energie und Arbeitskräften, beides wichtige Produktionsfaktoren. Klassische Energieträger werden wegen CO₂-Handel zu teuer. Die Substitution von kritischen Rohstoffen ist durch leicht verfügbare Rohstoffe möglich.

Unter diesen Rahmenbedingungen bieten sich gute *Chancen* für die österreichische Keramikindustrie als Weltmarktführer in Technologie und Innovation. Eine 3D-Printing / Additive Initiative und Manufacturing löst konventionelle Herstelltechnik ab. Es gibt komplexere Keramiken. Recycling verringert die Importabhängigkeit von Keramik und Dienstleistungssystemen. Die *Risiken* umfassen Massenprodukte aus China und Indien oder Europäische Rahmenbedingungen, die Deindustrialisierung forcieren. Keramikproduktion sowie F&E und Know-how könnten mit der Produktion abwandern und es könnte zu Technologiekriegen kommen.

Top-Produkte könnten sein: unzerbrechliche Keramik, Keramikfilter für Luft und Wasser, 1500° Turbinenschaufel für H₂-Triebwerke, universelle Brennstoffzellen, Keramikknocken und nicht benetzende Keramik – Lotuseffekt bei hohen Temperaturen. Die *Forschung* würde sich mit selbstheilender Keramik, mit Fügen von Keramik, mit 2000° Turbinenschaufel aus TiAl, mit niedrig – T_{sintern} und mit Recycling mit 100% geringerem Energieaufwand beschäftigen.

5 Ergebnisse der Shaping Phase

Die Ergebnisse aus der Main Phase werden nun zusammengefasst, bewertet und beschrieben.

5.1 Forschungsthemen für 2030

Auswertung der Forschungsthemen

Für jedes erarbeitete Szenario wurden individuelle Forschungsthemen entwickelt. Die vorgeschlagenen Forschungsthemen sollen in Angriff genommen werden, um für die entwickelten Szenarien vorbereitet zu sein. Insgesamt wurden 60 zukunftsbestimmende Forschungsthemen und ca. 60 weitere visionäre Produktideen von den Workshopgruppen entwickelt. Ergänzt werden diese durch Forschungsthemen, die bei den unmittelbar zu setzenden Maßnahmen formuliert wurden.

In einem ersten Schritt wurden für jeden Workshop die Forschungsthemen gesammelt und im Hinblick auf ihre thematische Ausprägung und Zielsetzung analysiert. In einem zweiten Schritt wurden alle Themen zusammengeführt und eine Konsistenzanalyse durchgeführt, ob sich übergreifenden Themen über die untersuchten Werkstoffgruppen Stahl, Kunststoffe, NE-Metalle, Keramiken und sonstige Hochtemperaturwerkstoffe bzw. deren jeweilige Verbundwerkstoffe finden lassen. Die Struktur der übergreifenden Themen wurde einerseits mit dem Soundingboard diskutiert und andererseits dem Auditorium während der Zukunftskonferenz vorgestellt und dabei wurden auch Stellungnahmen eingeholt. Die vorgeschlagenen Änderungen durch die Zukunftskonferenz wurden nochmals eingearbeitet, sodass das „Haus der Forschungsthemen“ gebildet werden konnte. Das „Haus der Forschungsthemen“ stellt die Forschungsthemen der jeweiligen Forschungsgruppen als tragende Säulen dar, die gemeinsamen, übergreifenden Themen werden im Dach des Hauses gesammelt, denn das Dach bildet die gemeinsame Klammer für zukünftige allgemeine Werkstoffentwicklungsstrategien.

5.1.1 Forschungsthemen aus dem Bereich Stahl und dessen Verbunden

Recycling, CO₂ freie und energieeffiziente Produktion

- CO₂ freie Stahlproduktion (H₂ Metallurgie, alternative Verfahren)
- Zero Waste Recycling Technologie
- Energieautonome Stahlproduktion
- Bakterien für Schrottreycling
- Hochfeste hochqualitative Automobilstähle aus 100% Schrott
- Energie Effizienz
- Höchste Recycling Quote
- Schwerpunkte LBO hochfeste Stähle, Eisenschwamm, CO₂ freie Produktion, Energie und Prozesseffizienz

Aufgrund der entwickelten Szenarien steht die Forschungsausrichtung für Stähle dominant unter dem Schwerpunkt des Ersatzes von CO₂ mit den Zielen, den Energieeinsatz generell zu reduzieren, die Recyclingquoten weiter nach oben zu treiben und die Qualitätsstandards hinsichtlich der Eigenschaften kontinuierlich zu verbessern. Ein Thema, das in dieser Gruppe auftaucht, ist der Einsatz von bio-chemischen Methoden zum Recycling von Stahl.

Neue innovative Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren, um den Einsatz der Stähle weiter zu stärken

- 3D-Printed Auto im Selbstbausatz – Individualisierung in der Stahlverarbeitung

Im Zeichen des aktuellen Trends der additiven Fertigung entsteht hohe Erwartung und dementsprechend hoher Forschungsbedarf für zukünftige Produkte. Die Idee, ein Auto direkt zu „printen“, steht als Symbol für die Annahme der gänzlichen Änderung der Stahlverarbeitungsverfahren. Heutige Technologien der Stahlerzeugung, die speziell für Automobilstähle von Bedeutung sind – wie Walzen oder Verbinden durch Schweißen – würden den neuen Verfahren weichen müssen. Der Hinweis auf den „Selbstbau aus Stahl“ zeigt, dass die Verarbeitungstechnologien durch den zunehmenden Kundenwunsch der Individualisierung flexibilisiert werden müssen.

Neue Werkstoffmerkmale zur Erzielung neuer Funktionalitäten für technische Stähle

- Selbstheilende Stähle
- Hybride Stahlverbunde
- Neuartige Oberflächen und Hybride-Systeme mit Stahl
- Design Funktionalisierung: neue Anwendungen maßgeschneidert

Stähle zählen sicherlich zu der am längsten technisch eingesetzten Werkstoffgruppe. Durch den zunehmenden Substitutionsdruck müssen in der Stahlforschung neue Ansätze verfolgt werden, um neue Einsatzgebiete für Stähle zu erschließen und die Technologieführerschaft in Nischensegmenten zu sichern, damit Wertschöpfung mit Stählen weiterhin erzielt werden kann.

Im Fokus der Workshopteilnehmer stand die Integration von neuen funktionalen Merkmalen, wie z.B. die Eigenschaft auf Schädigung reversibel reagieren zu können oder durch die Verbindung mit anderen Werkstoffen Hybridsysteme bilden zu können, die neue mechanische, chemische oder funktionale Eigenschaften erreichen. Optionen zur Verbesserung werden durch neue Oberflächenbeschichtungen erwartet.

Neue experimentelle und numerische Methoden zur Stahlentwicklung

- ab initio Modellierung für Hochleistungsstahl – zuverlässiges Entwicklungsinstrument
- IT-Design von Metallurgie Legierungssystemen / Simulation von Werkstoffen
- korrelative 3D-Mikroskopie (Atomsonde / TEM / EBSD großer Volumen (1*1*1 cm³) zur Entwicklung von neuen „Advanced High Strength Steels“

Die Erforschung und die Entwicklung von Stahl müssen in der Zukunft selbst einen massiven Wandel erfahren. Zukünftige Stahllegierungen sollen unter Einsatz von Modellierung und Simulation, wie z.B. der „Ab initio“ Modellierungsmethode, regelrecht in der „Retorte“ designed werden. Erste beginnende Ansätze dieser Optionen für die moderne Stahlentwicklung sind heute schon im Grundlagenbereich zu erkennen, von einer technisch zuverlässigen Anwendung ist man heute noch weitgehend entfernt. Nicht nur die

Weiterentwicklung von Modellierung und Simulation verheißt einen Innovationsschub für eine neue Generation der Stähle, sondern auch das Up-scaling von Mess- und Charakterisierungsmethoden. Diese erlauben aktuell nur einen Blick auf wenige Atome; der Blick auf größere Volumina wird als Motor für die Stahlforschung gesehen.

Kontinuierliche Steigerung der mechanischen Eigenschaften

- Stahltunnel mit Unterdruck für 600km/h Verbindung (Individualfahrzeuge)

Stahlforschung ist auch dort gefordert, wo neue Produktideen entstehen, für deren Realisierung die heutigen Werkstoffmerkmale der Stähle nicht ausreichen. Da die heutige Stahlforschung schon einen hohen Wissenstand aufweist, wird es in Zukunft verstärkt erforderlich werden, gänzlich neue metallphysikalische Wege zu beschreiten, um eine Steigerung der mechanischen Eigenschaften bei weiterhin guter Verarbeitbarkeit zu erreichen. Diese Option funktioniert nur mit dem Einsatz von neuen Methoden der Modellierung und Simulation bzw. mit neuen experimentellen Methoden gekoppelt mit der entsprechenden Infrastruktur. Die Herausforderung wird auch darin bestehen, die im Labor entwickelten und erforschten Prinzipien in der Produktion großtechnisch umzusetzen.

Bewertung der für die Zukunft relevantesten Forschungsthemen Stahl und Verbunde

Im Rahmen des Workshops bewerteten die Teilnehmer jene Forschungsideen, die ihnen für die Zukunft am relevantesten erschienen. Aufgrund dieser Bewertung ergab sich folgendes Ranking der Themen:

1. 3D-Printed Auto im Selbstbausatz
2. Ab initio Modellierung für Hochleistungsstahl Entwicklung
Bakterien für Schrottreycling
3. Stahltunnel mit Unterdruck für 600km/h Verbindung (Individualfahrzeuge)
IT-Design von Metallurgie Legierungssystemen/Simulation von Werkstoffen
Energie Effizienz in der Stahlherstellung und Verarbeitung

Zukunftsthemen Stahl und des Verbunde

Aufbauend auf die Workshops wurde im Rahmen der Zukunftskonferenz mit einem breiten Fachpublikum Zukunftsthemen erörtert. Für den Werkstoffstahl kristallisierte sich das Thema der wasserstoffmetallurgischen Darstellung von Stahl als Zukunftsthema heraus. Die Substitution der kohlenstoffbasierten Metallurgie durch die wasserstoffbasierte würde eine deutliche Reduktion der emittierten CO₂ Werte nach sich ziehen. Der Verfahrensschritt vom Roheisen zum Stahl könnte entfallen, da nach der Reduktion des Erzes mit Wasserstoff direkt Stahl anfallen würde. Für die Werkstoffentwicklung selbst bietet die wasserstoffmetallurgische Verfahrenroute ebenfalls neue Potenziale, da von anderen Stahlausgangszusammensetzung ausgegangen werden kann und sich daran gänzlich neue Legierungskonzepte anschließen könnten.

5.1.2 Forschungsthemen aus dem Bereich NE-Metalle und deren Verbunden

Das Gebiet der NE-Metalle stellt sich hinsichtlich der eingesetzten Werkstoffe viel heterogener dar als die Gruppe der Stähle. Zu den im Workshop angesprochenen Werkstoffen zählen Aluminium Legierungen, Hartmetalle, Titanlegierungen, Magnesiumlegierungen oder auch Refraktärmetalle. Obwohl die NE-Metalle ein umfassendes Spektrum an Verarbeitungstechnologien, Eigenschaften und Einsatzgebieten überstreichen, kristallisieren sich einige übergreifenden Themenfelder heraus.

Recycling und Einsatz von Sekundärmaterialien, Energieeffizienz

- Hochauflösendes und separierendes sensor-based sorting von Schrotten mit hohem Durchsatz für Al Recycling
- Umweltfreundliche Trennungstechnologien für NE-Metalle
- Reinigungsverfahren zum Abtrennen von gelösten metallischen Verunreinigungen aus der Al-Schmelze
- Selektives Urban Mining mittels biologischen Verfahren
- Automatisches Trennen von Hybridkomponenten
- Erhöhung der Produktqualität aus Recyclingwerkstoffen
- Reduktion des Energieverbrauchs bei der Herstellung und Bearbeitung von NE-Metallen

Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Stählen bilden für die NE-Metalle technisch realisierte und wirtschaftlich sinnvolle geschlossene Kreisläufe die zentrale Herausforderung. Dieses Thema ist jedoch nicht nur als Zukunftsthema zu sehen, auch heute laufen schon Forschungsanstrengungen, um Erkenntnisse zu gewinnen und Lösungen zu entwickeln. Der Einsatz von NE Sekundärstoffen mit dem Ziel, die Eigenschaften der nachfolgenden Produktgeneration zumindest gleich zu halten, bildet die zentrale Forschungsherausforderung. Herausforderungen, wie begrenzte verfügbare Ressourcen, Forderung nach Werkstoffen mit geringem Energieeintrag (Life Cycle Assessment), metallurgische Inkompatibilität von bestimmten Legierungselementen, nicht effiziente Sammel- und Aufbereitungsketten oder fehlende Technologien und Prozesse zum Recyceln, bilden die Basis für die Ausrichtung der zukünftigen Forschungsthemen. Ähnlich wie bei den Stählen taucht auch bei den NE-Metallen der Ansatz des biologisch orientierten Recyclings als Ergänzung zu chemischen oder metallurgischen Verfahren auf.

Kontinuierliche Steigerung der mechanischen Eigenschaften

- Hochduktilen Aluminium mit $R_{p0,2}$ 1000MPa
- Korrosionsresistentes isotopes Magnesium
- NE-Metalle mit verbesserten Eigenschaften
- Nanokristallines, hoch festes Aluminium
- Magnesiumknetlegierungen mit verbesserten Eigenschaften

Typisch für die NE-Metalle ist die große Breite an Forschungsideen zur kontinuierlichen Verbesserung der Eigenschaften. Diese konzentrieren sich einerseits auf mechanische Anforderungen oder auch auf Verbesserung der Korrosionseigenschaften. Für die NE-Metalle gilt es die Kooperation zwischen wissenschaftlicher Forschung und

Anwendungsforschung zu stärken, damit durch Wissenstransfer schon bekannte metallphysikalische Mechanismen großtechnisch in den NE-Metallen zur Anwendung gelangen.

Neue Werkstoffmerkmale zur Erzielung neuer Funktionalitäten für NE-Metalle

- Funktionsbeschichtungen für NE-Metalle
- Entwicklung von NE-Metallen, die als Hochleistungsenergiespeicher eingesetzt werden können

Im Bereich der NE-Metalle finden sich auch Themen, die weit über eine kontinuierliche Verbesserung der bestehenden Standards hinausgehen. NE-Metalle, die auch schon in der Vergangenheit sehr oft wegen der für Anwendung typischen Funktionseigenschaften (wie z.B. elektrische Eigenschaften) zum Einsatz gelangen, sollen in Zukunft neue Produktperspektiven durch gezielte Funktionalisierung von Oberflächen eröffnen. Im Rahmen des Workshops wurde der Einsatz im Hinblick als Energiespeicher hervorgehoben.

Neue innovative Bearbeitungs-und Fertigungsverfahren, um den Einsatz der NE-Metalle weiter zu stärken

- 3D-Printing von Titanstrukturen
- Wirtschaftliche Bearbeitung von Metallverbunden und schwer zerspanbaren NE-Metallen

Ähnlich wie bei den Stählen sahen die Workshopteilnehmer durch den Einsatz von neuen Verarbeitungskonzepten, z.B. 3D-Printing, Forschungsfelder für die NE-Metalle. Aber auch im Bereich der konventionellen Verarbeitungsverfahren, z.B. mechanische Bearbeitung, wird speziell für Werkstoffe mit verbesserten mechanischen Eigenschaften, z.B. Nano-Hartmetalle, Forschungsbedarf geortet.

Bewertung der für die Zukunft relevantesten Forschungsthemen für NE-Metalle und deren Verbunden

Ranking:

1. Erhöhung der Produktqualität aus Recyclingwerkstoffen
Automatisches Trennen von Hybridkomponenten
Selektives Urban Mining mittels biologischen Verfahren
Umweltfreundliche Trennungstechnologien für NE-Metalle
Hochauflösendes und separierendes sensor-based sorting von Schrotten mit hohem Durchsatz für Al Recycling
2. Nanokristallines, hoch festes Aluminium
Entwicklung von NE-Metallen, die als Hochleistungsenergiespeicher eingesetzt werden können

Zukunftsthemen NE-Metalle und deren Verbunde

Aus der Zukunftskonferenz geht hervor, dass für die NE-Metalle das vorrangige Zukunftsthema die Verwendung von Sekundärstoffen als Einsatz für die Werkstoffherzeugung wird. Hoher Energieaufwand bei der Primärerzeugung, wie er z.B. typisch für Primäraluminium ist, macht diesen Werkstoff bei einer Life Cycle Betrachtung unattraktiv. Heute wird die Herstellung von höchstfesten Aluminium Legierungen, was für einen Leichtbaueinsatz erforderlich ist, noch mit hohen Anteilen an Primäraluminium realisiert. Mit dem heutigen Wissenstand ist man noch nicht in der Lage, bei Verwendung von Sekundäraluminium, das größere chemische Verunreinigung mit Begleitelementen aufweist, vergleichbare gute Eigenschaften zu erreichen, wie beim Einsatz mit Primäraluminium. Um dieser Herausforderung zu begegnen, müssen Recyclingkreisläufe geschlossen werden, die entsprechenden Technologien entwickelt und die Werkstoffforschung vorangetrieben werden.

5.1.3 Kunststoffe und Composite (Verbunde)

Das Gebiet der Kunststoffe und Composite eröffnet ein riesiges Feld an modernen Werkstoffen. Die breite Palette an Grundpolymeren, die möglichen Kombinationen aus diesen und die Zugabe von Additiven ermöglichen eine Reihe von attraktiven Zukunftswerkstoffen. Hinzu kommt noch, dass wie in keiner anderen Werkstoffgruppe die Verbunde aus Polymeren mit verstärkenden Fasern werkstoffkundlich gut verstanden sind und auch schon zu vielfältigem Einsatz, z.B. in der Luftfahrt, gelangen. Bei keiner anderen Werkstoffgruppe ist die Verarbeitungstechnologie derart unmittelbar mit dem erreichten Produkt verbunden. Die zunehmende Funktionsintegration, wie sie heute schon im Bereich der Integration von elektronischen Sensor oder Aktor – Komponenten zum Einsatz kommt, wird die Forschungserfordernisse in den nächsten Jahren begleiten. Die genannten Forschungsthemen im Bereich Kunststoff sind sehr oft auf die Entwicklung von neuartigen Produktideen ausgerichtet.

Recycling, neue biologisch basierte Rohstoffe, energieeffiziente Produktion

- Rohstoff-, energieeffiziente Produktion in Losgröße 1
- Versorgungsunabhängigkeit durch In-House Generierung von Rohstoffen
- Faser- (Naturfaser-) verstärkte Kunststoffe, Mikro-, Nano-Partikel

Das Thema Recycling nimmt, wie schon bei den anderen Werkstoffen, eine aktuelle und eine zukünftige Rolle ein, wenn auch im Kunststoffbereich sehr stark versucht wird, durch den Einsatz von biologisch basierten Rohstoffen Nachhaltigkeit zu erzielen. Der Trend zur Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen wird von den Workshopeteilnehmern als Zukunftsforschungsthema im Bereich der Composite-Materialien gesehen. Kombiniert werden diese Ideen mit der Verwendung von neuen Füllstoffen und Additiven zur Verbesserung der Eigenschaften.

Neue Werkstoffmerkmale zur Erzielung neuer Funktionalitäten-Kunststoffe

- Leichtbau – Erhöhung der Schadenstoleranz (Steigerung der Festigkeit, Temperaturbeständigkeit, Zähigkeit etc.) für den Leichtbaueinsatz, Steigerung der Konkurrenzfähigkeit im Vergleich mit anderen Werkstoffen
- Neuartige Eigenschaften von Polymeren, wie selbstheilende, selbstreparierende oder leitfähige Polymere
- Kunststoffe für Energereflektor, Space-Technologie
- Hybridmaterialien
- Molekularer Hybridwerkstoff

Die genannten Forschungsthemen in dieser Kategorie zeigen Forschungsbedarf im Bereich der Entwicklung und maßgeblichen Eigenschaftsverbesserung zur Steigerung der Schadenstoleranz auf. Forschungsbedarf äußert sich in diesem Bereich in zweierlei Hinsicht, einerseits durch Ansätze, die Kunststoffe per se gegen Schaden toleranter machen, und andererseits durch Ansätze, dass Kunststoffe aktiv einen bereits eingetretenen Schaden wieder rückgängig machen können (selbstheilend). Kombiniert sind diese Ideen für zukünftige Forschung mit dem Ansatz, Kunststoffe verstärkt in Hybridsystemen zu integrieren oder Kunststoffe der Zukunft bereits auf molekulare Basis als Hybrid auszustatten, was neue Impulse für die Nanotechnologie im Bereich der Werkstoffforschung eröffnet.

Neue Instrumente zur Kunststoffentwicklung

- Simulation der Biokompatibilität von smarten Hybridwerkstoffen
- Neue Schnittstelle Mensch-Maschine (Visualisierung vom Gehirn direkt ins CAD)-Verbinden von werkstoffrelevanten Fragestellungen mit dem System Mensch (BIO)

Für die Kunststoffforschung werden auch neue Impulse durch Modellierung und Simulation gesehen. Diese vorgeschlagenen Themen konzentrieren sich auf Fragen der Verbesserung der Biokompatibilität von neuartigen Hybridpolymeren. Wie bei den anderen Themen zeigen sich Signale, dass in Zukunft mit einem verstärkten Bedarf an Forschung an der Schnittstelle Werkstoffentwicklung – Biologie (oder Medizin) gegeben sein wird, was eine interdisziplinäre Vernetzung erfordert.

Neue innovative Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren, um den Einsatz der Kunststoffe weiter zu stärken

- Losgröße 1, Individualproduktion
- Flexibler Innenausbau mit Polymeren
- Null-Ausschuss Produktion
- Automatisierung für CFK Bauteile
- Entwickeln von Schäumtechnologien für eine neue Generation von optimierten Kunststoffschäumen (z.T. basierend auf neuen Polymertypen)

Wie bei den anderen Werkstoffen, wird auch die Kunststoffforschung von der Herausforderung, Produktserien in geringen Stückzahlen wirtschaftlich und mit technisch

herausragender Qualität zu fertigen, begleitet werden. Gleichzeitig muss es Forschung und Entwicklung geben, um die automatisierte Fertigung von CFK Teilen voranzutreiben.

Bewertung der für die Zukunft relevantesten Forschungsthemen für Kunststoffe und Composite

Ranking:

1. Simulation der Biokompatibilität von smarten Hybridwerkstoffen
Null- Ausschuss Produktion
2. Rohstoff-, energieeffiziente Produktion Produktion in Losgröße 1
Automatisierung für CFK Bauteile

Zukunftsthemen Kunststoffe und deren Verbunde

Im Bereich der Kunststoffe zeigt sich, dass die Beschäftigung mit dem Thema der „schadenstoleranten Kunststoffe und Verbunde“ zu den Zukunftsthemen gehört. Grundsätzlich liegt es im Trend, dass die Substitution von anderen Werkstoffen mit Kunststoffen und Composites voranschreitet. Um diese Entwicklung systematisch fortführen zu können und das Einsatzgebiet der Kunststoffe zu erweitern, muss eine kontinuierliche Verbesserung der Eigenschaften erfolgen, aber auch neue Funktionalitäten hinzugefügt werden. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang der Forschungsbedarf bei den temperaturbeständigen Thermoplasten oder den selbsteheilenden Kunststoffen.

5.1.4 Keramik und Intermetallische Verbindungen und Verbunde

Da die Austrian Materials Foresight in der Definition der Rahmenbedingungen davon ausgeht, Werkstoffgruppen eher im Hinblick auf strukturelle Anwendungen zu sehen, konzentrierte man sich bei den keramischen und intermetallischen Verbindungen auf die typischen Anwendungsfälle, wo die mechanischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle einnehmen, wie z.B. bei Hochtemperatureinsatz.

Recycling, neue Rohstoffquellen, Energieeffizienz

- Recycling von Ingenieurkeramik
- Substitution von kritischen Rohstoffen
- Niedrig – T sintern
- Recycling mit 100% geringerem Energieaufwand

Wie für keine andere in der Foresight behandelten Werkstoffgruppe bildet das Thema Recycling für Keramiken absolutes Forschungsneuland. Kombiniert wird die Thematik Recyclingtechnologie mit der Forderung nach der Realisierung von

Niedrigenergieprozessen. Diese Forderung der Reduktion der Verarbeitungstemperaturen von Keramiken und des aufzubringenden Energieeinsatzes erfordert nicht nur technologische Forschung, sondern auch immensen Entwicklungsbedarf im Bereich der keramischen Werkstoffe selbst.

Neue Werkstoffmerkmale zur Erzielung neuer Funktionalitäten der Keramiken

- Gestalten von Mikrostrukturen durch smarte Pressen
- Design von Multi-structured / - material Components
- Selbstheilende Keramik
- 2000° Turbinenschaufel aus TiAl

Die Gruppe der keramischen Werkstoffe und intermetallischen Phasen nimmt im Hinblick auf ihren Einsatz bei hoher thermischer oder korrosiver Belastung eine einzigartige Stellung ein. Allerdings zeigen diese Werkstoffe speziell bei niederen Temperaturen eher schlechteres mechanisches Verhalten (Sprödigkeit, geringe Lastaufnahme im Zugbereich). Um diese Eigenschaftsdefizite wett zu machen und den technischen Einsatz dieser ausgezeichneten Werkstoffgruppe voranzutreiben, braucht es die Erforschung von neuen maßgeschneiderten keramischen oder intermetallischen Systemen. Auch im Bereich der keramischen Werkstoffe werden Forschungsthemen, wie die Umsetzung von Selbstheilungsmechanismen im Werkstoff oder das gezielte Design von Multiphasenstrukturen, um zähigkeitssteigernde Effekte zu erreichen und Lösungen zu bieten, die die Anwendung von Keramiken oder intermetallischen Phasen weiter vorantreiben.

Neue innovative Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren, um den Einsatz der Keramiken weiter zu stärken

- Biomineralisation von Funktionskeramik
- Fügen von Keramik
- Entwicklung und Erforschung von keramischen Werkstoffen in integrierten Bauelementen

Von den an den Workshop mitwirkenden Experten wurde als entscheidend angesehen, dass im Bereich der Verarbeitung und Fertigung von Keramiken massiver Forschungsbedarf besteht. Verfahren der Füge-technik, wie sie für andere Werkstoffgruppen in einer Vielzahl bestehen, sind für Keramiken kaum bekannt. Alternative Verfahren, wie z.B. das genannte Biomineralisieren, zeigen einen neuen innovativen Weg in der Verarbeitung von Keramiken.

Neue Instrumente zur Entwicklung keramischer Werkstoffe

- Neue Prüftechniken für mikro-mechanische Systeme
- Eigenschaftsmodellierung von keramischen Werkstoffen (Tailoring)

Bei den Keramiken begegnet man, wie in allen anderen betrachteten Werkstoffgruppen, ebenfalls dem Bedarf nach Modellierung und Simulation bzw. der Verfügbarkeit von neuen Prüfsystemen als maßgebliche Instrumente der Erforschung und Weiterentwicklung.

Bewertung der für die Zukunft relevantesten Forschungsthemen für Keramiken, intermetallische Verbindungen und Verbunde

Ranking

1. Recycling von Ingenieurkeramik mit 100% geringerem Energieaufwand
2. Selbstheilende Keramik
 - Fügen von Keramik
 - Niedrig – T sintern
 - Eigenschaftsmodellierung von keramischen Werkstoffen (Tailoring)
 - Substitution von kritischen Rohstoffen

Zukunftsthemen für Keramiken und intermetallische Verbindungen und Verbunde

Ähnlich wie bei den anderen Werkstoffgruppen tut sich bei den keramischen und intermetallischen Werkstoffen Forschungsbedarf in Bezug zur Erhöhung der Schadenstoleranz auf. Was heute noch gänzlich unbearbeitet ist, ist das Recycling von Ingenieurkeramiken mit dem Ziel der Sekundärverwendung der Materialien. Zur Stärkung des Keramikeinsatzes ist es erforderlich, dass für Keramiken Technologien im Bereich der Fügetechnik entwickelt werden, um im Eigenschaftsportfolio zu den anderen Werkstoffgruppen aufschließen zu können.

5.1.5 Haus der Forschungsthemen

Aufgrund dieser Auswertung kristallisierten sich sieben übergreifende strategische Forschungshauptrichtungen heraus:

1. Nachhaltig Werkstoffe und Recycling

Diese Themengruppe umfasst alle Unterthemen, die sich mit der Erforschung von Recyclingtechnologien, der Bereitstellung von Sekundärrohstoffen, dem Einsatz von natürlichen biobasierten Ausgangsstoffen sowie der Substitution von Rohstoffen auseinandersetzt. Grundsätzlich wird bis 2030 im Bereich der Werkstoffe das Prinzip der geschlossenen Kreisläufe angestrebt. Life Cycle Assessment Betrachtung vom Rohstoff zum Werkstoff, zum Produkt und wieder zum Sekundärstoff werden die Werkstoffforschung in Zukunft weit mehr begleiten als heute.

2. Energieeffiziente Fertigungsprozesse

Die energieeffiziente oder besser die Energieverbrauch reduzierte Verarbeitung wird die Werkstoffforschung in den nächsten Jahren begleiten. Nationale und Europäische Gesetzgebung sowie Roadmaps bis 2050 erfordern ein deutliches Umdenken und eine Neuausrichtung der Werkstofffertigungstechnologien. Im speziellen Fokus sind Verfahren, die große Mengen an CO₂ emittieren. Diese werden bis 2030 massiv unter Druck kommen, da die europäisch angestrebten Richtgrenzen deutlich höher sind, als die noch technisch möglichen Potenziale zur Reduktion.

3. Innovative, flexible Fertigungsprozesse

Die Werkstoffforschung wird bis 2030 stark durch das Entstehen von neuen Verarbeitungsverfahren gefordert; ein Trend der heute schon erkennbar ist, sind die aufkommenden generativen Verfahren in der industriellen Produktion. Die Erwartungshaltung, Stückzahlen sehr flexibel halten zu können, also von der Ein-Stück-Variante bis zur Großserie, um die Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Wirtschaft weiterhin zu erhalten, stärkt die Hoffnung in den Erfolg der neuen generativen Fertigungsverfahren. Das heute schon verfügbare Wissen darüber, dass die Bauteileigenschaften und der Werkstoff durch das Verarbeitungsverfahren determiniert sind, lässt erwarten, dass zum kommerziellen Durchbruch der neuen flexiblen Verfahren auch maßgeblich begleitende Werkstoffforschung erforderlich sein wird.

4. Continuous Materials Improvement

Die meisten heute bekannten Werkstoffinnovationen zählen zu den inkrementellen Innovationen, was bedeutet, dass Fortschritt und neue Anwendungen durch kontinuierliche Verbesserung entstanden sind. Konkret sind das typische Eigenschaftsverbesserungen, wie Anhebung der mechanischen Eigenschaften, Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit, Erhöhung der Temperaturbeständigkeit oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Die Erforschung zur Verbesserung von kontinuierlicher Verbesserung der Eigenschaftsmerkmale wird auch in den nächsten Jahren eine zentrale Rolle im Bereich der Werkstoffforschung einnehmen.

5. Advanced Materials 2.0

Im Rahmen der Workshops wurde in jeder Werkstoffgruppe die forschungsmäßige Auseinandersetzung mit gänzlich neuen Eigenschaften, wie zum Beispiel „selfhealing“ gefordert. Die Gruppe dieser Werkstoffe wurden mit dem Begriff „Advanced Materials 2.0“ zusammengefasst; das soll unterstreichen, dass diese Eigenschaftsänderung neue Anwendungsfelder eröffnen und disruptive Innovationen hervorbringen können. Der Begriff bringt zum Ausdruck, dass Funktionalitäten und Eigenschaften von Werkstoffen erreicht werden, die als Novität über den heutigen Stand hinausgehen und in größerem Maße kommerziell und technisch verfügbar sind.

6. Modellierung und Simulation

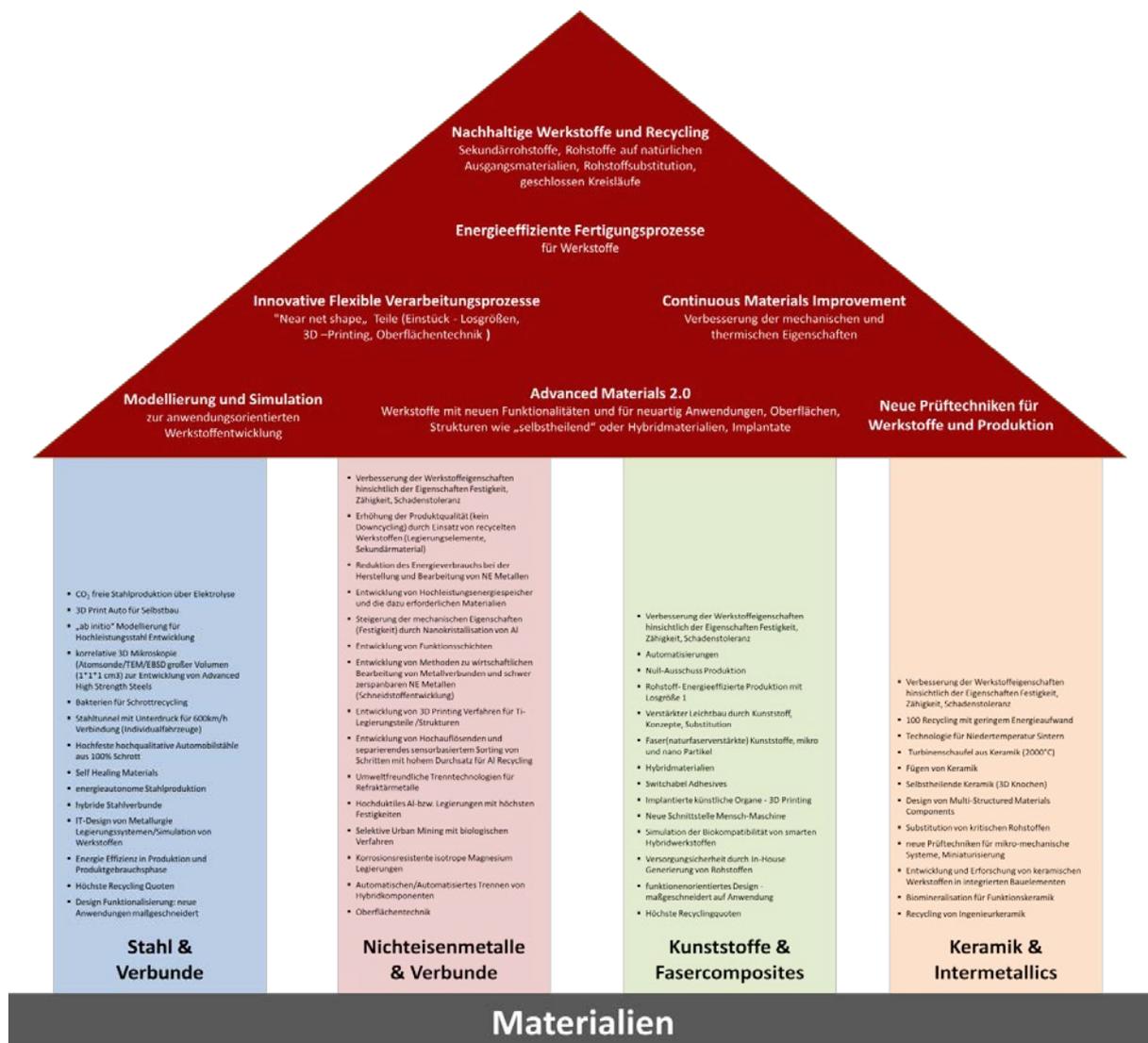
Von der werkstoffkundlichen Modellierung und Simulation wird bis 2030 eine deutliche Weiterentwicklung erwartet, so dass diese als maßgebliches zuverlässiges Instrument in der Werkstoffentwicklung eingesetzt werden. Thematisch findet sich Modellierung und Simulation in allen behandelten Werkstoffgruppen. Modellierung und Simulation wird vom Werkstoffdesign, zur werkstoffkundlich orientierten Verfahrensentwicklung oder zur

Charakterisierung des Werkstoffverhaltens im Einsatz bis hin zur Life Cycle Betrachtung herangezogen werden.

7. Prüftechniken für Werkstoffe und Produktion

Wissensbasierte Werkstoffforschung setzt immer mehr an der atomistischen oder der Nano-Ebene an, daher wird der experimentelle Zugang in diesen Größenbereich für den Erkenntnisgewinn immer wichtiger. Besonders hervorgehoben wurde die Bedeutung von neuen Prüftechniken für die Werkstoffgruppen Stähle, Keramik oder Kunststoffe. Essentiell für die Werkstoffherstellung und Verarbeitung der Zukunft ist auch der verstärkte Einsatz von in-line Prüftechniken gesehen, einerseits um die Erreichung der Qualität sicher zu stellen und andererseits um die Verarbeitung von neuen komplexen Werkstoffen sicher zu stellen.

Abbildung 28: Haus der Forschungsthemen

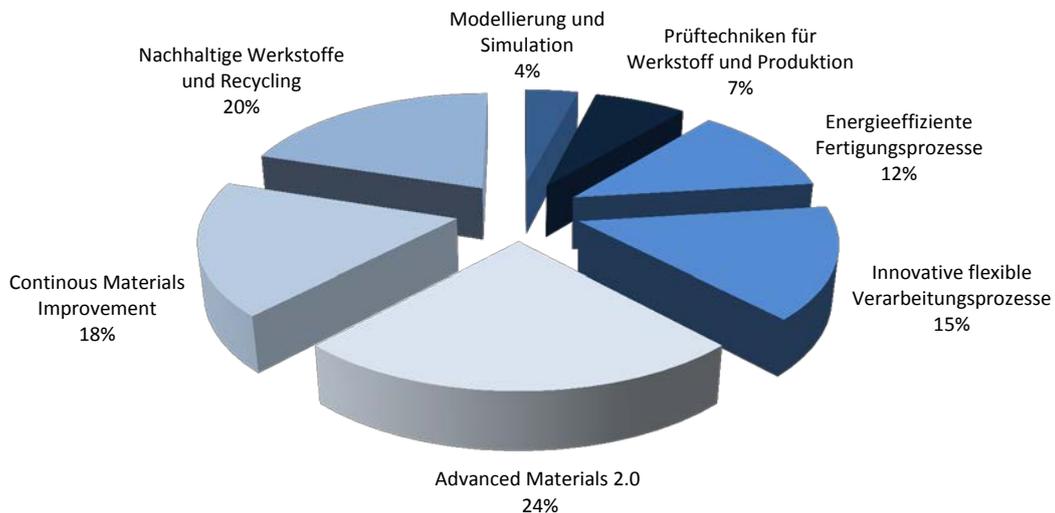


Analyse der festgelegten Hauptgruppen

Die Analyse aller Themen zeigt, dass Vorschläge für Forschungsthemen in der Hauptgruppe Advanced Materials 2.0 mit 24% am häufigsten vertreten sind. Gefolgt wird diese Gruppe vom Themenblock Recycling und nachhaltige Werkstoffe mit 20% aller Forschungsideen. Die Themenblöcke kontinuierliche Werkstoffentwicklung, innovative und flexible Verarbeitungsverfahren nehmen mit jeweils 15-17% eine tragende Rolle und somit Impact auf die Gestaltung der Zukunft ein. (Abbildung 29)

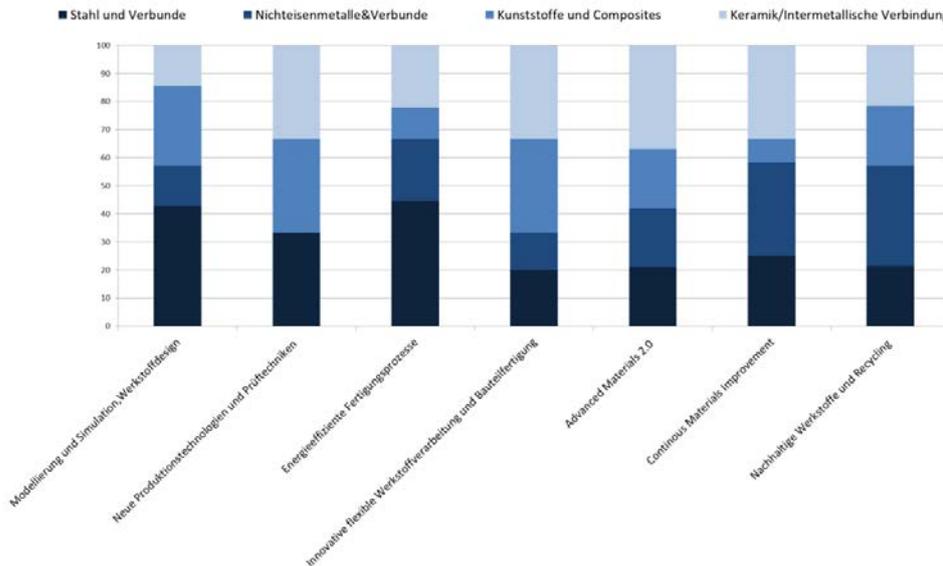
Interpretiert man dieses Ergebnis im Hinblick auf die erarbeiteten Szenarien, so ist doch zu sehen, dass im Bereich der Werkstoffforschung der Bedarf nach maßgeblichen disruptiven Änderungen und Innovationen erforderlich sein wird, um Nachhaltigkeit der österreichischen Werkstoffbranche und –forschung zu erreichen. In Kombination mit den anderen Hauptthemen, wie Recycling oder neue flexible Verfahren, ist zu erkennen, dass in den nächsten Jahren gänzlich neue Ansätze in der Werkstoffforschung zu verfolgen sind. Das alleinige Fortschreiben der heute schon bekannten Themen trägt nur in geringem Maße zur aktiven Gestaltung der Zukunft und Sicherung des Werkstoffstandortes Österreich im globalen Wettbewerb bei.

Abbildung 29: Prozentuale Aufteilung der genannten übergreifenden Zukunftsthemen für Werkstoffforschung in Österreich



Um die Ausprägung zu zeigen, wie sich die individuellen Werkstoffe in den Hauptgruppen positionieren, wurden die individuellen Themen den Hauptgruppen zugeordnet. Abbildung 30 zeigt die Schwerpunktthemen für die individuellen Werkstoffe.

Abbildung 30: Zuteilung der Werkstoffgruppen Stahl, Kunststoff, NE-Metalle, Keramik/ Intermetallische Verbindung und deren Verbunde zu den übergreifenden Zukunftsthemen Werkstoffgruppen



Die Themen Modellierung, Simulation, energieeffiziente Fertigung, nachhaltige Werkstoffe und Recycling sind vorwiegend von den metallischen Werkstoffen bestimmt. Neue Produktionstechnologien und Prüftechniken, innovative, flexible Werkstoffverarbeitung und Bauteilfertigung sind eher von den nichtmetallischen Werkstoffen, wie Kunststoffen und Keramiken, bestimmt.

5.2 Produktideen für 2030

Im Rahmen der Workshops wurde für jedes Szenario eine Reihe von Zukunftsproduktideen genannt. Diese wurden auf acht Branchen geclustert.

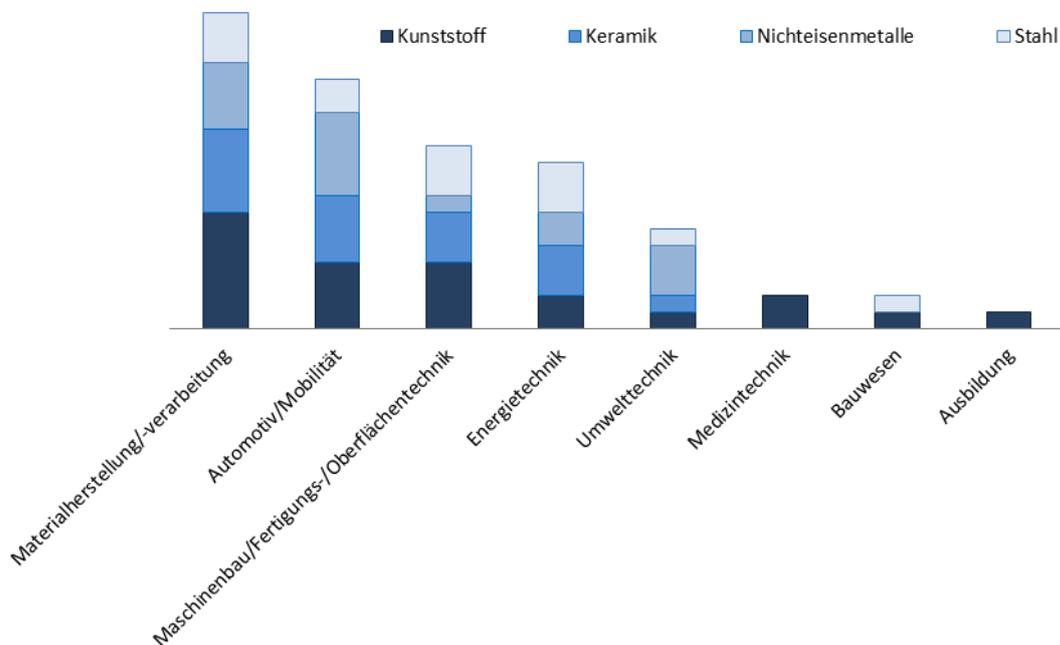
Dazu zählen die Branche der Metallverarbeitung und -veredelung, das Segment Automobil bzw. Mobilität, Maschinenbau-Fertigungs- und Oberflächentechnik, Energietechnik, Umwelttechnik, Medizintechnik, Bauwesen und Ausbildung. 80% alle generierten Ideen gehören zu den Branchen:

- Metallverarbeitung und -veredelung
- Automobil und Mobilität
- Maschinenbau, Fertigungs- und Oberflächentechnik
- Energietechnik
- Umwelttechnik

In diesen Hauptgruppen sind alle Werkstoffgruppen vertreten. Hervorzuheben ist, dass im Bereich Kunststoffe und Composites die Branche der Medizintechnik als Zielbranche für 2030 gesehen wird. Von Seiten der Kunststoffexperten wird auch eine Erweiterung der Ausbildungsmöglichkeiten als Dienstleistung gesehen, die für die Entwicklung der Kunststoffaktivitäten erforderlich ist. Die in einer Branche genannte Anzahl der Produktideen pro Werkstoffgruppe sind in etwa vergleichbar, wenngleich auch die absolut genannte Produktanzahl aus keramischen Werkstoffen tendenziell höher ist. Aufgrund der genannten Produktideen scheint sich der Einsatz von Stahl und dessen Verbunden verstärkt in Richtung Energietechnik- und Maschinenbauprodukte zu verlagern, während

die NE-Metalle vorrangig mit Aluminiumlegierungen im Bereich Automotive / Mobilität stark vertreten sind. Hervorzuheben ist

Abbildung 31: Branchen für Produktideen 2030



5.3 Zukunftskonferenz

Die Zukunftskonferenz im Rahmen des ASMET Forum 2014 bot einen ausgezeichneten Rahmen, die ersten Ergebnisse der Foresight zu präsentieren und zu diskutieren. Universitäten, Unternehmen und die öffentliche Hand konnten sich an den Diskussionen beteiligen. An die 300 Teilnehmer konnten über die Ergebnisse in Form eines Vortrages und in Form von Postern informiert werden. Darüber hinaus beteiligten sich ca. 18 Teilnehmer in einem Workshop, um die Ergebnisse zu verdichten. Die Bewertung der Forschungsthemen (siehe dazu Haus der Forschung in 5.1.5) durch die Teilnehmer ergab, dass folgende Themen vertieft bearbeitet werden konnten: Nachhaltige Werkstoffe und Recycling, effiziente Fertigungsprozesse und Advanced Materials 2.0 zusammen mit Werkstoffen in neuartigen Anwendungen.

5.3.1 Nachhaltige Werkstoffe und Recycling

Für das Thema „Nachhaltige Werkstoffe und Recycling“ wurde das Zukunftsbild *“Zero-Waste-Closed Loop – Alloy to Alloy Recycling”* formuliert.

Unmittelbare Handlungsoptionen für dieses Thema wurden an die nationale und an die EU Politik adressiert:

- Politik mit mehr technischem und wirtschaftlichem Verständnis aufbauen (Nachhaltigkeit in der Politik)

- Positive Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung (Reindustrialisierung, Recycling, Werkstofftrennung)
- Entwicklung und Effizienzsteigerung der Recyclingprozesse inklusive Modellierung und Simulation der Prozesskette
- Hoch – und Niederfahrkurven von Förderungen („nano“, „CO₂“)
- Genaue Life-Cycle Analyse von Werkstoffen „cradle to cradle“, „cradle to grave“
- Durchgehendes Bonus-Malus System für zero-waste Compliance
- Effiziente Fertigungsprozesse
- Advanced Materials 2.0 und Werkstoffe in neuartigen Anwendungen

5.3.2 Effiziente Fertigungsprozesse

Das Bild der Zukunft für dieses Thema wurde folgendermaßen formuliert: *„In Zukunft stehen wir für eine ressourcen- und energieeffiziente Fertigung über den gesamten Produktlebenszyklus, unter Wahrung von modernen, globalen gesetzlichen Rahmenbedingungen und aufbauend auf grundlegender Forschung und Entwicklung.“*

Unmittelbare Handlungsoptionen für dieses Thema wurden adressiert an die nationale und EU Politik, an den Forschungsrat, die Industriellenvereinigung, die Wirtschaftskammer, die Industrie und die TU Austria.

- Grundlagenforschungsprogramm für Ingenieurwissenschaften
- Forschungsinfrastrukturprogramm initiieren (angewandte Forschung)
- Schaffung und Durchsetzung international gültiger Standards und Grenzwerte
- Adaptierung und Initiierung von Studienrichtungen
- Schaffung von öffentlichem Bewusstsein in den Bereichen Wertschöpfungskette, Energiepolitik, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

5.3.3 Advanced Materials 2.0 und Materialien in neuartigen Anwendungen

Das Bild der Zukunft für dieses Thema wurde von den Teilnehmern folgendermaßen formuliert: *„Austria boosts advanced materials“*. Unmittelbare Handlungsoptionen für dieses Thema wurden adressiert an die nationale Politik, an die Key Player in der Industrie und an die Ausbildungsinstitutionen.

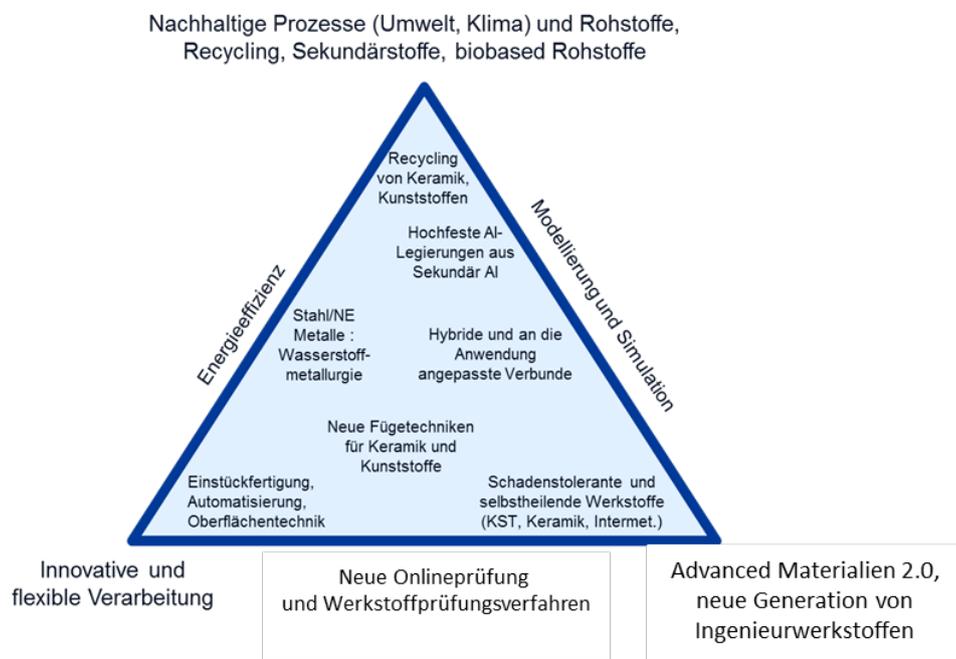
- Strategisches nationales Schwerpunktthema definieren
- Ressourcen und Anreizsysteme schaffen
- Infrastruktur schaffen
- Wille zur Umsetzung von F&E in den Unternehmen einfordern.
- Leadership von Key Playern einfordern - Key Player müssen Leadership ausüben

Die ausgewählten Themen wurzeln natürlich in den Forschungsthemen, wie sie in Abbildung 29 dargestellt sind, die Auswahl der übergreifenden Themen wurde auch vom Soundingboard gut geheißen.

5.3.4 Zusammenfassung der zukünftigen Forschungsthemen

Abbildung 32 zeigt Schema, wie die entwickelten zukünftigen³⁴ Forschungsthemen werkstoffgruppenübergreifend dargestellt werden können. -. Die Themen mit der größten Häufigkeit in der Nennung stehen an den Ecken des Dreiecks. Die Themen, die einen weniger hohen Anteil bilden, sind an den Seitenkanten des Dreiecks zu finden. Aus den genannten Unterthemen sind diejenigen hinzugeschrieben, die in über mehrere Werkstoffgruppen hinweg genannt wurden - Recycling von Keramik oder Hybride, H₂ Metallurgie für Stahl und NE-Metalle. Selbstheilende Werkstoffthemen wurden bei Kunststoffen, Keramiken und Stählen genannt.

Abbildung 32: Fachthemen aus den Werkstoffgruppen



Wie sich die individuellen Themen von zeitnah bis 2030 entwickeln sollen, kann mit weiterführenden Methoden wie Roadmapping und einem ex-ante Impact Assessment herausgearbeitet werden.

³⁴ Diese Forschungsthemen wurden in den Szenarioworkshops zur Frage „welche Forschungsthemen sind in 2030 relevant?“ genannt.

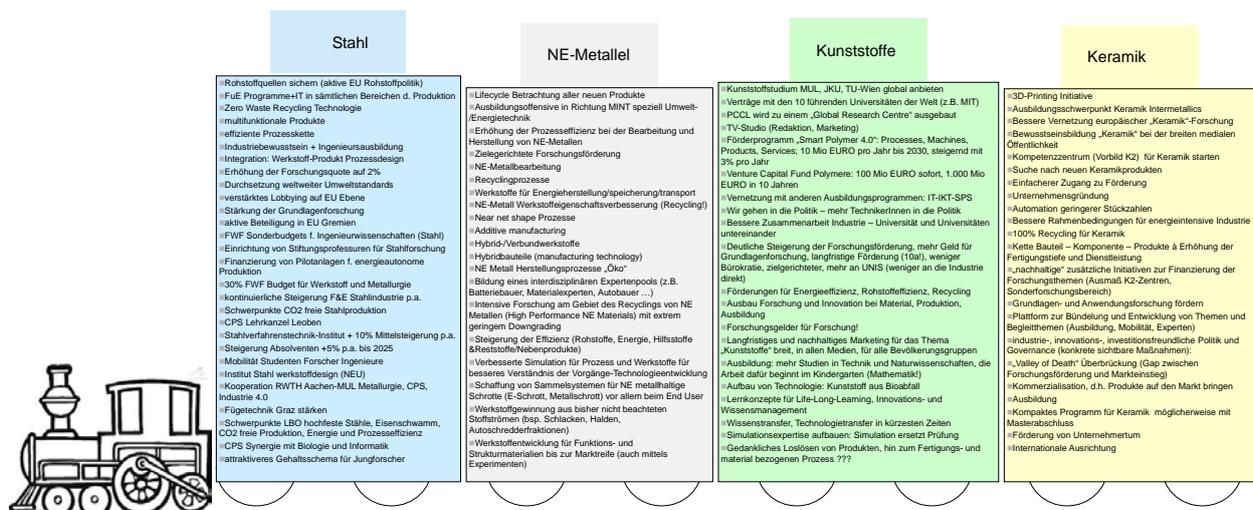
6 Vorschläge für Maßnahmen der FTI-Politik und Forschungsthemen

Ein Foresight Prozess initiiert, dass wir uns heute mit der Zukunft beschäftigen. Durch die Erarbeitung von Zukunftsszenarien werden bereits Aktionen für heute angeregt, auch wenn die Zukunftsszenarien 15 bis 20 Jahre vor uns liegen. Diese Handlungsoptionen leiten sich aus der intensiven Auseinandersetzung mit den Einflussfaktoren (siehe 4.3 Einflussbereiche und Umfeldanalyse) und den daraus entwickelten Szenarien (siehe 4.5 Szenarien) ab und zeigen dabei auf, was heute getan werden muss, um für diese Szenarien vorbereitet zu sein.

Im Rahmen der zehn entwickelten Zukunftsszenarien wurden insgesamt 90 verschiedene Maßnahmen genannt. Diese 90 Maßnahmen können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Eine Gruppe von 87 Maßnahmen adressiert Aktivitäten an die FTI Politik, die sich in sieben verschiedenen Maßnahmenbündeln zusammenfassen lassen. Die zweite Gruppe an Maßnahmenbündeln adressiert kurzfristige Forschungsthemen, die auf die Forschungsherausforderungen in den jeweiligen Szenarien wie oben beschrieben (siehe 5.1 Forschungsthemen) vorbereiten sollen.

Die Maßnahmen aus den verschiedenen Szenarien wurden in der Maßnahmenlokomotive zusammengefasst:

Abbildung 33: Die Maßnahmenlokomotive³⁵



Die hier gelisteten Maßnahmen basieren ausschließlich auf den in den Szenarienworkshops und in den Soundinboardmeetings eingebrachten Vorschlägen. Sie werden hier strukturiert und zusammengefasst.

35 Die Wagons dieser Lokomotive beinhalten alle genannten Maßnahmen, die heute notwendig sind, um auf die Szenarien gerüstet zu sein. Die einzelnen Maßnahmen sind nicht gut zu lesen in dieser Abbildung. Sie sind allerdings im Folgenden ausführlich ausgearbeitet. Die Lokomotive ist einfach ein Symbol.

6.1 Vorschläge für Maßnahmen für die FTI Politik

Die unterschiedlichen, vorgeschlagenen Maßnahmen für die FTI-Politik lassen sich in folgende sieben Maßnahmenbündel unterteilen:

1. Regulative, Standardisierung und Fördermanagement
2. Forschungsinfrastruktur
3. Direkte Forschungsförderung
4. Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen
5. Internationale Vernetzung und Mitgestaltung auf EU Ebene
6. Nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität
7. Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung

Die Zuordnung der einzeln genannten Maßnahmen ist nicht eindeutig. Manche Maßnahmen können mehreren Maßnahmenbündeln zugeordnet werden, da diese mehrdeutig formuliert wurden, wie z.B. „Industriebewusstsein und Ingenieurausbildung promoten“. Diese Maßnahme wird bspw. sowohl dem Maßnahmenbündel „Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen“ als auch dem Maßnahmenbündel „Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung“ zugeordnet. Abbildung 34 gibt einen graphischen Überblick über die erforderlichen Maßnahmenbündel. Den Maßnahmenbündel „direkte Forschungsförderung“ und „Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen“ können die meisten der genannten FTI-Maßnahmenvorschläge zugeordnet werden, gefolgt von „Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung“. Die Forderungen nach „internationaler Vernetzung und EU“ steht an vierter Stelle, gefolgt von den Bündeln „nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität“ und „Forschungsinfrastruktur“. Im Bereich „Regulative, Standardisierung und Fördermanagement“ wurden vergleichsweise die wenigsten FTI-Aktivitäten genannt.

Abbildung 34: Überblick über die Maßnahmenbündel für die FTI Politik



Diese sieben Maßnahmenbündel, ausgerichtet auf die FTI Politik, stellen sich im Detail folgendermaßen dar:

Maßnahmenbündel 1: Regulative, Standardisierung und Fördermanagement

Zu diesem Maßnahmenbündel wurden zugeordnet (1) „einfacherer Zugang zu Förderung allgemein“, weiters (2) „bessere Rahmenbedingungen für energieintensive Industrie“ sowie (3) „industrie-, innovations-, investitionsfreundliche Politik und Governance (konkrete sichtbare Maßnahmen)“, sowie (4) „LifeCycle Betrachtung aller neuen Produkte“ und (5) „Durchsetzung weltweiter Umweltstandards“.

Maßnahmenbündel 2: Forschungsinfrastruktur

Unter Forschungsinfrastruktur verstehen die Stakeholder im Projekt (Workshopteilnehmer und Soundingboardmitglieder) (1) den Aufbau neuer (für Keramik, Vorbild K2 mit nachhaltiger Finanzierung für den Sonderforschungsbereich) und (2) den Ausbau bestehender Kompetenzzentren wie das PCCL zu einem „Global Research Centre“. Als Begründung wird angegeben, dass in der Entwicklung neuer Materialien weltweit sehr viel geschieht und die Akteure in einem großen internationalen Wettbewerb stehen. Weiters zählen zur Forschungsinfrastruktur (3) auch die Finanzierungen von Pilotanlagen für energieautonome Produktion, (4) der Aufbau eines Instituts für Stahlverfahrenstechnik und Stahl Werkstoffdesign NEU. Darüber hinaus soll (5) die „Fügetechnik in Graz“ gestärkt werden.

Maßnahmenbündel 3: Direkte Forschungsförderung

Gewünschte Maßnahmen bzgl. direkter Forschungsförderung sind (1) „einfacherer Zugang zu Förderungen“, (2) „zielgerichtete Forschungsförderung in den NE-Metallen“, (3) Förderung der Grundlagenforschung mit drei Nennungen sowie (4) Anwendungsforschung. So wurde der Bedarf nach Erhöhung von Forschungsgeldern für die Fügetechnik auf der TU in Graz, nach Förder- und Entwicklungsprogrammen für Informationstechnologien in der Produktion³⁶, sowie nach einem Förderprogramm für „Smart Polymers“ und einer 3D-Printing Initiative für keramische Werkstoffe genannt. Weiters soll die Erforschung der Grundlagen für Werkstoffe und Materialien mit langfristigen Förderungen gestärkt und mehr Geld für die einschlägigen Universitäten verfügbar gemacht werden. Konkret solle die FWF Budgets für Werkstoffe, Metallurgie und generell für den Ausbau der Ingenieurwissenschaften erhöhen. Die Stahlforschung könnte durch Erhöhung der Forschungsquote sowie durch die Errichtung einer Stiftungsprofessur für Stahlforschung gestärkt werden. Die Ergebnisse der Arbeit im Soundingboard unterstreichen diese in den Workshops erarbeiteten Maßnahmen. Unabhängig von den Szenarienworkshops wurde in den Soundingboardmeetings explizit darauf hingewiesen, dass Werkstoffforschung in Österreich eine wichtige Grundlage für die Zukunft der Industrie ist. In der Entwicklung neuer Materialien und Werkstoffe geschieht weltweit sehr viel. Daher stehen auch die österreichischen Akteure unter einem großen Wettbewerbsdruck.

Maßnahmenbündel 4: Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen

³⁶ worauf die Produktion der Zukunft bereits abzielt

Das Maßnahmenbündel hinsichtlich Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen beinhaltet FTI-Aktivitäten wie den allgemeinen Ausbau der Ausbildung für Ingenieurwissenschaften und mehr Studien in MINT³⁷ Wissenschaften. Letzteres wurde in mehreren Szenarien genannt. Aktivitäten sollen bereits im Kindergarten beginnen und in Lernkonzepten für „Life-Long-Learning“ enden. Fachspezifisch wurden genannt: (1) Umwelt- und Energietechnik, (2) Stahlverfahrenstechnik, (3) Stahl-Werkstoffdesign, (4) Aufbau einer Lehrkanzel für Cyper Physical Systems (CPS) in Leoben nach dem Vorbild von und in Kooperation mit der RWTH Aachen, (5) die Errichtung einer Stiftungsprofessur für Stahlforschung, (6) der Aufbau eines Institutes für Stahlverfahrenstechnik und „Stahl-Werkstoffdesign NEU“. Weiters soll (7) die Absolventenzahl in den Ingenieurwissenschaften bis 2025 um 5% steigen. Es braucht eine größere Mobilität der Studenten, Forscher und Ingenieure, aber auch ein attraktives Gehaltsschema für Jungforscher. (8) Expertise in den Bereichen Innovations- und Wissensmanagement sowie Simulation soll systematisch aufgebaut werden, was besonders für die Kunststoffbereiche wesentlich ist. (9) Bedarf wird für den Aufbau eines Ausbildungsschwerpunkts „Keramik Intermetallics“ sowie für ein kompaktes Ausbildungsprogramm für Keramik inklusiver Masterabschluss gesehen. Beide Ausbildungsschwerpunkte sind in Österreich bis dato nicht existent. (10) Auch im 3D-Printing wird zusätzlicher Ausbildungsbedarf gesehen.

Maßnahmenbündel 5: Internationale Vernetzung und Mitgestaltung auf EU Ebene

Im Maßnahmenbündel „internationale Vernetzung und Mitgestaltung auf EU Ebene“ sind folgende Aktivitäten zusammengefasst: (1) Zugang zu Förderungen auf EU Ebene, (2) aktive Beteiligung in EU Gremien auf dem Gebiet der Werkstoffe, aber auch (3) die bessere Vernetzung der europäischen Keramikforschung. Ganz allgemein soll sich die Keramikforschung verstärkt international ausrichten und eine Plattform zur Bündelung und Entwicklung von Themen schaffen. Weiters finden sich darunter (4) die Forderung nach dem Ausbau des PCCL zu einem „Global Research Centre“, die (5) Intensivierung der Kooperation der Montanuniversität Leoben mit der RWTH Aachen auf dem Gebiet der CPS (Cyber Physical System), (6) die Erarbeitung von Kooperationsverträgen mit den zehn besten Universitäten und Forschungseinrichtungen der Welt (z.B. MIT), sowie (7) der Aufbau eines herausragenden, weltweit attraktiven Kunststoffstudiums im Verbund der Universitäten in Leoben, Linz, und Wien. Auch hier ist wieder der Ausbau der internationalen Mobilität von Studenten, Forschern und Ingenieuren zu nennen. (8) Die Sicherung von Rohstoffquellen durch eine aktive Rohstoffpolitik stellt eine weitere, sehr wichtige Aktivität für den Werkstoffstandort Europa und Österreich dar. Allgemein werden bessere Rahmenbedingungen für die energieintensive Industrie als unbedingt erforderlich erachtet.

Maßnahmenbündel 6: Nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität

Unter diesem Maßnahmenbündel subsumieren Aktivitäten wie der Aufbau (1) von interdisziplinären Plattformen, (2) von interdisziplinären Expertenpools aus Materialexperten, Batteriebauern und Autobauern, (3) von CPS (Cyber Physical System) Synergien zwischen Stahl mit Biologie und Informatik. (4) Wissens- und Technologietransfer soll in kürzeren Zeiträumen stattfinden, (5) das Lobbying durch Techniker soll ausgebaut werden. (6) Im Bereich Kunststoffe soll die Zusammenarbeit von Industrie und Universitäten sowie

37 MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik.

Universitäten untereinander forciert sowie die Vernetzung mit anderen Ausbildungsprogrammen wie IKT ausgebaut werden, um darauf auch eine global vernetzte Ausbildung für Kunststoff aufzubauen. (7) Für den Bereich der keramischen Werkstoffe wird eine Koordination- und Kooperationsplattform zur Entwicklung und Bündelung von Themen und Begleitthemen vorgeschlagen.

Maßnahmenbündel 7: Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung

Die Werkstoffindustrie mit allen vier hier behandelten Werkstoffgruppen benötigt auf allen Ebenen mehr Attraktivität und Bewusstsein in der Bevölkerung sowie in der Politik. So denken Workshopteilnehmer (1) über ein TV-Studio nach, welches Marketing für Werkstoffforschung, Werkstoffproduktion betreibt und auch das Bewusstsein für Werkstoffe in allen unseren Lebensbereichen schafft. (2) Die Attraktivität einer Ausbildung im Bereich Werkstoffe müsste in allen Schulen und allen Bevölkerungsschichten propagiert werden. (3) Darüber hinaus braucht Österreich und Europa Bewusstsein, Freude und Begeisterung für die Industrie und insbesondere für die Werkstoffindustrie. In den Bereichen keramische und intermetallische Werkstoffe sei noch viel Öffentlichkeitsarbeit erforderlich. Dieses Maßnahmenbündel umfasst weiters die Forderungen nach (4) kürzerem und effizienterem Technologietransfer, nach (5) Unterstützung bei Unternehmensgründungen, nach (6) mehr Unternehmertum, sowie nach (7) Kommerzialisierung von Produkten, insbesondere was die neuesten Entwicklungen im Kunststoffbereich angeht. Die Überbrückung des „Valley of Death“, der Kluft zwischen Forschungsförderung und Markteinstieg, ist vor allem in Kunststoffbereich zentral. (8) Weiters wird für den Kunststoffbereich ein „Venture Capital Fund Polymere“ mit einer Dotierung von 100 Mio. EURO sofort und 1.000 Mio. EURO in 10 Jahren vorgeschlagen.

6.2 Maßnahmenvorschläge für zeitnahe / kurzfristige Forschungsthemen

Der Foresight Prozess wurde so gestaltet, dass je Szenario zuerst Forschungsthemen (siehe Kapitel 5.1 Forschungsthemen für 2030) und auch Produktideen (siehe dazu Kapitel 5.2 Produktideen für 2030) für eine längere Zukunft erarbeitet wurden. Wie kommt man zu diesen längerfristigen Forschungsthemen und Produktideen? Dazu sind bereits heute Maßnahmen auch bzgl. Forschung notwendig. Welche Maßnahmenvorschläge / Forschungsthemen das sind, wurde ebenfalls je Szenario erarbeitet und hier zusammengefasst.

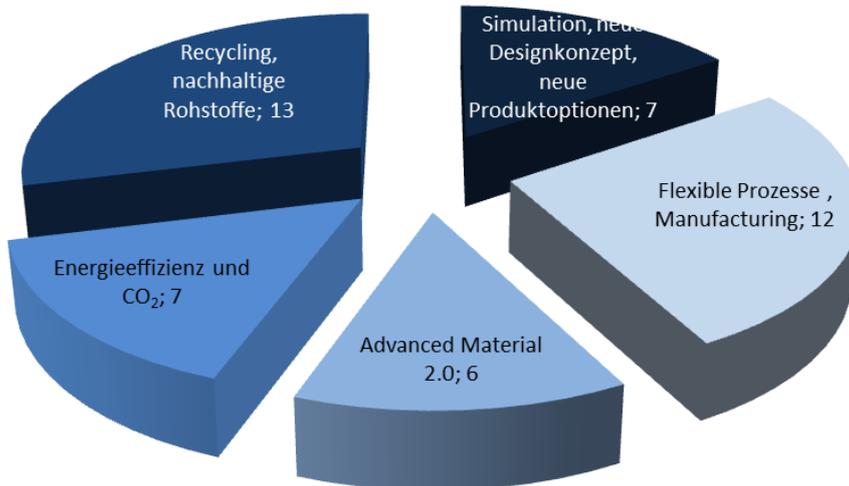
Aus den genannten Maßnahmen und den Diskussionen können Forschungsthemen abgeleitet werden, die laut Workshopteilnehmer in unmittelbarer Zukunft, also kurzfristig umzusetzen bzw. zu bearbeiten sind. Diese als unmittelbar erforderlichen 45 verschiedenen Forschungsthemen lassen sich in folgende fünf Themenbereiche bündeln (siehe auch **Abbildung 35: Überblick von Forschungsthemen**):

- a) Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktoptionen
- b) Flexible Prozesse, Manufacturing
- c) Advanced Material 2.0³⁸

38 wie unter 5.1.5 Haus der Forschungsthemen, Seite 5-70 beschrieben, verstehen wir unter „Advanced Material 2.0“ Eigenschaftsänderungen und neue Anwendungsfelder, welche disruptive Innovationen hervorbringen können. Der Begriff bringt zum Ausdruck, dass Funktionalitäten und Eigenschaften

- d) Energieeffizienz und CO₂
- e) Recycling, nachhaltige Rohstoffe

Abbildung 35: Überblick von Forschungsthemen, die kurzfristig zu adressieren sind, nach Themenbereichen



Im Vergleich mit den Forschungsthemen, die im Kapitel 5.1 „Forschungsthemen für 2030“ genannt wurden, zeigt sich, dass die Themen Recycling, nachhaltige Werkstoffe, Energieeffizienz und CO₂ freie Prozesse 2015 eine zeitlich höhere Priorität haben. Das Themengebiet der „Advanced Materials 2.0“ nimmt aber bereits 2015 eine hohe Wichtigkeit ein.

Kurzfristiges Forschungsthema a): Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktoptionen

Hier geht es um numerische mathematische Modellierung und virtuelle Simulation. Das thematische Maßnahmenbündel „Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktoptionen“ fasst folgende Aspekte zusammen: Simulationsexpertise aufzubauen auch in die Richtung, dass Simulation Werkstoffprüfung ersetzen kann; verbesserte Simulation für Prozesse und Werkstoffe schafft ein besseres Verständnis der Technologieentwicklung; Loslösen vom Produktdenken alleine und Erarbeitung von Fertigungs- und materialbezogenen Prozessen speziell im Kunststoffbereich sowie Integration von Werkstoff-Produkt-Prozessdesign im Stahlbereich; LifeCycle Betrachtung aller neuen Produkte; Suche nach neuen Keramikprodukten.

Kurzfristiges Forschungsthema b): Flexible Prozesse, Manufacturing

von Werkstoffen erreicht werden, die als Novität über den heutigen Stand hinausgehen und in größerem Maße kommerziell und technisch verfügbar sind.

In diesem thematischen Maßnahmenbündel subsumieren Themen, die flexible Prozesse, Manufacturing und Verfahrensentwicklung experimentell ausrichten. Es geht dabei um physische Verfahrensentwicklung mit Hardware, Maschinen und Technologien. Konkret nennen die Workshopteilnehmer hier Innovationen für die Produktion von Kunststoffen allgemein, die Entwicklung neuer Prozesse für „Smart Polymers 4.0“, Erhöhung der Prozess- und Energieeffizienz für die Herstellung und Bearbeitung von NE-Metallen und Stählen, die Entwicklung von Prozessen für „Near net shape Prozesse“, „additive manufacturing“ sowie Fertigungstechnik für Hybridbauteile im NE-Metallbereich. Im Stahlbereich ist auch eine Werkstoff-Produkt-Prozessdesign Integration erforderlich. Die keramische Werkstoffgruppe soll sich mit der Automation geringerer Stückzahlen und der Wertschöpfungskette Bauteil-Komponente-Produkt sowie mit der Erhöhung der Fertigungstiefe inkl. Dienstleistung beschäftigen. Weiters sollen CPS (Cyber Physical System) Synergien von Stahl mit Biologie und Informatik geschaffen werden.

Kurzfristiges Forschungsthema c): Advanced Material 2.0

Dieses thematische Maßnahmenbündel beinhaltet Prozesse und Herstellungsverfahren für „Smart Polymers 4.0“, sowie neue, (funktionale) Materialien auf dem Gebiet der Kunststoffe generell. Im NE-Metallbereich sind neue Werkstoffe für die Energieherstellung, die Energiespeicherung und den Energietransport erforderlich. Die Entwicklung neuer Hybrid- und Verbundwerkstoffe im NE-Metallbereich ist notwendig, sowie die Werkstoffentwicklung für Funktions- und Strukturmaterialien bis hin zur Marktreife. Im Bereich Stahl wird zudem die Entwicklung von multifunktionalen Produkten genannt.

Kurzfristiges Forschungsthema d): Energieeffizienz und CO₂

Die in diesem thematischen Maßnahmenbündel genannten Themen adressieren die Weiterentwicklung der Energieeffizienz in allen vier Werkstoffgruppen, bspw. die Entwicklungen für CO₂ freier Produktion im Bereich Stahl (Wasserstoffmetallurgie), sowie adäquate Rahmenbedingungen für die energieintensive Industrie in Österreich und Europa.

Kurzfristiges Forschungsthema e): Recycling, nachhaltige Rohstoffe

Im Themenbereich Recycling, nachhaltige Rohstoffe wurden die meisten Themen genannt, wie auch Abbildung 35 zeigt. Dieser Bereich spielt eine wichtige Rolle in allen vier Werkstoffgruppen, jedoch insbesondere für die NE-Metalle. Europa und Österreich sind gerade auf dem Gebiet der NE-Metallerzeugung sehr stark abhängig von Rohstoffen, die durch Recycling wiedergewonnen werden. Dabei muss der gesamte Prozess betrachtet werden, angefangen von der Schaffung von geeigneten Sammelsystemen mit der Trennung für E-Schrott und Metallschrott und damit verbunden die Bewusstmachung und Schulung dafür auch beim End-Kunden. Weiters nötig sind die Kenntnisverbesserung über die Herstellungsprozesse mit Recyclingrohstoffen, u.a. auch was die Effizienz betrifft, die intensive Forschung auf dem Gebiet „High Performance von NE-Metallen mit geringem Downgrading³⁹“ sowie die Eröffnung bisher nicht beachteter Stoffströme wie bspw. Schlacken, Halden oder Autoschredder. Auf dem Gebiet Stahl braucht es Aktionen in Richtung „Zero Waste Recycling“ Technologien. Im Bereich Kunststoffe geht es um den Aufbau von Technologien aus Bioabfall, um Recycling generell

³⁹ Downgrading beschreibt die Wertminderung des Rohstoffs durch Recyclingprozesse.

sowie um Energieeffizienz. Im Bereich der keramischen Werkstoffe wurde das 100% Recycling als prioritär genannt.

6.3 Kurzfristige Maßnahmenvorschläge gegliedert nach Werkstoffgruppe

Folgend werden die vorgeschlagenen Maßnahmen bzw. FTI-Aktivitäten je Werkstoffgruppe im Überblick aufgelistet. Mehrfachnennungen sind möglich. So wurde z.B. CPS (Cyber Physical Systems) einmal dem Bündel „Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktionen“ zugeordnet sowie dem Maßnahmenbündel „nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität“. Darüber hinaus wurde CPS (Cyber Physical Systems) drei Mal genannt wird, weil es in drei Szenarien vorkommt. Es wird versucht, die Aktivitäten in thematische Untergruppen zu bündeln, so wie im vorgehenden Kapitel die sieben Maßnahmenvorschlägebündel für die FTI-Politik und die fünf Maßnahmenvorschlägebündel für kurzfristige Forschungsthemen.

6.3.1 Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für Stahl und dessen Verbunde

Maßnahmenbündel (i) Forschungsinfrastruktur

- Finanzierung von Pilotanlagen für energieautonome Produktion
- Stahlverfahrenstechnik Institut mit 10% Mittelsteigerung pro Jahr
- Institut Stahlwerkstoffdesign (NEU)
- Fügetechnik Graz stärken

Maßnahmenbündel (ii) Direkte Forschungsförderung

- F&E Programme mit IT in sämtlichen Bereichen der Produktion
- Erhöhung der Forschungsquote auf 2% (auch bei den Unternehmen selbst)
- Stärkung der Grundlagenforschung
- FWF Sonderbudgets für Ingenieurwissenschaften bereitstellen
- Einrichtung von Stiftungsprofessuren für Stahlforschung
- 30% FWF Budget für Werkstoff und Metallurgie
- Kontinuierliche Steigerung der F&E Leistungen der Stahlindustrie pro Jahr
- Fügetechnik Graz stärken

Maßnahmenbündel (iii) Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen

- Industriebewusstsein schaffen und Ingenieurausbildung stärken
- Steigerung der Absolventen um 5% pro Jahr bis 2025
- Mobilität der Studenten, Forscher und Ingenieure erhöhen
- Attraktiveres Gehaltsschema für Jungforscher schaffen
- Einrichtung von Stiftungsprofessuren für Stahlforschung
- CPS (Cyber Physical Systems) Lehrkanzel Leoben

- Kooperation der Universitäten RWTH Aachen und MUL auf dem Gebiet Metallurgie, CPS (Cyber Physical Systems), Industrie 4.0
- Stahlverfahrenstechnik Institut mit 10% Mittelsteigerung pro Jahr
- Institut Stahl Werkstoffdesign (NEU)

Maßnahmenbündel (iv) internationale Vernetzung und EU

- Rohstoffquellen sichern (aktive EU Rohstoffpolitik).
- Aktive Beteiligung in EU Gremien (Plattformen zur Themenfindung für Forschungsrahmen)
- Verstärktes Lobbying auf EU Ebene
- Kooperation der Universitäten RWTH Aachen und MUL auf dem Gebiet Metallurgie, CPS (Cyber Physical Systems), Industrie 4.0
- Mobilität der Studenten, Forscher und Ingenieure erhöhen

Maßnahmenbündel (v) Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung

- Industriebewusstsein schaffen und Ingenieurausbildung stärken
- Finanzierung von Pilotanlagen für energieautonome Produktion
- CPS (Cyber Physical Systems) - Synergie mit Biologie und Informatik

Maßnahmenbündel (vi) Nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität

- CPS (Cyber Physical Systems) - Synergie mit Biologie und Informatik

Maßnahmenbündel (vii) Regulative, Standardisierung und Fördermanagement

- Durchsetzung weltweiter Umweltstandards

Kurzfristiges Forschungsthema a): Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktionen

- Integration: Werkstoff-Produkt Prozessdesign

Kurzfristiges Forschungsthema b): Energieeffizienz und CO₂

- CO₂ freie Produktion, Energie und Prozesseffizienz
- Schwerpunkte CO₂ freie Stahlproduktion - Wasserstoffmetallurgie
- Energie und Prozesseffizienz
- Finanzierung von Pilotanlagen für energieautonome Produktion

Kurzfristiges Forschungsthema c): Recycling, nachhaltige Rohstoffe

- Zero Waste Recycling Technologie erforschen und entwickeln
- Rohstoffquellen sichern

Kurzfristiges Forschungsthema d): Advanced Material 2.0

- Forschung an multifunktionalen Produkten

Kurzfristiges Forschungsthema e): Flexible Prozesse , Manufacturing

- Effiziente Prozesskette
- Werkstoff-Produkt-Prozessdesign Integration
- Energie und Prozesseffizienz

6.3.2 Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für NE-Metalle und dessen Verbunde

In den zwei entwickelten Szenarien für NE-Metalle wurden 21 kurzfristige Maßnahmenvorschläge genannt. Für das Maßnahmenbündel (i) Forschungsinfrastruktur wurden hier keine Aktionen genannt.

Maßnahmenbündel (ii) Direkte Forschungsförderung

- Zielegerichtete Forschungsförderung

Maßnahmenbündel (iii) Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen

- Ausbildungsoffensive in Richtung MINT⁴⁰ speziell in Umwelt- und Energietechnik

Maßnahmenbündel (v) Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung

- Schaffung von Sammelsystemen für NE-metallhaltige Schrotte (E-Schrott, Metallschrott) vor allem beim End User
- Werkstoffentwicklung für Funktions- und Strukturmaterialien bis zur Marktreife (auch mittels Experimenten)

Maßnahmenbündel (vi) Nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität

- Bildung eines interdisziplinären Expertenpools (z.B. Batteriebauer, Materialexperten, Autobauer)

Maßnahmenbündel (vii) Regulative, Standardisierung und Fördermanagement

- Lifecycle Betrachtung aller neuen Produkte

Kurzfristiges Forschungsthema a): Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktoptionen

- Lifecycle Betrachtung aller neuen Produkte
- Verbesserte Simulation für Prozess und Werkstoffe für besseres Verständnis der Vorgänge-Technologieentwicklung

Kurzfristiges Forschungsthema b): Energieeffizienz und CO₂

- Ausbildungsoffensive in Richtung MINT⁴¹ speziell in Umwelt- und Energietechnik
- Steigerung der Effizienz (Rohstoffe, Energie, Hilfsstoffe und Reststoffe bzw. Nebenprodukte)

Kurzfristiges Forschungsthema c): Recycling, nachhaltige Rohstoffe

- Ausbildungsoffensive in Richtung MINT⁴² speziell in Umwelt- und Energietechnik
- Recyclingprozesse
- NE-Metall-Herstellungsprozesse „Öko“ entwickeln
- NE-Metall Werkstoffeigenschaftsverbesserung (Recycling)

40 MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik

41 MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik

42 MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik

- Intensive Forschung am Gebiet des Recyclings von NE-Metallen (High Performance NE Materials) mit extrem geringem Downgrading⁴³
- Steigerung der Effizienz (Rohstoffe, Energie, Hilfsstoffe und Reststoffe bzw. Nebenprodukte)
- Schaffung von Sammelsystemen für NE-metallhaltige Schrotte (E-Schrott, Metallschrott) vor allem beim End User
- Werkstoffgewinnung aus bisher nicht beachteten Stoffströmen (bspw. Schlacken, Halden, Autoschredderfraktionen)

Kurzfristiges Forschungsthema d): Advanced Material 2.0

- Werkstoffe für Energieherstellung und Energiespeicherung, sowie Energietransport
- Hybrid- und Verbundwerkstoffe Herstellungsprozesse
- Werkstoffentwicklung für Funktions- und Strukturmaterialien bis zur Marktreife (auch mittels Experimenten)

Kurzfristiges Forschungsthema e): Flexible Prozesse , Manufacturing

- Hybridbauteile (manufacturing technology)
- Erhöhung der Prozesseffizienz bei der Bearbeitung und Herstellung von NE-Metallen
- Near net shape Prozesse
- Additive manufacturing
- Hybridbauteile (manufacturing technology)
- NE-Metallbearbeitung

6.3.3 Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für Kunststoffe und dessen Verbunde

Aus der Entwicklung der drei Szenarien wurden Vorschläge für 20 kurzfristige Maßnahmen genannt, die hier mehrfach zugeordnet werden konnten:

Maßnahmenbündel (i) Forschungsinfrastruktur

- PCCL wird zu einem „Global Research Centre“ ausgebaut

Maßnahmenbündel (ii) Direkte Forschungsförderung

- Förderprogramm „Smart Polymer 4.0“: Processes, Machines, Products, Services; 10 Mio. EURO pro Jahr bis 2030, steigend mit 3% pro Jahr
- Deutliche Steigerung der Forschungsförderung, mehr Geld für Grundlagenforschung, langfristige Förderung (10 Jahres Perspektive), weniger Bürokratie, zielgerichteter
- Förderungen für Energieeffizienz, Rohstoffeffizienz, Recycling
- Ausbau Forschung und Innovation bei Material, Produktion, Ausbildung
- Forschungsgelder für die Forschung, also mit weniger Bürokratie und zielgerichteter

⁴³ Siehe Fußnote 39

Maßnahmenbündel (iii) Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen

- Auftreten als Anbieter eines globalen Kunststoffstudium
- Ausbau Forschung und Innovation bei Material, Produktion, Ausbildung
- Mehr Studien in Technik und Naturwissenschaften, die Arbeit dafür beginnt im Kindergarten (MINT Fächer stärken in der schulischen Ausbildung)
- Lernkonzepte für Life-Long-Learning, Innovations- und Wissensmanagement
- Vernetzung mit anderen Ausbildungsprogrammen wie Elektronik, Automatisierung und IKT
- Simulationsexpertise aufbauen: Simulation ersetzt Prüfung, Gedankliches Loslösen von Produkten, hin zum Fertigungs- und materialbezogenen Prozess

Maßnahmenbündel (iv) internationale Vernetzung und EU

- PCCL wird zu einem „Global Research Centre“ ausgebaut
- Auftreten als Anbieter eines globalen Kunststoffstudium
- Vernetzen mit 10 führenden Universitäten der Welt

Maßnahmenbündel (v) Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung

- Verbesserte und Intensivierte positive PR für Kunststoffe
- Langfristiges und nachhaltiges Marketing für das Thema „Kunststoffe“ breit, in allen Medien, für alle Bevölkerungsgruppen
- Techniker Lobbying in der Politik
- Wissenstransfer, Technologietransfer in kürzesten Zeiten
- Venture Capital Fund Polymere: 100 Mio. EURO sofort, 1.000 Mio. EURO in 10 Jahren

Maßnahmenbündel (vi) Nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität

- Auftreten als Anbieter eines globalen Kunststoffstudiums
- Ausbau Forschung und Innovation bei Material, Produktion, Ausbildung
- Mehr Studien in Technik und Naturwissenschaften, die Arbeit dafür beginnt im Kindergarten (MINT Fächer stärken in der schulischen Ausbildung)
- Techniker Lobbying in der Politik
- Bessere Zusammenarbeit der Industrie – Universität und Universitäten untereinander
- Steigerung des Wissenstransfer, Technologietransfer in kürzesten Zeiten

Für das Maßnahmenbündel (vii) Regulative, Standardisierung und Fördermanagement wurden keine Aktionen genannt.

Kurzfristiges Forschungsthema a): Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktoptionen

- Simulationsexpertise aufbauen: Simulation ersetzt Prüfung, Gedankliches Loslösen von Produkten, hin zum Fertigungs- und material bezogenen Prozess
- Konzepte für Fertigungs- und Materialbezogene Prozesse entwickeln, loslösen von Produkten

Kurzfristiges Forschungsthema b): Energieeffizienz und CO₂

- Energieeffizienz

Kurzfristiges Forschungsthema c): Recycling, nachhaltige Rohstoffe

- Rohstoffeffizienz

- Einsatz von Recyclingmaterials
- Aufbau von Technologie: Kunststoff aus Bioabfall

Kurzfristiges Forschungsthema d): Advanced Material 2.0

- „Smart Polymer 4.0“: Processes, Machines, Products, Services
- Innovation bei Material und Produktion

Kurzfristiges Forschungsthema e): Flexible Prozesse , Manufacturing

- „Smart Polymer 4.0“: Processes, Machines, Products, Services
- Innovation bei Material und Produktion

6.3.4 Maßnahmenvorschläge und kurzfristige Forschungsthemen für Keramik und intermetallische Werkstoffe

Im Workshop für Keramik und intermetallische Werkstoffe konnten zwei Szenarien erarbeitet werden. Daraus gingen 22 kurzfristige Maßnahmenvorschläge hervor, wobei diese hier mehrfach zugeordnet sind:

Maßnahmenbündel (i) Forschungsinfrastruktur

- Schaffung eines Kompetenzzentrum nach dem Vorbild der K2 Zentren
- Nachhaltige zusätzliche Initiativen zur Finanzierung der Forschungsthemen (Ausmaß K2-Zentren, Sonderforschungsbereich)

Maßnahmenbündel (ii) Direkte Forschungsförderung

- 3D-Printing Initiative
- Grundlagen- und Anwendungsforschung fördern
- Einfacherer Zugang zur Förderung
- nachhaltige zusätzliche Initiativen zur Finanzierung der Forschungsthemen (Ausmaß K2-Zentren, Sonderforschungsbereich)
- „Valley of Death“ Überbrückung, d.h. Schließen der Gaps zwischen Forschungsförderung und Markteinstieg

Maßnahmenbündel (iii) Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen

- 3D-Printing Initiative auch in der Ausbildung und Qualifikation
- Ausbildungsschwerpunkt Keramik Intermetallics
- Kompaktes Ausbildungsprogramm für Keramik idealerweise mit Masterabschluss konzipieren und anbieten

Maßnahmenbündel (iv) internationale Vernetzung und EU

- 3D-Printing Initiative
- Bessere Vernetzung europäischer „Keramik“ - Forschung
- Plattform zur Bündelung und Entwicklung von Themen und Begleitthemen (Ausbildung, Mobilität, Experten)
- Internationale Ausrichtung

Maßnahmenbündel (v) Bewusstsein schaffen / Marketing / Kommerzialisierung

- Bewusstseinsbildung „Keramik“ in der breiten medialen Öffentlichkeit
- Suche nach neuen Keramikprodukten

- Industrie-, innovations- und investitionsfreundliche Politik und Governance (konkrete sichtbare Maßnahmen)
- „Valley of Death“ Überbrückung, d.h. Schließen der Gaps zwischen Forschungsförderung und Markteinstieg
- Kommerzialisierung, d.h. Produkte auf den Markt bringen
- Unterstützung bei Unternehmensgründungen
- Förderung von Unternehmertum

Maßnahmenbündel (vi) Nationale Vernetzung / Inter- und Transdisziplinarität

- Schaffung einer Plattform zur Bündelung und Entwicklung von Themen und Begleitthemen (Ausbildung, Mobilität, Experten)

Maßnahmenbündel (vii) Regulative, Standardisierung und Fördermanagement

- Einfacherer Zugang zur Förderung
- Bessere Rahmenbedingungen für energieintensive Industrie
- Industrie-, innovations-, investitionsfreundliche Politik und Governance (konkrete sichtbare Maßnahmen)

Kurzfristiges Forschungsthema a): Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktionen

- Suche nach neuen Keramikprodukten

Kurzfristiges Forschungsthema b): Energieeffizienz und CO₂

- Bessere Rahmenbedingungen für energieintensive Industrie

Kurzfristiges Forschungsthema c): Recycling, nachhaltige Rohstoffe

- 100% Recycling für Keramik

Für das kurzfristige Forschungsthema d): Advanced Material 2.0 wurden keine Aktivitäten genannt.

Kurzfristiges Forschungsthema e): Flexible Prozesse , Manufacturing

- Automation geringerer Stückzahlen
- Kette Bauteil – Komponente – Produkte: Erhöhung der Fertigungstiefe und Dienstleistung

6.4 Schlussfolgerungen zu den genannten Maßnahmen

Zieht man sämtliche FTI Maßnahmenvorschläge in Betracht, so wurden die meisten Maßnahmen für die „direkte Forschungsförderung“ (19) und für „Ausbildung / Qualifikation / Humanressourcen“ (auch 19) genannt. Für die Schaffung von „Bewusstsein, Marketing, Kommerzialisierung“ gibt es 18 Maßnahmenvorschläge. Werkstoffe umgeben uns immer und überall, aber sie werden erst auf den zweiten Blick explizit sichtbar und spürbar. Das tatsächliche Produkt, wie z. B. das Auto oder das Smartphone, wird einem bewusst, nicht aber das Material, das man spürt oder sieht. Das Schaffen von Bewusstsein für Werkstoffe und Marketing dafür durchzieht alle vier Werkstoffgruppen. Darüber hinaus umfasst dieses Bewusstmachen auch die Ausbildung für Berufe im Werkstoffbereich. Junge Menschen sind nicht ausreichend informiert, welche interessanten Berufe im Werkstoffbereich zu erlernen sind. Für das Maßnahmenbündel „internationale Vernetzung und EU“ wurden

insgesamt 12 Maßnahmen genannt, was sehr wichtig für Stahl, Keramik und Kunststoffe ist. Dem folgt das Maßnahmenbündel „nationale Vernetzung“ mit acht Zuordnungen, in dem Kunststoffe mit den meisten Zuordnungen vertreten sind. Die anderen drei Werkstoffbereiche haben je eine Zuordnung. Dem Maßnahmenbündel „Regulative, Standardisierung und Fördermanagement“ konnten insgesamt fünf Maßnahmen zugeordnet werden, wobei drei aus dem Bereich Keramik, eine aus dem Bereich NE-Metalle und eine aus dem Bereich Stahl kommen.

Für „Recycling und nachhaltige Rohstoffe“ wurden 13 Aktivitäten (kurzfristige Forschungsthemen) genannt, die meisten im Bereich NE-Metalle, weil diese größtenteils von Recyclingprozessen abhängen. Dem kurzfristigen Forschungsthema „Flexible Prozesse, Manufacturing“ konnten 12 Aktivitäten zugeordnet werden, die sich auf alle Werkstoffgruppe aufteilen. Das Thema „Simulation, neue Designkonzepte, neue Produktoptionen“ setzt sich aus sieben Zuordnungen zusammen und verteilt sich auch auf alle Werkstoffgruppen, wie auch das Thema „Energieeffizienz und CO₂“ (sieben Zuordnungen aufgeteilt in allen vier Werkstoffgruppen). Das Thema „Advanced Material 2.0“ hat sechs Zuordnungen, mit dem Schwerpunkt in NE-Metalle und Kunststoff und einer Zuordnung von Stahl.

Die folgenden spezifischen Themen wurden in der Zukunftskonferenz und im Zukunftworkshop im Mai 2014 in Leoben umfassender ausgearbeitet. Das führte dann zu weiterführenden Vorträgen und zu einer Forscherdiskussion beim Forschermeeting in Alpbach am 20. August 2014:

- Nachhaltige Werkstoffe und Recycling & effiziente Fertigungsprozesse
- Wasserstoffmetallurgie
- Advanced Materials - schadenstoleranten Polymere und Hybride

Die hier vorliegende Foresight Studie hat das Thema sehr weit aufgespannt. Das liegt im Wesen einer Foresight und ist dafür notwendig. Foresight Prozesse unterstützen besonders die Zukunft und Bewusstmachung eines Themas (hier Werkstoffindustrie und Werkstoffforschung in Österreich) in einer breiteren Community und initiieren Prozesse für nächste Schritte, Roadmaps oder Implementierungen von Konsensergebnissen. Wie schon in der Beauftragung⁴⁴ dieser Studie erwähnt, war der Personaleinsatz sehr knapp bemessen, um ausreichend in die Tiefe gehen zu können. Diese Studie steht hoffentlich am Beginn einer weiteren, die sich mit der konkreten Umsetzung einiger wichtigen Ideen für die österreichische Werkstoffindustrie und Werkstoffforschung auch in Bezug auf Standort- und Forschungssicherung beschäftigen wird.

⁴⁴ Zitat aus dem Auftrag: „Der geplante Personaleinsatz erscheint angesichts der umfangreichen und komplexen Aufgabenstellung knapp bemessen, auf die notwendige und alle Werkstoffgruppen beinhaltende Tiefe der Analyse und Prognose ist zu achten.“

„

7 Referenzen

Bea, F. X.; Haas, J. (2001)

Strategisches Management, 3. Auflage, Stuttgart: Lucius & Lucius.

Bund, K. (2014)

Glück schlägt Geld. Generation Y: Was wir wirklich wollen. Murmann Verlag, Hamburg 2014, ISBN 978-3-86774-339-6.

Coates, F.J. (2000)

Scenario Planning. In: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 65, Nr. 1, S. 115-123.

CORDIS Datenbank (Stand 10. Nov. 2014)

„Nanowissenschaften, Nanotechnologien, Werkstoffe und neue Produktionstechnologien (NMP) - FP7 Programm.

Cuhls, K. (2012)

Zukunftsforschung und Vorausschau. In: FOCUS-Jahrbuch 2012.

Geschka, H.; Von Reibnitz, H. U. (1983)

Die Szenario-Technik - ein Instrument der Zukunftsanalyse und der strategischen Planung. In: Töpfer, A. und Afhelt, H. (Hrsg.): Praxis der strategischen Unternehmensplanung; Frankfurt/Main: Matzner; S. 125-170.

FFG (2014)

Ausschreibungsleitfaden Produktion der Zukunft.

https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/Produktion/ausschreibungsleitfaden_production_der_zukunft_2014.pdf.

Heinzlmaier, B. (2013):

Performer, Styler, Egoisten. Über eine Jugend, der die Alten die Ideale abgewöhnt haben, Berlin, 2013 (13,5 x 21,5 cm, Hardcover, 196 Seiten, ISBN 978-3-943774-43-6) – Verlag des Archivs der Jugendkulturen.

Heuser, J.; Kunze, A. (2013)

Wollen die auch arbeiten? In: Die Zeit. Online, abgerufen am 10. Dezember 2013.

Hurrelmann, K.; Albrecht, E. (2014)

Die heimlichen Revolutionäre – Wie die Generation Y unsere Welt verändert. Verlag Beltz, Weinheim 2014, ISBN 978-3-407-85976-1.

Jäger, H.; Kny, E.; Kriszt, B.; Hribernik, B. (2008)

Technologieroadmap „Hochleistungsmetalle 2020“, BMVIT.

Kaye, B.; Jordan-Evans S. (2007)

Love 'Em or Lose 'Em: Getting Good People to Stay. 4. Auflage. Berrett-Koehler Publishers, San Francisco 2007, S. 236. Interpretation des Buches.

Kerstin Bund, K. (2014)

Glück schlägt Geld. Generation Y: Was wir wirklich wollen. Murmann Verlag, Hamburg 2014, ISBN 978-3-86774-339-6.

Krystek, U.; Herzhoff, M. (2006)

Szenario-Technik und Frühaufklärung: Anwendungsstand und Integrationspotenzial. In: Zeitschrift für Controlling & Management, Vol. 50, Nr. 5, S. 305-310.

Martin, B. R. (1995)

Foresight in Science and Technology. In: Technology Analysis & Strategic Management, Nr. 2, 7. Jg. S. 139–168.

Martin, B. R. (1995)

Technology Foresight: A Review of Recent Overseas Programmes. In: Office of Science and Technology, London: HMSO.

Martin, B. R. (1993)

Research Foresight and the Exploitation of the Science Base. In: Office of Science and Technology, London: HMSO.

Miles, I.; Keenan, M. (2003)

Overview of Methods used in Foresight, in [UNIDO 2003].

Millennium Projekt

<http://www.millennium-project.org/index.html> für Grand Challenges.

PR-Online (2014)

Generation Y – Glück schlägt Geld. Abgerufen am 25. April 2014.

Rekrutierung Jobinterviews mit Y-Faktor. Bundesarbeitgeberverband Chemie (Online vom 9. Juli 2014, abgerufen am 11. Juli 2014)

Bewerber-Motto: „It's not about you, it's about me.“: In: Blätter für Vorgesetzte auf der Internetpräsenz des Bundesarbeitgeberverband Chemie; Print: BAVC - Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V., Heft 7/2014, S. 5.

Sheahan, P. (2005)

Generation Y: Thriving and Surviving With Generation Y at Work. Hardie Grant Publishing, 2005, ISBN 1-74273-139-2.

Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S. (Autoren) (2013)

Studie Fraunhofer IAO Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, ISBN: 978-3-8396-0570-7.

Van der Heijden, K. (1996)

Scenarios: The Art of Strategic Conversation, Chichester: Wiley.

Von Reibnitz, H. U. (1987)

Szenarien – Optionen für die Zukunft, Hamburg: McGraw-Hill Book Company.

Von Reibnitz, H. U. (1992)

Szenario Technik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung, Wiesbaden: Gabler Verlag.

Weise, D. M. (2011)

Rekrutierung der Net-Generation. E-Recruiting mit Hilfe von Web 2.0-Tools. Diplomica-Verlag, Hamburg 2011, ISBN 978-3-8366-9680-7.

Z_punkt Megatrends

http://www.z-punkt.de/fileadmin/be_user/D_Publikationen/D_Giveaways/Megatrends_Update_DE.pdf.

8 Workshopteilnehmer

Wir danken allen Unterstützern und Mitwirkenden an der Studie, insbesondere den Teilnehmern an den Workshops:

Christoph Sommitsch	TU Graz
Reinhard Pippan	ESI
Thomas Antretter	MUL
Johannes Schenk	MUL
Enno Arenholz	voestalpine AG
Bernhard Konrad	VA Engineering
Christian Redl	Inteco
Juliana Karall	WKO
Reinhold Schneider	FH Wels
Reinhold Ebner	MCL
Christian Zilowski	voestalpine AG
Sophie Primig	MUL
Uwe Schleinkofer	Zeratizt
Christian Mitterer	MUL
Gerhard Schindelbacher	ÖGI
Christian Chimani	AIT
Werner Fragner	AMAG
Stephan Pirker	Teibacher
Thomas Waltenberger MA	Boehlerit Ges.m.b.H & Co.KG
Philine Warnke	AIT
Olaf Roock	FACC
Ralf Schledjewski	MUL
Clemens Holzer	MUL
Peter Liepert	OFI
Harald Bleier	Kunststoffcluster
Reinhold W. Lang	JKU
Wilma Archodoulaki	TU Wien
Norbert Gamsjäger	Aerospace & Advanced Composites GmbH
Andreas Meinecke	Borealis
Gerald Pinter	MUL
Renate Reumüller	MUL/AI
Herbert Danninger	TU Wien
Martin Stockinger	Boehler Forging, Schmiedetechnik
Tanja Lube	MUL
Helmut Clemens	MUL
Klaus Reichmann	TU Graz
Beatrix Wepner	AIT
Alexander Pogany	BMVIT