

Strategie des Campus Carbon 4.0

Übersicht

Der Campus Carbon 4.0 ist eine Initiative des Spitzenclusters MAI Carbon des Carbon Composites e. V und der Universität Augsburg, welche das Ziel hat, den Werkstoff Carbon in der Region Schwaben zu etablieren und weltweit zum Durchbruch zu verhelfen.

Das Thema Leichtbau weist in der Industrie weiterhin eine hohe Aktualität auf. Dabei sind die Kenntnisse im Bereich des Leichtbaus und hier insbesondere im Bereich der Faserverbundmaterialien ein wichtiger Know-How-Vorsprung der deutschen Industrie. Auch durch die Beschlüsse auf der UN-Klimakonferenz wird das Thema Leichtbau weiter an Bedeutung gewinnen, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen. Damit kann der Campus Carbon 4.0, wie auch MAI Carbon selber, seine Position und Stärke weiter ausbauen.

Die Strategie des Campus Carbon 4.0 ist eng mit der Strategie des Spitzenclusters MAI Carbon verzahnt und greift viele Elemente dieser Strategie auf, setzt aber auch neue Schwerpunkte. Das Ziel bleibt der industrielle Durchbruch der Carbon Composites, die Innovationsführerschaft in diesem Themenfeld, eine etablierte KMU-Zulieferindustrie, sowie eine gesellschaftliche Verankerung des Werkstoffs. Um diese Ziele zu erreichen, sind im Campus Carbon 4.0 folgende Handlungsfelder definiert:

- **Produktionssysteme:** Dieses Handlungsfeld adressiert neben der Industrialisierung und der Steigerung der Materialausnutzung auch die Themengebiete Multimaterial und Funktionalisierung.
- **Engineering:** Das Systemverständnis von Composites und geeigneten Bauweisen soll erweitert werden. Gleichzeitig sollen notwendige Konstruktions- und Simulationstools, so weiter entwickelt werden, dass eine effiziente Auslegung möglich ist.
- **Öffentliche Wahrnehmung:** Dieses Themenfeld hat zum Ziel die Carbon Composites nachhaltig in der Gesellschaft und Politik zu verankern. Dazu gehört neben der Information über auch die Begeisterung für den Werkstoff.
- **Digitalisierung:** Die Schlagworte „Internet der Dinge“ und „Industrie 4.0“ sind allgegenwärtig. Im Rahmen des Campus sollen die Prozesse und Abläufe der Carbon Composites Industrie mit der Digitalen Welt vereint und so fit für die Zukunft gemacht werden.
- **Recycling:** Neben der Etablierung optimierter Recyclingverfahren werden sich die Aktivitäten im Campus Carbon 4.0 auch zentral damit beschäftigen, neue Anwendungen für Recyclat-Materialien aufzubauen.

Mit der Strategie des Campus Carbon 4.0 ist die Basis geschaffen, um das Netzwerk langfristig zu verstetigen und zu stärken, sowie die Industrialisierung der Carbon Composites weiter voranzutreiben.

Inhalt

1. Einleitung.....	5
2. Analyse und Struktur des Umfeldes	6
2.1. Bedeutung des Leichtbaus für die Industrie.....	6
2.2. Entwicklung alternativer Werkstoffe	7
2.3. Entwicklung der Forschungslandschaft.....	8
2.4. Industrieumfeld	9
2.5. Fazit	10
3. Vision	11
3.1. Industrieller Durchbruch	11
3.2. Innovationsführerschaft.....	12
3.3. Etablierte KMU-Zulieferindustrie	12
3.4. Gesellschaftliche Sichtbarkeit	12
3.5. Ressourceneffizienz.....	13
3.6. Fazit	13
4. Strategische Handlungsfelder	14
4.1. Produktionssysteme	14
4.1.1. Industrialisierung.....	14
4.1.2. Verbindungstechnik.....	15
4.1.3. Materialausnutzung	15
4.1.4. Funktionalisierung.....	16
4.2. Engineering.....	16
4.2.1. Industriegerechte Auslegungs- und Simulationstools.....	17
4.2.2. Multi-Material Engineering	17
4.2.3. Standards und Normen	17
4.3. Öffentliche Wahrnehmung.....	18
4.3.1. Begeisterung für den Werkstoff.....	18
4.3.2. Der Campus Carbon 4.0 als Zentrum für Innovationen.....	18
4.3.3. Informationen über den Werkstoff.....	19

4.4.	Digitalisierung.....	19
4.5.	Recycling.....	19
4.5.1.	Recyclingverfahren	19
4.5.2.	Umwelteigenschaften des Werkstoffs	20
5.	Weiteres Vorgehen	21

1. Einleitung

Der Campus Carbon 4.0 baut auf die Erfolge des Spitzenclusters MAI Carbon auf. Im Rahmen des Clusters sind bedeutende technologische Fortschritte erzielt worden, welche einen Großserieneinsatz von Carbon Composites ermöglichen und gleichzeitig viele Unternehmen im Cluster zu Vorreitern im Bereich der Carbon Composites gemacht haben. Gleichzeitig ist in Augsburg parallel der bereits seit längeren, stark vertretenden Industrie auch ein Forschungsumfeld rund um das Thema Carbon Composites entstanden. Neben der Universität Augsburg und der Hochschule Augsburg gibt es mit der Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV) und dem Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (DLR-ZLP) weitere Forschungseinrichtungen, welche sich auf das Thema Carbon spezialisiert haben. So ist eine Region entstanden, welche einzigartige Voraussetzungen bietet, um zu einem weltweit bedeutenden Innovationskern für die Entwicklung von Carbon Composites zu werden.

Durch den Campus Carbon 4.0 hat der Freistaat Bayern eine Fördermaßnahme geschaffen, die es ermöglicht an die Erfolge des Spitzenclusters MAI Carbon anzuknüpfen und diese auszubauen. Dadurch wird der Forschungsstandort Augsburg weiter gestärkt und entwickelt. Gleichzeitig kann die technologische Entwicklung der Carbon-Industrie vorantrieben werden. Der Spitzencluster MAI Carbon des Carbon Composites e.V. stellt dabei weiterhin das Netzwerk, in welchem die Arbeiten koordiniert und gesteuert werden können. Die Universität Augsburg und die weiteren Forschungseinrichtungen stellen die wissenschaftliche Basis, welche durch ihre Expertise mit den Unternehmen die Weiterentwicklung der CFK-Technologie vorantreibt.

Im Rahmen des Campus Carbon 4.0 soll dabei die Material- und Prozessentwicklung mit Themen der Digitalisierung kombiniert werden. Für eine nachhaltige und industrielle Entwicklung ist diese Verknüpfung heutzutage zwingend notwendig. Grundlegendes Ziel ist weiterhin die Stärkung der Carbon Composites für einen Großserieneinsatz, d. h. die Produktionskosten zu senken und industriegerechte Prozesse zu entwickeln.

Dazu sollen die Forschungs- und Entwicklungsprojekte, wie bereits im Rahmen des Spitzenclusters MAI Carbon, erfolgreich praktiziert und entlang einer technologischen Strategie ausgerichtet werden. Die Strategie des Campus Carbon 4.0 ist dabei eng mit der Strategie des Spitzenclusters abgestimmt.

2. Analyse und Struktur des Umfeldes

2.1. Bedeutung des Leichtbaus für die Industrie

Ein zentraler Vorteil von Carbon Composites ist das hohe Leichtbaupotential im Vergleich zu den aktuell typischen metallischen Werkstoffen. Für den nachhaltigen Einsatz der Carbon Composites ist deshalb die Bedeutung des Leichtbaus ein wichtiger Indikator für die Industrie. Der Leichtbau kann dabei verschiedenen Zielen dienen. Die Gewichtsreduktion kann direkt oder indirekt zur Reduktion der notwendigen Antriebsenergie und damit zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs führen. Dies spielt insbesondere im Luftfahrzeugbau und im Automobilbereich eine große Rolle. Eine geringere Masse hat jedoch auch einen hohen Einfluss auf die mögliche Dynamik und Präzision eines Systems. Dies ist speziell für den Maschinenbau von hohem Interesse, betrifft aber ebenso den Automobilbereich.

Für den Flugzeugbau war der Leichtbau schon immer von zentraler Bedeutung und wird es auch in Zukunft sein. Neben der Verbesserung der Aerodynamik ist die Gewichtsreduktion weiterhin das wichtigste Entwicklungsziel. Für den Automobilbereich hat der Leichtbau in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen und wird diese in Zukunft behalten. Dies hängt insbesondere mit den erhöhten ökologischen Anforderungen sowie der Entwicklung der Elektromobilität zusammen.

Der deutsche Maschinenbau zeichnet sich durch seine innovativen Produkte und die hohe Qualität aus. Hier bieten Verbundwerkstoffe eine weitere Möglichkeit sich von den auch internationalen Wettbewerbern abzusetzen. Deshalb stoßen die Faserverbundwerkstoffe auch hier auf großes Interesse. Diese zeigt, dass der Leichtbau in den Kernbranchen des Clusters auf zukünftig eine wichtige Rolle spielen wird.

Natürlich gibt es neben der Weiterentwicklung des Leichtbaus weitere wichtige Themen, die in der Industrie aktuell betrachtet werden und im Wettbewerb zum Leichtbau um Investitions- und Forschungsmittel stehen. Hier sind insbesondere folgende zu nennen:

- **3D-Druck:** Dieses Verfahren erweitert die Produktionsmöglichkeiten von metallischen Werkstoffen erheblich. Auch das Potential für den Leichtbau wird so vergrößert, da neue Konstruktionen möglich sind. Das generelle Leichtbaupotential des Werkstoffes wird allerdings nicht verändert. Hier bleiben die Carbon Composites überlegen. Insbesondere im Rahmen der hybriden Werkstoffkonstruktionen können 3D-Druckverfahren sogar einen wichtigen Baustein für das Zusammenspiel von Metallen und Verbundwerkstoffen liefern.
- **Integrierte Systeme:** Diese Thematik spielt für die Industrie eine wichtige Rolle und muss auch bei der Entwicklung von Faserverbundwerkstoffen aufgegriffen werden. Diese bieten aufgrund der Produktionsverfahren hervorragende Möglichkeiten zur Entwicklung von integrierten Systemen. Demzufolge steht dieser Forschungsschwerpunkt nicht im Widerspruch zur Forschung an

Faserverbundwerkstoffen, sondern ergänzt diese, sofern die Synergien auf beiden Seiten erkannt werden.

- **Autonomes Fahren:** Im Automobilbereich werden aktuell viele Ressourcen auf das Thema autonomes Fahren verschoben. Dieser Trend wird noch einige Zeit anhalten. Direkte Überschneidungen oder Synergien zum Thema Leichtbau nicht gegeben, indirekt allerdings schon. Das autonome Fahren wird den Leichtbau in der Struktur notwendig machen, da zahlreiche zusätzliche Sensoren und zum Teil Aktuatoren notwendig sind, deren Gewicht muss an anderer Stelle wieder gespart werden, um die vorgegebenen Verbrauchswerte zu erreichen.
- **Digitalisierung (Industrie 4.0):** Die Digitalisierung der Produktionsverfahren ist hingegen ein Thema, welches die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Produktionsverfahren für Faserverbundbauteile gut ergänzt. Da viele Prozesse gerade entwickelt und erforscht werden (in der Entwicklung und Erforschung sind), lässt sich das Thema Industrie 4.0 direkt integrieren. Demnach können Produktionsverfahren entstehen, die bereits an die Zukunft der Industrie angepasst sind. Dies wird von großer Bedeutung sein, da so der Produktionsprozess und die Ideen der Industrie 4.0 harmonisch aufeinander abgestimmt sind.

Insgesamt ergänzen sich derzeit die konkurrierenden Forschungs- und Entwicklungsthemen und bieten für die Entwicklung der Faserverbundwerkstoffe primär die Möglichkeit einer Symbiose. Diese Chancen müssen erkannt und genutzt werden.

Das Thema Leichtbau wird für die Industrie auch noch durch aktuelle politische Entwicklungen an Bedeutung gewinnen. Auf der UN-Klimakonferenz in Paris in 2015 haben sich die Staaten darauf geeinigt die Erderwärmung auf deutlich unter 2° C zu begrenzen. Dies hat zur Folge, dass die Treibhausgasemissionen deutlich reduziert werden müssen. Dies wird in vielen Bereichen nur durch einen Konsequenzen multimaterialien Leichtbau möglich sein.

2.2. Entwicklung alternativer Werkstoffe

Gegenwärtig werden neben den Carbon Composites insbesondere verschiedene Aluminiumlegierungen als Leichtbauwerkstoff weiterentwickelt. In der Luftfahrt wird hauptsächlich Al-Mg-Sc untersucht. Von den Aluminiumlegierungen verspricht man sich neben der Gewichtsreduktion auch kostengünstige Produktionsverfahren, da bekannte und etablierte Methoden aus der Metallverarbeitung zum Einsatz kommen bzw. nur an das neue Material angepasst werden müssen. Diese Verfahren sind schon bezüglich ihrer Produktivität weitentwickelt. Des Weiteren liegt das Grundverständnis für den Werkstoff und entsprechende Konstruktionsvorschriften vor.

Daneben werden auch hochfeste Stähle weiterentwickelt. Die Eigenschaften der Stähle wurden und werden zwar deutlich verbessert, das Leichtbaupotential wird allerdings nur bedingt beeinflusst. Die Entwicklungen von Magnesium werden ebenfalls weiter vorangetrieben. Aktuell wird jedoch kein entscheidender Durchbruch erwartet, der zu einem übermäßigen Wachstum der Marktanteile führt.

Verglichen mit den metallischen Werkstoffen, weisen Verbundwerkstoffe neben dem Leichtbaupotential insbesondere im Bereich des Ermüdungsverhaltens und des Energieaufnahmevermögens deutlich bessere Eigenschaften auf. Bei einer umfassenden Analyse von Leichtbauwerkstoffen müssen deshalb immer zahlreiche Parameter betrachtet und ihre Bedeutung für den jeweiligen Anwendungsfall gewichtet werden. Es ist aber festzuhalten, dass Carbon Composites, insbesondere im Vergleich zu den klassischen metallischen Werkstoffen wie Stahl und Aluminium, erst am Anfang der industriellen Entwicklung stehen und daher noch große Entwicklungsschritte zu erwarten sind, die vorangetrieben werden müssen.

2.3. Entwicklung der Forschungslandschaft

In den letzten Jahren gab es in Deutschland eine sehr dynamische Entwicklung der Forschungslandschaft. Die bestehenden Zentren, welche sich schwerpunktmäßig mit Carbon Composites beschäftigen, haben ihre Fähigkeiten stark weiterentwickelt. Hier sind insbesondere Aachen mit den Instituten der RWTH Aachen, die Region Chemnitz/Dresden mit dem ILK der TU Dresden, dem IST der TU Chemnitz, der Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe der TU Kaiserslautern sowie der Raum Stuttgart mit dem Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) in Denkendorf und dem IFB der Universität Stuttgart zu nennen. Neben diesen bereits seit Langem bestehenden Instituten sind in den letzten Jahren auch verschiedene neue Forschungseinrichtungen entstanden:

- **Arena 2036** : Die Arena 2036 ist ein Forschungscampus und in Stuttgart angesiedelt. Schwerpunkt ist die Entwicklung innovativer Produktionstechnologien für den Leichtbau. Die Arena vereint 15 Partner. Schlüsselrollen kommen dabei Daimler, Bosch, BASF, Siemens oder dem IFB der Universität Stuttgart zu. Die Arena 2036 wird mit bis zu zwei Mio. € jährlich über einen Zeitraum von 15 Jahren gefördert, wobei alle 5 Jahre Zwischenevaluationen stattfinden werden.
- **AZL** (Aachener Zentrum für integrativen Leichtbau): Das AZL wurde 2012 gegründet, ist in Aachen angesiedelt und ist der Verbund verschiedener Institute der RWTH Aachen und zweier Fraunhofer Institute. Schwerpunkt der Aktivitäten ist „die Überführung des Leichtbaus in die Großserie durch die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Werkstoffwissenschaften und der Produktionstechnik zur Umsetzung großserientauglicher Prozessketten“. Das AZL vereint aktuell acht Institute und hat 57 Industriepartner.
- **DLR-ZLP**: Es sind zwei Institute des DLR-ZLP entstanden. Eines in Stade mit dem Schwerpunkt auf der Verarbeitung von Prepreg-Systemen und eines in Augsburg mit dem Schwerpunkt im Bereich der Automatisierung und der Infusion- und Injektionsroute. Beide Standorte sind aufeinander abgestimmt und ergänzen sich.
- **FhG FIL** (Fraunhofer Projektgruppe Funktionsintegrierter Leichtbau): Die Projektgruppe ist in Augsburg angesiedelt und Teil des FhG ICT in Pfinztal. Der Institutsteil Funktionsintegrierter Leichtbau FIL hat das übergeordnete Ziel, anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der intelligenten Leichtbauweisen und automatisierten Fertigungsverfahren für eine kosten- und

energieeffiziente Produktion von Hochleistungsfaserverbundstrukturen für den Anlagen-, Fahrzeug- und Maschinenbau zu betreiben.

- **OHLF** (Open Hybrid Lab Factory): Die OHLF ist wie die Arena 2036 ein Forschungscampus und in Wolfsburg angesiedelt. Schwerpunkt des Forschungscampus ist die Entwicklung „großserientauglicher Fertigungs- und Produktionstechnologien für die wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Herstellung hybrider Leichtbaukomponenten aus Metallen, Kunststoffen und textilen Strukturen“. Wesentliche Partner sind VW, DowAksa, ThyssenKrupp Steel Europe sowie die TU Braunschweig.

Daneben besteht mit dem CFK Valley Stade ein weiteres etabliertes Netzwerk, welches sich mit Carbon Composites beschäftigt. Das CFK Valley Stade hat seinen Branchenschwerpunkt im Bereich Luftfahrt, daneben wird aber auch die Windenergie adressiert.

Eine Analyse der Forschungsschwerpunkte der bestehenden, aber auch der neuen Forschungszentren innerhalb Deutschlands zeigt, dass folgende Themen aktuell im Mittelpunkt stehen:

- Hybride Strukturen / Multimaterial
- Auslegung und Simulation von CFK-Bauteilen
- Prozessweiterentwicklung: Automatisierung, Prozessintegration, Kostenreduktion
- Entwicklung von CFK-Strukturen, Komponenten und Produkten
- Funktions- und Sensorintegration
- Nachhaltigkeit des Werkstoffs

Anhand der Analysen wird deutlich, dass der Campus Carbon 4.0 mit seinen Themen die Trends aufgreift und fortführt. Insbesondere mit der Integration der Digitalisierung wird der Campus Carbon 4.0 zudem eine Vorreiter Rolle übernehmen.

2.4. Industrieumfeld

Der Einsatz von Carbon Composites in der Industrie hat in den letzten Jahren ein stetiges und starkes Wachstum erlebt. Seit 2010 hat sich der Bedarf an Carbon Composites verdoppelt (s. Abbildung 1). Dieses Wachstum ist entsprechend der industriellen Entwicklung über die gesamte Welt verteilt. Auch für die Zukunft wird erwartet, dass weiterhin ein stetiges Wachstum in den verschiedenen Regionen der Welt entsprechend der industriellen Entwicklung der jeweiligen Regionen stattfinden wird.

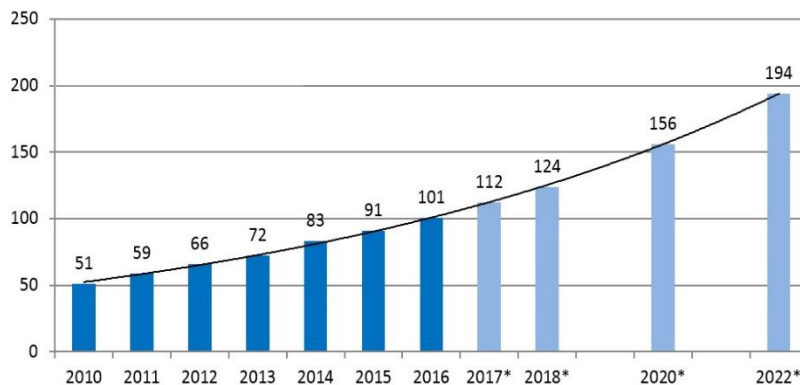


Abbildung 1: Entwicklung des globalen Bedarfs an Carbon Composites in Tausend Tonnen (Quelle: CCEV Marktbericht)

Aufgrund der starken Marktposition der etablierten Werkstoffe, wird aber kein sprunghafter Anstieg erwartet. Carbon Composites werden in vielen Firmen inzwischen bzgl. der Vor- und Nachteile deutlich realistischer eingeschätzt. Damit ist nun die Phase erreicht in der sich der Werkstoff nachhaltig etablieren muss.

2.5. Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass multimaterialer Leichtbau und damit auch der Werkstoff der kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe weiterhin ein wichtiges Thema für verschiedene Branchen der Industrie ist. Der neue Werkstoff muss sich dabei gegen gut positionierte und zum Teil seit Jahrhunderten etablierte Werkstoffe wie Stahl und Aluminium behaupten. Das stetige und deutliche Wachstum zeigt, dass dies gelingt. Hierbei ist positiv anzumerken, dass dieses Wachstum weltweit stattfindet und somit ein globaler Trend erkennbar ist.

In Bayern wurde dieser Trend aufgegriffen insbesondere in der Luftfahrt und im Automobilbereich aufgegriffen und vorangetrieben, sodass das Wachstum mit CFK-Produkten hier deutlich über dem globalen Wert liegt. Diese positive Entwicklung gilt es zu verstetigen. Die Vorhandene Forschungs- und Netzwerkstruktur bietet dafür die notwendigen Voraussetzungen.

3. Vision

Durch die Stärkung der Spitzenforschung in Schlüsselthemen zur Ressourceneffizienz entwickelt sich die Region Schwaben zu einem international sichtbaren Leuchtturm.

Um diese Vision umsetzen zu können, sollen im Rahmen des Campus Carbon folgende fünf übergeordnete Ziele adressiert werden:

- **Industrieller Durchbruch:** Der industrielle Durchbruch von Carbon erfolgt.
- **Innovationsführerschaft:** Die am Campus Carbon 4.0 teilhabenden und im Cluster partizipierenden Unternehmen besitzen die Innovationsführerschaft im Bereich Carbon.
- **Etablierte KMU-Zulieferindustrie:** Die am Campus partizipierende KMU-Zulieferindustrie ist gestärkt und etabliert.
- **Gesellschaftliche Sichtbarkeit:** Die Gesellschaft ist über die Ergebnisse und Fortschritte des Campus Carbon 4.0 informiert.
- **Ressourceneffizienz:** Die Ressourceneffizienz von Carbonfaserverstärkten Kunststoffen wurde erfolgreich weiterentwickelt.

Diese fünf übergeordneten Ziele des Campus Carbon 4.0 sollen vor allem eine nachhaltige Entwicklung der Carbon Composites Branche bewirken. Daher sind die Ziele nicht rein technologisch gewählt. Auch sind die Zielsetzungen in weiten Teilen identisch mit denen des Spitzenclusters MAI Carbon.

3.1. Industrieller Durchbruch

Der industrielle Durchbruch ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass sich Carbon Composites nachhaltig etablieren können. Folgende Punkte müssen erreicht und sollen im Rahmen des Campus Carbon 4.0 weiterentwickelt werden, sodass sich die Carbon Composites in der industriellen Anwendung durchsetzen können:

- **Produktionsverfahren:** Produktionsverfahren, welche den Einsatz von Carbon in verschiedenen Branchen ermöglichen, werden entwickelt, weiterentwickelt und etabliert. Der primäre Fokus der neuen Produktionsverfahren liegt dabei auf Stückzahlen, Bauteilgrößen und Produktionskosten.
- **Materialoptimierungen:** Maßnahmen, welche sowohl die Materialausnutzung stärken als auch die Materialkosten senken sollen werden umgesetzt.

- Systemverständnis: Für die Entwicklung von kosteneffizienten Bauteilen soll das Systemverständnis von Werkstoff und Prozessen innerhalb des gesamten Wertschöpfungsnetzes weiterentwickelt werden.

Zentrale Herausforderung für den industriellen Durchbruch von Carbon sind nach wie vor die vergleichsweise hohen Kosten. Innerhalb der Laufzeit des Spitzenclusters von MAI Carbon konnten die Produktionskosten um 80 % auf ca. 20 € pro Kilogramm (eingesetzten Bauteil) verringert werden. Im Rahmen des Campus Carbon 4.0 soll es dabei das Ziel sein, die Produktionskosten weiter zu senken und die Schwelle von 10 € pro Kilogramm eingesetzten Bauteil zu unterschreiten.

3.2. Innovationsführerschaft

Durch den Campus Carbon 4.0 sollen für die Region, die Firmen und die Forschungseinrichtungen die Innovationsführerschaft im Bereich der Carbon Composites für Großserienanwendungen erreicht werden. Hierfür dienen die geplanten Forschungsvorhaben als ein entscheidender Enabler.

Im Gegensatz zu weltweit wettbewerbenden Regionen im Bereich CFK soll es im Rahmen des Campus Carbon 4.0 gelingen, dass die Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur industriellen Anwendung und in die breite Masse gebracht werden. Es soll nicht bei einer Innovationsführerschaft im Forschungsbereich bleiben, vielmehr wird die Innovationsführerschaft der beteiligten Unternehmen verfolgt.

Deshalb wird im Rahmen des Campus Carbon 4.0 Wert darauf gelegt, dass die durchgeführten Forschungen und Entwicklungen mit einem realistischen und absehbaren Verwertungsplan hinterlegt sind. Durch das Netzwerk von MAI Carbon wird den Partnern des Campus Carbon 4.0 zudem die Basis gegeben, die Verwertung auch mit entsprechenden Partnern umzusetzen.

3.3. Etablierte KMU-Zulieferindustrie

Die Stärke der deutschen Industrie spiegelt sich auch durch einem sehr hohen Anteil an innovativen KMU im Campus Carbon 4.0 wider. Eine Vielzahl dieser Unternehmen gehört in ihrem Anwendungsgebiet zur Weltspitze. Ziel des Campus Carbon 4.0 ist es, diese Unternehmen dabei zu unterstützen, diese Position zu halten und auszubauen. Dazu trägt natürlich das Ziel der Innovationsführerschaft bei. Es ist aber auch wichtig, dass diese Innovationsführer wahrgenommen werden und ihre Produkte vermarkten können. Hier wird wieder insbesondere der Spitzencluster MAI Carbon wirken können und als Plattform dienen, um Firmen und Produkte weltweiten Interessenten sichtbarer zu machen.

3.4. Gesellschaftliche Sichtbarkeit

Der Campus Carbon 4.0 wird nur dann nachhaltig wirken können, wenn die Ergebnisse der Aktivitäten in den Firmen verankert und von der Gesellschaft und Politik wahrgenommen werden. Aus diesem Grund soll eine öffentliche Sichtbarkeit des Campus Carbon 4.0 und dessen Ergebnisse geschaffen werden. Dadurch sollen Politik und Gesellschaft auch für die Themen des Campus Carbon 4.0 begeistert werden. Das wird für die Firmen und Organisationen wichtig sein, welche die Ergebnisse des Campus Carbon 4.0 umsetzen und verstetigen sollen.

3.5. Ressourceneffizienz

Für die erfolgreiche Verankerung von Carbon Composites in der Industrie bedarf es der gesellschaftlichen Akzeptanz des Werkstoffes. Diese gesellschaftliche Akzeptanz wird heute nur erreicht, wenn der Nachweis erbracht werden kann, dass der Werkstoff ausreichende ökologische Eigenschaften aufzeigt. Deshalb wird der Campus Carbon 4.0 neben den Themen der Prozesse und Materialien einen weiteren Schwerpunkt auf die Ressourceneffizienz legen. Die Herstellungsprozesse sollen effizient gestaltet, aber auch Recyclingverfahren entwickelt, industrialisiert und etabliert werden. So lässt sich dem Kreislaufwirtschaftsgesetz gerecht werden und gleichzeitig auch durch die Mehrfachnutzung die Nachhaltigkeit der Materialien verbessern.

3.6. Fazit

Um diese fünf übergeordneten Ziele zu erreichen, hat der Campus Carbon 4.0 strategische Handlungsfelder definiert, welche den Rahmen für die F&E-Arbeiten innerhalb des Campus Carbon 4.0 bilden. Die vielfältigen Aktivitäten werden dabei miteinander verzahnt und aufeinander abgestimmt und ordnen sich so in die Gesamtstrategie ein.

4. Strategische Handlungsfelder

Um die zuvor genannten Ziele der Vision des Campus Carbon 4.0 zu erreichen, sind insgesamt fünf Handlungsfelder definiert. Durch die Handlungsfelder werden die übergeordneten Ziele auf konkrete technische, politische oder gesellschaftliche Fragestellungen und Handlungsbereiche konzentriert. Jedem Handlungsfeld sind Themengebiete zugeordnet, die wiederum die Aktivitäten in den Handlungsfeldern strukturieren und konkretisieren. So ergeben verschiedene Fragestellungen und Themen die durch Maßnahmen abgearbeitet werden können. Dabei sind durch die vorgegebene Struktur alle entstehenden Maßnahmen so aufeinander abgestimmt, dass sie zu den Zielen der Vision beitragen. Über den Beirat des Campus Carbon 4.0 und das Clustermanagement von MAI Carbon werden zudem die einzelnen Aktivitäten zusätzlich koordiniert und aufeinander abgestimmt.

4.1. Produktionssysteme

Carbon Composites sind aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit insbesondere für Strukturanwendungen sinnvoll. Hier können sie zu einer deutlichen Gewichtsreduktion führen. Damit ist der Werkstoff in erster Linie für Leichtbauanwendungen geeignet. Es gibt aber daneben verschiedene weitere Gründe, die für einen Einsatz von CFK sprechen können. Carbon kann dabei als alleiniger Strukturwerkstoff eingesetzt werden. Es ist allerdings zwingend notwendig, dass CFK auch in Verbindung mit anderen Werkstoffen verwendet werden kann, was in naher Zukunft die Regel sein wird.

Die Fertigungsverfahren von Faserverbundwerkstoffen sowie deren anisotropen Materialeigenschaften bieten zudem weitreichende Möglichkeiten der Funktionsintegration. Dies kann zu völlig neuartigen Strukturkonstruktionen führen, die ein hohes Innovationspotential für Produkte bieten. Dieses gilt es zu erschließen und den Clusterpartnern nutzbar zu machen.

In dem Handlungsfeld Produktionssysteme werden diese Punkte adressiert. Konkret sollen folgende Aspekte behandelt werden:

4.1.1. Industrialisierung

Während der Förderung im Rahmen des Spitzenclusters war das Themengebiet der Produktionssysteme der Schwerpunkt der F&E-Aktivitäten des Netzwerkes. Hier konnten erhebliche Erfolge erzielt und die Zykluszeiten sowie die Kosten deutlich reduziert werden. Diese Thematik soll auch im Rahmen des Campus Carbon 4.0 weiter verfolgt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer weiteren Reduktion der Produktionskosten entlang der gesamten Zulieferkette.

Daneben soll ein weiterer Schwerpunkt auf das Thema Reparaturverfahren gelegt werden. Die Reparaturfähigkeit ist für industrielle Produkte gerade bei einer hohen Wertigkeit des Produktes von großer Bedeutung. Die aktuellen Reparaturverfahren sind sehr aufwendig und damit sowohl kosten- als auch zeitintensiv. Wie bei den Produktionssystemen ist es deshalb ein Ziel, die Kosten und den Zeitaufwand für Reparaturen an CFK-Bauteilen deutlich zu reduzieren.

4.1.2. Verbindungstechnik

Auch wenn Carbon Composites als alleiniger Strukturwerkstoff in Produkten eingesetzt werden können, wird dies die Ausnahme bleiben. Es wird primär zu einem Materialmix kommen, in dem jedes Material seine Stärken ausspielen kann. Dazu bedarf es allerdings noch der Klärung verschiedener Fragen, wie beispielsweise:

- Wie können verschiedene Materialien effizient miteinander verbunden werden?
- Wie ist die Langzeitbeständigkeit der Verbindungen im Hinblick auf z. B. Oxidation oder Ermüdung?
- Wie müssen bestehende Produktionsverfahren angepasst werden, damit sie bei Materialverbunden eingesetzt werden können (z. B. Wärmeentwicklung beim Schweißen, Kathodische Tauch-Lackierung, etc.)?

Diese und weitere Themen sind insbesondere vor dem Hintergrund des industriellen Einsatzes zu klären. Theoretische Ansätze und prinzipielle Verfahren gibt es bereits für die meisten Fragestellungen, allerdings fehlt häufig die industrielle Umsetzung. Dies soll in verschiedenen F&E-Projekten weiterentwickelt werden, die an die erreichten Fortschritte in den Produktionsverfahren für CFK-Bauteile anknüpfen.

4.1.3. Materialausnutzung

Insbesondere die Metalle zeigen, dass ein Werkstoff permanent weiterentwickelt werden kann. Auch wenn die Schritte kleiner werden, erfolgt eine stetige Verbesserung der Eigenschaften. Dies gilt natürlich auch für Carbon Composites, also den Fasern, der Matrices und der Verbindung beider. Der Campus Carbon 4.0 soll im Rahmen des Polymerzentrums ein Schwerpunkt auf Matrix und Faser-Matrix-Haftung gelegt werden. Dies umfasst insbesondere:

- Verbesserung der Eigenschaften der Matrices: Neben den mechanischen und thermischen Eigenschaften (Fatigue und Temperaturbeständigkeit) sollen auch die Verarbeitungseigenschaften verbessert werden. Dies gilt sowohl für duromere Harzsysteme, als auch für Thermoplaste. Aktuell haben beide Systeme ihre spezifischen Vorteile und kommen so auch zum Einsatz.
- Verbesserung der Faser-Matrix-Haftung: Das Materialversagen wird zumeist durch ein Versagen der Faser-Matrix-Haftung eingeleitet. Deshalb reicht es nicht nur die einzelnen Komponenten weiterzuentwickeln. Es ist insbesondere notwendig diese auch aufeinander abzustimmen.

In den im Rahmen des Spitzenclusters MAI Carbon initiierten Projekten konnte gezeigt werden, welche Potentiale möglich sind. Diese gilt es weiter zu entwickeln, aber die bestehenden Potentiale müssen auch aus dem Labor in Produkte transferiert werden, d. h. auch diese Entwicklungen erfolgen vor dem Hintergrund des industriellen Einsatzes.

4.1.4. Funktionalisierung

Das Potential der Funktionalisierung von Komponenten aus Carbon Composites bietet die Möglichkeit, Alleinstellungsmerkmale zu erarbeiten, die für den Einsatz von Carbon Composites sprechen. Im Rahmen des Campus Carbon 4.0 soll bei der Funktionalisierung der Schwerpunkt auf die Integration von Sensorik und Aktorik gelegt werden.

Die Integration von Sensoren kann aufgrund des Herstellungsprozesses besonders flexibel und effizient erfolgen. Vor allem gegenüber Metallen stellt dies ein erhebliches Potential der Faserverbundwerkstoffe dar. Diese Möglichkeit gewinnt vor dem Hintergrund der zunehmenden Vernetzung und fortlaufenden Analyse von Bauteilen und Komponenten an Bedeutung. Durch die zunehmende Digitalisierung (Industrie 4.0) der Produkte und Prozesse ist diese Analyse mittels integrierter Sensoren zwingend notwendig. Dies bietet insbesondere den deutschen Unternehmen auch die Möglichkeit, ihre Produkte weiter zu entwickeln und so den Innovationsvorsprung zu halten oder auszubauen. Damit wird dieses Thema in Zukunft eine sehr wichtige Rolle bei der Auslegung von Produkten spielen. Die genannten Potentiale der Faserverbundwerkstoffe müssen entwickelt und industriell etabliert werden. Innerhalb des Campus Carbon 4.0 sollen folgende Fragestellungen geklärt werden:

- Wie kann die Integration der Sensorik in die Produktionsprozesse eingebunden werden?
- Wie können Sensoren und der Steuerung für eine kostengünstige Integration weiterentwickelt werden?

Daneben ergeben sich direkt durch die Eigenschaften des Materials oder durch die Kombination verschiedener Materialien Möglichkeiten der Funktionsintegration. Diese wurden in der Vergangenheit bereits bei einigen Produkten genutzt, wie beispielsweise bei den gelenk- und lagerlosen Rotorköpfen von Hubschraubern. Es sind allerdings noch längst nicht alle Möglichkeiten zur Funktionsintegration aufgezeigt und untersucht worden. Ziel ist es daher, insbesondere in diesem Bereich die Forschung und Entwicklung weiter voranzutreiben sowie durch entsprechende Funktionsmuster sowohl das Potential des Werkstoffes aufzuzeigen als auch ins Bewusstsein der Entwickler zu bringen.

4.2. Engineering

Für die Konstruktion von CFK-Bauteilen ist es nicht ausreichend, theoretisch geeignete Auslegungs- und Simulationstools zu haben, wenn diese Tools nicht anwenderfreundlich sind. Es sollte eine weitgehend automatische Bauteilauslegung möglich sein, also unter Vorgabe der Lasten und bestimmter

Fertigungsrandbedingungen sowie geometrischen Randbedingungen müssen die Tools eine Geometrieoptimierung durchführen und die optimale Faserarchitektur bestimmen. Für den industriellen Einsatz ist dabei entscheidend, dass Simulationen mit einer akzeptablen Rechenleistung durchgeführt werden können und dennoch eine ausreichend hohe Ergebnisgüte erzielt wird.

Neben der Auslegung bedarf es zudem einer durchgehenden Simulation der gesamten Prozesskette. Dazu muss es einheitliche Datentransferformate geben. Dies wird zweifellos vorerst nicht dazu führen, dass der gesamte Prozess nicht mehr von entsprechend ausgebildeten Ingenieuren gesteuert und bestimmt wird. Aber Ziel ist es, die Prozesse so zu vereinfachen und zu harmonisieren, dass das Konstruktions- und Auslegungsverfahren effizient und erfolgreich von nach einem normalen Studium durchgeführt werden kann.

4.2.1. Industriegerechte Auslegungs- und Simulationstools

Wichtig ist eine Hardwareabsicherung der Simulation, die gewährleistet, dass nicht nur die theoretischen Ansätze stimmen, sondern auch ein Einsatz in der Praxis möglich ist. Für den praktischen Einsatz ist zudem eine Vereinfachung der Simulation notwendig. Die Simulationstools müssen so strukturiert sein, dass nach dem Studium und einer normalen Schulung eine Anwendung möglich ist. Besonders im Pre- und Postprocessing wird heute stark auf Basis von Erfahrungswerten gearbeitet. Hier braucht es einheitliche und zielführende Vorgaben auch im Hinblick auf die Vergleichbarkeit von Simulationsergebnissen. Dies bedeutet, dass auch eine ausreichende Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Geschwindigkeit vorhanden sein muss.

4.2.2. Multi-Material Engineering

Der Einsatz verschiedener Materialien in Kombination mit Faserverbundwerkstoffen in einem Bauteil muss bereits in der Konstruktion gewollt und beherrscht werden. Dies bedeutet, es müssen entsprechende Konstruktionsrichtlinien und Simulationstools zur Verfügung stehen. Die Simulationstools müssen dabei insbesondere in der Lage sein, die Materialverbände darstellen und berechnen zu können. Ziel innerhalb des Campus Carbon 4.0 ist es deshalb, die bestehenden Tools zu evaluieren und gegebenenfalls an die besonderen Anforderungen von Multimaterialverbunden anzupassen.

4.2.3. Standards und Normen

Für einen breiten Markteinsatz sind Standards und Normen unerlässlich. Durch die Definition bestimmter Standards wird der Vergleich zwischen den Marktteilnehmern einfacher. Gleichzeitig steigt für die Kunden die Sicherheit, da leichter auf alternative Produkte zurückgegriffen werden kann. Dies wird zu einer Stärkung des Wettbewerbs und damit sinkenden Preisen führen. Gleichzeitig wird das

Marktvolumen steigen, da der Einsatz durch die Standardisierung leichter fällt. Dies kommt insbesondere KMU zugute, die aufwendige Einzelqualifizierungen häufig vermeiden.

Im Rahmen des Campus Carbon 4.0 soll der Schwerpunkt bei der Standardisierung im Bereich der Polymere liegen. Das geplante Polymerzentrum bietet dafür den geeigneten Rahmen.

4.3. Öffentliche Wahrnehmung

Für die erfolgreiche Etablierung des Werkstoffs ist es zwingend notwendig, dass dieser von der Gesellschaft akzeptiert und unterstützt wird. Carbon hat gerade im Sportbereich einen sehr guten Ruf als Leichtbauwerkstoff und wird hier intensiv eingesetzt. Dieses Image sollte aus dem Sportbereich auf alle Industriebereiche ausgeweitet werden. Dazu müssen sowohl in der Gesellschaft als auch in der Politik die Potentiale des Werkstoffs dargestellt werden. Dabei dürfen auch Nachteile nicht ausgespart werden, um ein ganzheitliches Bild zu erzeugen.

4.3.1. Begeisterung für den Werkstoff

Carbon hat in der Gesellschaft das Image eines modernen Werkstoffs für den Leichtbau. Dieses Bild soll ausgebaut werden. Dazu ist geplant, die Ergebnisse aus den Projekten des Campus Carbon 4.0 soweit möglich ebenfalls allgemeinverständlich darzustellen und zu verbreiten. Dies dient neben der Information auch der öffentlichen Wahrnehmung des Campus Carbon 4.0.

4.3.2. Der Campus Carbon 4.0 als Zentrum für Innovationen

Die in Augsburg aufgebauten Forschungseinrichtungen sollen weiter gefestigt werden, um sich als Katalysator der Entwicklungen und Innovationen zu verstetigen. So soll z. B. die im Rahmen des Campus Carbon 4.0 aufgebaute Infrastruktur an den Forschungsorganisationen für die Teilnehmer der Projekte des Campus Carbon 4.0 bevorzugt zur Verfügung gestellt werden. Dadurch profitieren vom bevorzugten Zugang zu den Anlagen sowohl die Firmen als auch die Forschungsorganisationen, die ihre Kompetenzen weiter ausbauen können.

Unabhängig davon soll das Technologiezentrum Augsburg (TZA), welches in 2016 eröffnet wurde, in das Infrastrukturnetzwerk des Campus Carbon 4.0 integriert werden. So wird das TZA zu einem Brückenelement zwischen den Forschungseinrichtungen und der Wirtschaftsunternehmen.

Diese Maßnahmen werden insgesamt den Standort als internationales Zentrum für Carbon Composites weiter etablieren. Dafür sollen auch die Ergebnisse des Campus Carbon 4.0 nicht nur lokal, sondern auch international auf Konferenzen und Messen dargestellt werden.

4.3.3. Informationen über den Werkstoff

Dieses Themengebiet steht in enger Verbindung mit dem Themengebiet „Begeisterung für den Werkstoff“. Während letzteres die Gesellschaft adressiert, richtet sich dieses an die Politik und Ingenieure, die tiefer in die Thematik einsteigen wollen oder müssen. Insbesondere politische Entscheidungsträger benötigen an ihre Bedürfnisse angepasste Informationen. So sollen die Informationen aus den F&E Projekten je nach politischem Bedarf aufbereitet und zusammengestellt werden, um entsprechende Entscheidungsprozesse fachlich zu unterstützen.

Auch für Entscheidungsträger in der Wirtschaft sollen entsprechende Informationen aufbereitet und bereitgestellt werden, damit die Entscheidungen sachgerecht getroffen werden können. Ein Beispiel sind Kennzahlen über die wirtschaftliche Entwicklung im Bereich der Carbon Composites.

4.4. Digitalisierung

Die Digitalisierung ist heute zentraler Bestandteil vieler Entwicklungsprozesse in der Industrie. Durch die Digitalisierung sollen nicht nur die Prozesse effektiver und kostengünstiger gestaltet werden, häufig werden auch neue Marktsegmente bzw. Kundenkreise erschlossen bzw. ganz neue Angebote geschaffen. Im Rahmen des Campus Carbon 4.0 sollen all diese Punkte in Verbindung mit den Prozessen oder Dienstleistungen rund um Carbon Composites betrachtet werden.

Die Digitalisierung wird auch die Beziehungen und Handelswege zwischen Wirtschaftsunternehmen beeinflussen und verändern. Es werden neue Handels und Produktionswege entstehen. Für diese bedarf es neutrale Vermittler, die die entsprechende Infrastruktur bereitstellen. Auch diese Grundbausteine können im Rahmen des Campus Carbon 4.0 entwickelt werden.

4.5. Recycling

Die Gesellschaft hinterfragt heute bei Produkten deren ökologische Wirkung. Gleichzeitig wird auch vom Gesetzgeber gefordert, dass Recyclingkonzepte bestehen und ökologische Folgen abgeschätzt werden. Diesen Randbedingungen müssen auch neue und für die Allgemeinheit häufig unbekannte Werkstoffe Rechnung tragen. Es ist deshalb notwendig die Umwelteigenschaften des Werkstoffs weiter zu untersuchen und zu entwickeln. Insbesondere Recyclingkonzepte müssen weiter vorangetrieben werden.

4.5.1. Recyclingverfahren

Recyclingverfahren dienen heute nicht nur der Vermeidung von Mülldeponien, sie sind vielmehr häufig Quelle für günstige und nachhaltige Rohstoffe. Auch für die Carbonfasern ist deshalb das Recycling eine Möglichkeit kostengünstige Halbzeuge herzustellen. Daneben sollte erreicht werden, dass auch die Matrix wiederverwertet wird. Im Rahmen des Campus Carbon 4.0 wird deshalb die Weiterentwicklung der Recyclingkonzepte angestrebt. Dies betrifft sowohl die Faserfreilegung als auch die Wiederaufbereitung zu neuen Halbzeugen. Insgesamt soll ein Eigenschaftsniveau von 80 % der Neufasern erreicht werden.

Daneben soll auch die Verarbeitung von Halbzeugen aus recycelten Carbonfasern (rCF) weiterentwickelt und optimiert werden. Anhand von Demonstratoren sollen die Möglichkeiten für den Einsatz von rCF in der Industrie aufgezeigt werden.

4.5.2. Umwelteigenschaften des Werkstoffs

Ein wichtiger Baustein für die Etablierung des Werkstoffs ist seine Umweltbilanz. Dies gilt zum einen für die öffentliche Wahrnehmung, aber auch für die Industrie, um entsprechende Umweltauflagen erfüllen zu können. Zudem ermöglicht ein reduzierter Ressourcenbedarf eine Kostensenkung in der Produktion. Deshalb ist es Ziel des Campus Carbon 4.0, die im Rahmen der Projekte erhobene Daten, soweit es möglich ist, allgemein zur Verfügung zu stellen. Diese Daten sollen dabei so aufbereitet sein, dass sie nach Möglichkeit für bestimmte Technologien gelten und nicht nur ein spezifisches Produkt abbilden. So wird es für die Unternehmen bereits in der Entwicklungsphase möglich, erste Bilanzierungen eines Produktes zu erstellen und so in einer frühen Phase Optimierungen durchzuführen.

5. Weiteres Vorgehen

Im Rahmen der Strategie werden keine Maßnahmen definiert. Die einzelnen Maßnahmen werden durch die F&E Projekte des Campus Carbon entstehen. Der Campus baut dabei bewusst auf Partner des Spitzencluster MAI Carbon, um die Maßnahmen zu definieren. So wird sichergestellt, dass alle Maßnahmen einen industriellen Bezug haben von den Firmen in Produkte, Dienstleistungen einfließen werden. Rein theoretische Ansätze, die den Forschungsstand nie verlassen werden, werden so vermieden.

Über die hier dargelegte Strategie, welche den Rahmen, die Themen und Zusammenhänge herstellt wird zudem dafür gesorgt, dass die einzelnen Themen und Projekte nicht losgelöst von einander bzw. Ziellos agieren. Über den Beirat des Campus Carbon und das Management des Spitzenclusters MAI Carbon wird zudem sichergestellt, dass die einzelnen Forschungs- und Entwicklungsprojekte sich tatsächlich in die Strategie einbinden und miteinander verzahnt werden.

Der Beirat wird dafür insbesondere bei der Projektauswahl die einzelnen Vorhaben auf ihre Relevanz für den Campus Carbon 4.0 und Übereinstimmung mit der Strategie des Campus Campus Carbon 4.0 überprüfen und ein Votum zu den Vorhaben abgeben. So wird sichergestellt, dass alle F&E Projekte zu den Zielen des Campus Carbon 4.0 beitragen und ein Erreichen der Vision ermöglichen.

Die Verzahnung der Projekte während der Laufzeit wird durch das Clustermanagement vorangetrieben. Projektforen und weitere Maßnahmen werden eine Abstimmung und ein Austausch zwischen den Projekten ermöglichen. So können mit vielen kleineren Projekten, die besonderes schnell und effizient sind, trotzdem die großen Ziele des Campus Carbon erreicht werden. Damit wird der Forschungsstandort, die Industrie und die Region gestärkt und als Vorreiter in einem Zukunftsthema verankert.