

## Vorgehensweise und Ergebnisse der MC Trendstudie

(gemäß Telefonat mit Herrn Holtmannspötter (VDI TZ) am 02.02.2018)

### Modul I: Bibliometrische und projektbezogene Analyse

**(1) Suchstrategie für die „Subject Categories“:** Im Workshop wurde zusammen mit der MC eine Suchstrategie erarbeitet, um die Bandbreite an relevanten Themen aus der WoS Datenbank anhand von Subject Categories (diese wurden mit der MC abgestimmt) für die MC abzudecken (Selbstaussage). Mittels der Suchstrategie wurde der weltweite Publikationsoutputs zu den Subject Categories von allen Wissenschaftlern (=> das ist der Benchmark / Grundgesamtheit / Aufzeigung des Wachstums) dargestellt.

**(2) Themensondierung:** Es wurden verschiedene Quellen (Konferenzprogramme, Zukunftsstudien, wissenschaftliche und technische Sekundärliteratur) durchforstet und dabei ausgewertet, welche Themen für die MC besonders interessant sein könnten.

**(3) Bibliometrische Indikation:** Themen der Review-Artikel aus dem Benchmarks mit Bezug zu den Materialwissenschaften aus dem WoS wurden in Bubble Charts nach Schlagwortlisten geclustert. Die Berücksichtigung aller Publikationen aus dem Benchmark wäre aufgrund der Vielzahl nicht möglich gewesen. Die Schlagwortlisten wurden aus der Clusterungs-Algorithmus automatisch generiert. Die Häufigkeit des Auftretens der Schlagworte wird als Indiz für die Relevanz angesehen. In den Diagrammen definieren die verschiedenen Farben die inhaltliche Nähe und die Größe der Blasen die Anzahl der Publikation zu den Schlagworten.

**(4) Stichprobe:** Um relevante Themen zu identifizieren, wurden außerdem 500 ausgewählte Publikationen gesondert untersucht.

**(5) Zusammenführung der gefundenen Themen zur „Longlist“:** Die Überschneidungen der Themen aus den vorangegangenen Schritten wurden zu einer Longlist (100 Themen) zusammengefasst. Zu jedem der Themen wurde eine neue (hinsichtlich der Zahl der Suchbegriffe aber sehr kompakte) Suchabfrage im WoS durchgeführt. Die Themen wurden zuerst in Keywords (vom VDI/FZJ nach dem Pareto Prinzip festgelegt) übersetzt und nach diesen dann im Benchmark (WoS) gesucht. Für die Suche wurden die beiden Suchstrategien „Subject Categories“ (siehe Punkt (1)) und „Keywords der einzelnen Themen der Longlist“ durch bool'sche (UND-) miteinander kombiniert (d.h. beide Kriterien müssen erfüllt werden). Das Ergebnis dieser kombinierten Suchanfrage bildeten Publikationszahlen weltweit. Wichtige Leitfragen sind hier unter anderem:

- Wie stark ist die Einbringung durch die MC (Passfähigkeit durch Publikationen)?
- Wächst der Vergleich<sup>1</sup> schneller als Benchmark oder nicht?

Aus dem Verlauf der absoluten Publikationszahlen (z.B. Beginn bei null oder bei einem höheren Wert) und den Charakteristiken der Themen (Nischenthema oder populäres Thema) wurde eine Rangreihenfolge gebildet.

**(6) Berücksichtigung der Projektsicht:** Es wurde analysiert, wie sieht es mit laufenden koordinierten DFG Projekten aussieht. Leitfragen waren:

---

<sup>1</sup> Vergleich des Publikationsoutputs der Suchanfrage „Subject Categories“ zu Publikationsoutput der kombinierten Suchanfrage „Subject Categories“ und „Keywords der einzelnen Themen der Longlist“

- Zu welchen der 100 Themen der Longlist können diese Programme zugeordnet werden?
- Ist die MC oder einer der drei UA Ruhr Unis involviert (=> Passfähigkeit zur MC)?

**(7) (Vor-)Auswahl von Themen:** Es wurden vom VDI / FZJ neun Themenvorschläge gemacht, die sich anhand verschiedener Indikatoren (mindestens ein Indikator war sehr hoch z.B. Wachstum, Zukunftsrelevanz, Passfähigkeit zur MC) als besonders interessant erwiesen. Diese neun Themenvorschläge wurden auf dem Workshop vorgestellt. Folgende Ergebnisse haben sich aus dem Workshop ergeben:

- Größere Themenkomplexe wurden als wichtiger angesehen werden, als aktuell aufkommende Nischenthemen (wie z.B. High Entropy Alloys).
- Einige Themen (z.B. Metallorganic Frames) wurden direkt als nicht relevant bzw. passend zur MC eingestuft.
- Es bestand der Wunsch aus der MC einige Themen zusammenzufassen (z.B. Nanotechnologie zu „Surfaces and Interfaces“ und andere Themen zu „Materials for novel electronics“)
- Aus diesen ursprünglich neun Themen wurden sechs Schwerpunktthemen herausgearbeitet

### Schwerpunktthemen

1. Surfaces and Interfaces (incl. Nano)
2. Nano-2-Giga: Stahl, Beton & Zement
3. Zirkuläre Wertschöpfung und Ressourceneffizienz
4. Materialforschung für die Produktion der Zukunft
5. Quantification and Prediction in Materials Design
6. Materials for novel electronics

### Modul II: Korrelation des bisherigen Entwicklungsstands in den Werkstoffwissenschaften

**(8) Tiefgreifende bibliometrische Analyse der sechs Schwerpunktthemen:** Die Suchstrategie für die einzelnen Themen der Longlist war hinsichtlich der Zahl der Suchbegriffe sehr kompakt. Für die sechs Schwerpunktthemen wurde auf Basis von Keywords, die vom VDI/FZJ erarbeitet worden sind (Einschätzung nach Außensicht) eine umfassendere Suchstrategie für den Benchmark (WoS) wurde durchgeführt (Suchstrategie des Workshops). Beispiel: (*... surfac\* or interfac\* or "grain boundar\*" or interlayer or "thin film" ....* )

**(9) Stichprobe der sechs Schwerpunktthemen:** Anhand einer Stichprobe von 500 Publikationen wurde die Passfähigkeit aller sechs Schwerpunktthemen zur MC geprüft, d.h. ob die Publikationen zu den jeweiligen Themen zugeordnet werden können. Die sich ergebende Treffermenge wurde nach folgenden Kriterien ausgewertet:

- TOP-30 Einrichtungen Deutschland nach Anzahl Publikationen
- TOP-30 Einrichtungen Deutschland nach Zitationsrate
- TOP-5 Einrichtungen Welt nach Anzahl Publikationen
- Auswertungen des Publikationsaufkommens auf Länderebene insgesamt und im zeitlichen Verlauf des Beobachtungszeitraumes
- TOP-20 Veröffentlichungen
- Liste der Materials Chain Publikationen zu diesem Thema

**(10) Fachlich-inhaltliche Analyse der sechs Schwerpunktthemen:** Für die sechs Schwerpunktthemen wurde neben der bibliometrischen auch eine fachlich-inhaltliche Analyse hinsichtlich ihrer Zukunftsträchtigkeit durchgeführt. Dabei wurden zwei Sichtweisen berücksichtigt:

- *Top-down:* D.h. die Zukunftsträchtigkeit der sechs Schwerpunktthemen bezüglich technologischer Megatrends und Globale Herausforderungen (Leitfrage: Welchen Beitrag kann das jeweilige Thema hierzu leisten).
- *Bottom-up:* D.h. Nachweis der Zukunftsträchtigkeit der sechs Schwerpunktthemen im Rahmen ausgewählter, großer Projektverbünde durch entsprechende Argumente, die gegeben werden, um die Zukunftsträchtigkeit der Themen zu belegen (z.B. der SFB sorgt dafür, dass die Produktion nachhaltiger wird).

Bei top-down Ansatz wurden als Analyseraster die technologischen Megatrends und die globalen Herausforderungen aus dem „BMBF-Foresight Zyklus II“ (Zukunftsstudie) und den „Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen“ (normative Zukunftsziele) entnommen. Beim bottom-up Ansatz wurde neben den großen koordinierten Projektverbänden der DFG (historische Betrachtung von Themen durch bereits laufende Projekte) mit Passfähigkeit zur MC zusätzlich auch Arbeitsprogramme aus dem Bereich „NMBP“ und „FET<sup>2</sup>-Proactive“ aus Horizon 2020 (zukunftsweisend und einschlägig, weil in diesen Programmen die Themen gleichzeitig Säulen für die Zukunft bilden sollen) berücksichtigt.

**(11) Einschätzung der sechs Schwerpunktthemen aus Sicht der bibliometrischen und fachlich-inhaltliche Analyse:** Die ausgewählten Themen wurden mit Blick auf die Zukunftsträchtigkeit anhand folgender Dimensionen analysiert:

1. *Bibliometrie:* Dynamik und internationale Positionierung
2. *Bibliometrie:* Positionierung und Passfähigkeit MC
3. *Passfähigkeit:* Förderprogramme
4. *Bottom-up:* Teilthemen und Zukunftsbezüge
5. *Top-down:* Bezüge zu technologischen Megatrends
6. *Top-down:* Bezüge zu gesellschaftlichen Herausforderungen

Die Darstellung der Auswertungen erfolgte nach den Ergebnissen der bibliometrischen (Diagramm mit Benchmark) und fachlich-inhaltliche Analyse

**(12) Kreativworkshop:** Hier sollten die MC Mitglieder am Beispiel von zwei Themenkomplexen, die per Abstimmung ausgewählt wurden:

1. Surfaces and Interfaces (incl. Nano)
4. Materialforschung für die Produktion der Zukunft

Folgende Fragen überlegen: Was kann die MC aus den Themen machen? Welche Beziehungen gibt es zu den Themen? Welche Brücken lassen sich schlagen? Wie kann die MC die Themen nutzen? Was ist der MC wichtig? Inwiefern werden bestimmte Kriterien als besonders zukunftsweisend betrachtet? Wie ist der Grad der Kooperationen zwischen den drei UA Ruhr Universitäten. Wo bestehen weitere Potentiale?

---

<sup>2</sup> FET = Future and Emerging Technologies

Hierbei wurden „Produktion der Zukunft“ und „Zirkuläre Wertschöpfung“ als wichtige Trendthemen wahrgenommen. Das Ergebnis des Kreativworkshops floss jedoch nicht gewichtig in die weitere Auswertung mit ein.

## Ergebnisse: Diagramme und Tabellen zur bibliometrischen und fachlich inhaltlichen Analyse

- Für jedes der sechs Schwerpunktthemen wurden im Rahmen der bibliometrischen Analyse die jeweils führenden Einrichtungen in Deutschland und dessen Positionierung gemäß den absoluten Publikationszahlen und des „Impacs“ (d.h. der Anzahl an Zitationen und der Zitationsrate) analysiert und mit der MC verglichen.
- Die MC wird dabei als ein eigenständiger Akteur in Deutschland betrachtet.
- Des Weiteren wurde die Passfähigkeit der MC zu den einzelnen Themen ermittelt. Sowohl Positionierung als auch Passfähigkeit der MC beruhen auf der Liste von Publikationen („DOI-Liste“), die wir dem VDI/FZJ aus unserer Datenbank zur Verfügung gestellt haben.
- In den Tabellen sind nur die jeweils TOP-20 Einrichtungen nach absoluten Publikationszahlen (nicht jedoch für den Impact) dargestellt. Zusätzlich (sofern nicht unter den TOP-20) ist der Rang der drei einzelnen UA Ruhr Universitäten sowie der MC angegeben.
- Wenn eine externe deutsche Institution zu den wichtigsten Akteuren eines der sechs Schwerpunktthemen gehört (d.h. auf den vorderen Plätzen positioniert ist), es aber trotzdem einige Publikationen mit der MC gibt, heißt dies, dass diese externe deutsche Institution Kooperationen mit angehörigen/kooperierenden Instituten der MC (z.B. Max-Planck, Fraunhofer, Leibnitz) zusammen veröffentlicht hat.

## Fazit Modul 2

### Übersicht über die sechs Themen und ihre bibliometrischen Indikatoren

Deklaration der Variablen in der Tabelle:

*Rang MC P* = Rang der MC bei den sechs Schwerpunktthemen im Vergleich zu anderen führenden deutschen Einrichtungen hinsichtlich der absoluten Publikationszahlen.

*Rang MC ZR* = Rang der MC bei den sechs Schwerpunktthemen im Vergleich zu anderen führenden deutschen Einrichtungen hinsichtlich der MC-Zitationsraten.

*Bo-Do-Du/E* = Bei den MC Publikationen werden allgemein diejenigen der drei UA Ruhr Universitäten und der angehörigen/kooperierenden Institute (z.B. Max-Planck, Fraunhofer, Leibnitz) sowie Gemeinschaftspublikationen berücksichtigt. Dieser Wert zeigt die Anzahl der Veröffentlichungen an, wo mindestens eine der drei UA Ruhr Universitäten beteiligt ist.

*MC Koop.* = Bei den MC Publikationen werden allgemein diejenigen der drei UA Ruhr Universitäten und der angehörigen/kooperierenden Institute (z.B. Max-Planck, Fraunhofer, Leibnitz) sowie Gemeinschaftspublikationen berücksichtigt. Dieser Wert zeigt die Anzahl der Veröffentlichungen an, wo mindestens zwei der drei UA Ruhr Universitäten beteiligt sind.

*Anteil Koop.* = (MC Koop.) / (Bo-Do-Du/E)

## Gesamtfazit

### Ideales Zukunftsthema für die MC: „Zirkuläre Wertschöpfung und Ressourceneffizienz“

- Erscheint als das neue Schwerpunkt- und Leuchtturmthema für die MC.
- Gut verbreitetes Thema, jedoch existieren weltweit bislang nur wenige Publikationen.
- Die vielen Bereiche / Facetten dieses Themas bieten ein großes Potential zur Erforschung durch die MC. Die MC wäre hier mit wenig Aufwand gut positionierbar.
- Thema steht mit vielen globalen Herausforderungen (z.B. Nachhaltigkeit, Umweltschutz, nachhaltige Produktion) und technologischen Megatrends (z.B. Robotik, künstliche Intelligenz, Industrie 4.0 und Digitalisierung) im Zusammenhang.
- Das Thema hat einen engen Bezug zum Ruhrgebiet. Der einstige Montankomplex (altes Modell) hat sich im Zuge des Strukturwandels des Ruhrgebiets zu einem neuen System aus Wertschöpfungskreisläufen und -netzwerken (neues Modell) verändert.
  - *Montankomplex:* Die Kohleförderung und Stahlindustrie im Ruhrgebiet hat viele weitere und neue Nebenprozesse/Industrieansiedlungen (wie z.B. Kokereien, Gasaufbereitung, Fernwärme) sowie Begleitprodukte (wie z.B. Gas, Produkte für die chemische Industrie, Teer, Dünger) hervorgebracht.
  - *Neue Wertschöpfungskreisläufe und -netzwerke:* Die Produktion hat einen wichtigen Stellenwert für das Ruhrgebiet und bildet ein wichtiges Standbein in der Wertschöpfung. Anders als früher, soll die Einbringung von primären Rohstoffen reduziert und die Rückführung von Produkten (z.B. Stahl) in den Produktionskreislauf vorangetrieben werden, d.h. Recyclingkreisläufe und Aufbereitung spielen eine zentrale Rolle. Der MC kommt dabei eine Schlüsselfunktion zu, denn sie soll die wissenschaftlichen Grundlagen für recourceneffiziente Produktionsprozesse und Materialien erforschen und ebenfalls Lösungsansätze für Recyclingkreisläufe entwickeln.
- Andere der sechs Schwerpunktthemen finden sich hier auch wieder, z.B. Bauteile durch Oberflächenbeschichtung oder Oberflächenfinishing veredeln / erneuern / reparieren / instandsetzen (=> Bezug zu Thema „Surfaces and Interfaces (incl. Nano)“).
- Bereits vorhandene Kompetenzen der MC würden geschickt zur „Zirkuläre Wertschöpfung und Ressourceneffizienz“ passen. Es könnte ein „neuer Schirm“ aufgespannt werden.
- Der Slogan der MC „von Atom zum Bauteil“ impliziert, dass Produkte (d.h. das Bauteil) für das Netzwerk wichtig sind. Gleichzeitig ergibt sich durch den Slogan ein inhärenter Anwendungsbezug zur Produktion. Auch aus diesem Betrachtungswinkel erscheint das Thema „Zirkuläre Wertschöpfung und Ressourceneffizienz“ auch optimal für die MC.
- Gilt hinsichtlich der Indikatoren und der Passfähigkeit als das am besten für die MC geeignete Zukunftsthema.

### Thema: „Qualifikation and Prediction“

- Bezug zur Ausrichtung des Exe-Clusterantrags der MC ist gegeben.
- Durch Sichtung vor allem der DFG Programme ist deutlich geworden, dass das Wechselspiel zwischen „Quantification“ durch Experimente / Messungen und „Prediction“ durch Simulation / Modellierung generell einen sehr hohen Stellenwert hat.
- Das Thema ist jedoch nicht neu, daher ist für deren Anwendung innerhalb der MC eine inhaltliche Zuspitzung bzw. Fokussierung notwendig. Das Themenfeld, in dem „Qualifikation

and Prediction“ stattfindet muss klar umrissen sein. Eine Anwendung im Bereich der „Zirkulären Wertschöpfung und Ressourceneffizienz“ ist ebenfalls möglich.

**Thema:** „Mikroorganismen auf technischen Ober- und Grenzflächen“

- Weiteres, für die Materialkette sehr vielversprechendes und interessantes „Out-of-the-Box“ Thema (Teilthema von Schwerpunktthema 1 „Surfaces and Interfaces (incl. Nano)“)
- Dieses Teilthema wird unmittelbar durch Technologietrends getrieben: Da exponentielle Fortschritte in der Genomsequenzierung zu verbesserten Analyseverfahren geführt haben und Metagenomik eine bahnbrechende Technologie im Bereich der Mikrobiologie darstellt, hat dies bereits zu einem Forschungsboom auf dem Gebiet des Mikrobioms innerhalb der menschlichen Darmflora geführt.
- Die „CRISPR-Cas9-Methode“ könnte zu einer Durchbruchstechnologie in der Gen-Modifikation von Mikroorganismen werden.
- Hier könnte ein neues Forschungsfeld vorangetrieben werden, welches die Rolle von Mikroorganismen auf technischen Ober- und Grenzflächen untersucht. Aus den Erkenntnissen könnten gleichsam technische Anwendungen wie z.B. katalytische Biofilme, mikrobielle Brennstoffzellen oder selbstheilender Beton abgeleitet werden.
- Die grundlegende Untersuchung der Wechselwirkung von Mikroorganismenpopulationen (nicht nur in Form von Biofilmen) mit technischen Oberflächen und Grenzflächen (oder allgemeiner: Substrate) sowie die Notwendigkeit, geeignete Designs für ihre Kombination zu finden, impliziert viele sehr interessante, bislang unbeantwortete wissenschaftliche Fragen.
- Mikroorganismen können sowohl eine positive (z. B. Zersetzung von Schadstoffen) als auch eine stark schädliche Wirkung (z. B. Umweltschäden, Gesundheitsrisiken) aufweisen. Daher ist die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, Grenzflächen, Materialien und Mikroorganismen sowie die dabei ablaufenden Prozesse, deren Optimierung und die Möglichkeiten ihrer Kontrolle von besonderem Interesse.
- Es wird erwartet, dass dieses Thema, welches die Biotechnologie mit den Materialwissenschaften synergetisch verbindet, in den nächsten Jahren zunehmend an Interesse gewinnen wird.
- Ein großer Vorteil für die MC ist, dass bereits eine entsprechende wissenschaftliche Einrichtung, das "Biofilm Centre" der Universität Duisburg-Essen, in diesem Bereich aktiv ist.
- Fördermöglichkeiten finden sich beispielsweise im Arbeitsprogramm "FET - FETPROACT-01-2018" mit den Schwerpunktthemen "Künstliche Organe, Gewebe, Zellen und subzelluläre Strukturen" und "Lebende Technologien".