Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Verbundprojekt

Internationaler Benchmark Biointelligenz (InBenBio)

Teilprojekt
Erkenntnisvermittlung und Industriebefähigung

Autor(en)
[VDMA Services GmbH, Nathalie Wagner, Lyoner Str. 18 60528 Frankfurt am Main, nathalie.wagner@vdma.org]

Projektlaufzeit: 15.11.2022 – 31.03.2024

Erstellungsdatum: 12.09.2024

Projektpartner

[Fraunhofer IPA, Universität Hohenheim, Universität Stuttgart, VDMA Services GmbH/ FKZ 02P20E803]

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

I. Teil I Kurzfassung 4
I.1 Aufgabenstellung 4
I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens 4
I.3 Wesentliche Ergebnisse im Überblick 4
II. Teil II Eingehende Darstellung 4
II.1 Motivation und Aufgabenstellung 4
II.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens 5
II.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 6
II.4 Erzielte Ergebnisse 8
II.5 Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen 10
II.6 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse 10
II.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojektes 11
II.8 Veröffentlichungen, Vorträge Referate, etc. 11
II.9 Literaturverzeichnis 12

I. Teil I Kurzfassung

I.1 Aufgabenstellung

Mit dem erweiterten Einzug der Biologie in die Produktion tritt auch die neue Form der Biointelligenz auf. Diese beschreibt das Zusammenkommen von Biologie, (Produktions-)Technologie und Informatik. Vor der Betrachtung, dass Ressourcen erschöpflich sind und Deutschland eine anerkannte Industrie hat, war fraglich, wie das Land derzeit (im Vergleich mit anderen) dasteht und was essenzielle Faktoren sind, um eine mögliche Marktführung zu erreichen. Die Aufgabe war demnach in diesem Sinne einen Benchmark aufzustellen, der entsprechende Erkenntnisse liefert.

I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Zu Anfang war das Wissen der Parteien um die Biointelligenz weniger tief als zum Ende des Projekts. Man kannte kaum Akteure oder solche, die sich entfernt damit beschäftigten. Es fehlte an Abstufungen, an Kriterien. Zudem kannte man kaum Aktivitäten aus dem Ausland – es herrschten vorrangig Vermutungen mit wenig Belegen vor. Fraglich war auch die Weite der Bedeutung des Themas. So waren sich alle Partner einig, dass das Thema eine neue Revolution für die Produktionstechnik sein könnte (ähnlich Industrie 4.0), doch handelte es sich hier viel mehr um ein Konzept als um konkrete Ansätze. Mit dem Projekt galt es Technologien, Anwendungsfelder und Ansätze zu finden – und es somit nicht nur dem Einzelnen, sondern auch für die Industrie greifbarer, sogar begreiflich zu machen.

I.3 Wesentliche Ergebnisse im Überblick

Die Welt steht vor großen Herausforderungen, darunter vorrangig der Wandel hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft. Die Transformation hin zu einer biointelligenten Wertschöpfung bietet einen Weg diese Probleme zu lösen und gesetzte Ziele zu erreichen. Dies gilt insbesondere für die Bedürfnisse in den Bereichen Gesundheit, Ernährung, Konsum, Wohnen und Energie.

Seit 2000 ist die Zahl der Akteure in der biointelligenten Wertschöpfung um 417 % gestiegen, mit den USA und Deutschland an der Spitze. Die derzeit größten Anwendungsbereiche sind biologienah mit Gesundheit (über 60 %), gefolgt von Ernährung (27 %). Biointelligente Technologien verzeichnen zudem seit 2017 exponentielles Wachstum, was den wachsenden Markt unterstreicht.

Das Marktvolumen liegt derzeit bei 139,9 Mrd. USD und soll bis 2040 auf 849,3 Mrd. USD steigen. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, sind jedoch Anfangsinvestitionen in Forschung, Infrastruktur und Wertschöpfungsketten entscheidend.

Deutschland belegt im aufgestellten Länderranking derzeit Platz zwei mit Vorsprüngen im Bereich Forschung, Bildung und Marktzugang. Es sind jedoch auch Schwächen zu erkennen z.B. in der Markteinführung und Skalierung neuer Technologien – hier vorrangig durch lähmende Rechtsvorschriften und Bürokratie. Dennoch hat Deutschland die Chance, seine führende Position weiter auszubauen und so am Rennen um die internationale Marktführerschaft ein ernsthafter Gegner zu sein.

II. Teil II Eingehende Darstellung

II.1 Motivation und Aufgabenstellung

Der Maschinen- und Anlagenbau ist eine etablierte Industrie, die die Grundlage der deutschen Wirtschaft bildet. Ihr Bestehen zu sichern, heißt nicht nur ihr Dasein zu bestärken, sondern auch in die Zukunft zu blicken und Neuerungen früh im Blick zu haben. Gleichzeitig befinden wir uns in einer Welt, die im Bewusstsein des Klimawandels immer schneller an die Erschöpfung ihrer Ressourcen stößt. Deutschland als kleines Land mit vielen Einwohnern und wenig eigenen Ressourcen steht seit jeher mit seiner Industrie in einem Abhängigkeitsverhältnis.

Mit dem erweiterten Einzug der Biologie in die Produktion tritt auch die neue Form der Biointelligenz auf. Diese beschreibt das Zusammenkommen von Biologie, (Produktions-)Technologie und Informatik. Das Einbringen der Biologie in den klassischen Maschinenbau könnte nicht nur das, wie bislang vorrangig gedacht, WOMIT (welches Material wird später bearbeitet, z.B. Folien aus Algen) beeinflussen, sondern durch die dahinterstehenden Gedanken auch das WIE (wie produziere ich). Mit dem bekannten Bespielen der Genschere CRISPR oder dem Datenspeicher auf DNA könnte die Biointelligenz maßgeblichen Einfluss auf den Maschinen- und Anlagenbau haben. Eine solche Veränderung spielt auch in die Arbeit der VDMA Services GmbH, die über ihr Engagement für Maschinen- und Anlagenbauunternehmen auf Messen auch stets den Blick in die Zukunft der Branche gerichtet hat.

Insoweit war es mehr als interessant herauszufinden, inwieweit das Thema bereits vorangeschritten ist und wie Deutschland sich hier schlägt – und auch, was notwendig wäre um eine führende Position zu erreichen. Die Aufgabe war demnach in diesem Sinne einen Benchmark aufzustellen, der entsprechende Erkenntnisse liefert

In diesem Sinne fanden sich die Partner zusammen. Das Fraunhofer IPA übernahm den vorrangigen Lead als Projekterfahren und den wissenschaftlichen Ressourcen eines entsprechenden Instituts. Die VDMA Services GmbH unterstützte mit ihren Erfahrungen und Sichtweise auf den deutschen Maschinen- und Anlagenbau sowie ihre Kontakte zum VDMA e.V. . Die Universitäten Hohenheim und Stuttgart ergänzten durch ihre jeweilige Perspektive und Expertise. Die Einbindungen der VDMA Services GmbH war insbesondere durch eine praktische Perspektive wertvoll, da die anderen drei Partner durch ihren wissenschaftlichen Kontext hauptsächlich die Forschung im Blick hatten.

Vorarbeit bestand auf Seiten des Fraunhofer IPA mit der BioTrain Studie sowie bei der VDMA Services GmbH über die vom VDMA e.V. Competence Center herausgegebene Studie „Biologisierung 2035“.

II.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Innerhalb des Projekts waren zu Beginn einzelne Vorhaben der Biointelligenz bekannt (z.B. Genschere CRISP, Datenspeicher auf DNA, Elon Musks‘ Neuralink) sowie vorherige Formen wie Bionik oder der aktuelle Trend zur nachhaltigen Umsetzung von Materialien (Pilzen, Algen, o.ä.). Nicht bekannt war jedoch, inwieweit sich das Thema handhaben würde oder ob es sich hierbei gar nur um einen Trend handelte, der womöglich sogar nur innereuropäisch besteht. Auf Seiten der VDMA Services GmbH lag die Motivation der Befassung demnach die Wichtigkeit des Themas gerade für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau zu evaluieren.

Mit den Partnern wurde ein umfassender Projektplan aufgestellt, der von einer Datenerhebung über die Auswahl von Kriterien, die vergleichende Aufstellung, Auswertung und letztendlich Blick in die Zukunft alles enthielt. Bereits von Anfang an handelt es sich um ein vollumfängliches Paket an Aufgaben, dass später als geplant anlief und dessen ersten zwei Monate sich am Jahresende und damit in der Weihnachts- und Ferienzeit befand. Zudem waren die beteiligten Parteien des Projektteams sich nur flüchtig bekannt, so dass sich am Anfang erstmal ein routiniertes Miteinander und vor allem miteinander arbeiten etablieren musste. Die wöchentliche Jour-Fixe halfen dabei. Diese Planung sowie aufkommende Fragestellungen und länger andauernde Schritte bei Erhebungen waren Punkte, die das Projekt bereits zu Anfang verzögerten. Im Folgenden beantragten drei der vier Projektpartner eine Verlängerung.

Zusammenfassend gesagt war das Wissen der Parteien um die Biointelligenz weniger tief als zum Ende des Projekts. Man kannte kaum Akteure oder solche, die sich entfernt damit beschäftigten. Es fehlte an Abstufungen, an Kriterien. Zudem kannte man kaum Aktivitäten aus dem Ausland. Man vermutete zwar, dass die USA und China mitspielten, aber zog sich diese Erkenntnis eher aus den gängigen Gefügen der aktuellen Lage der Welt als aus wirklichen Erhebungen. Fraglich war auch die Weite der Bedeutung des Themas. So waren sich alle Partner einig, dass das Thema eine neue Revolution für die Produktionstechnik sein könnte (ähnlich Industrie 4.0), doch handelte es sich hier viel mehr um ein Konzept als um konkrete Ansätze. Mit dem Projekt galt es Technologien, Anwendungsfelder und

Ansätze zu finden – und es somit nicht nur dem Einzelnen, sondern auch für die Industrie greifbarer, sogar begreiflich zu machen.

II.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Direkt zu Anfang des Projekts stand der Projektplan, welcher sich in neun Arbeitspakete von Organisation bis Publikation teilte. Die VDMA Services GmbH übernahm bei (fast) allen Punkten eine ergänzende begleitende Rolle, die die Praxisnähe und eine erweiterte Prüfung der Ergebnisse nach dem Mehraugenprinzip sicherstellen sollte.

Das Fraunhofer IPA übernahm einen Großteil der organisatorischen Aufgaben und setzte einen fast wöchentlichen Jour-Fix an, der dem gegenseitigen Update zum Projektfortschritt aber auch der Intensivierung der Teamarbeit und der Klärung von Fragen diente. An diesem nahm stets die Projektverantwortliche der VDMA Services GmbH sowie, sofern in die aktuelle Arbeit eingebunden, eine mitarbeitende Kollegin teil.

Das Projekt wurde nicht nur von den Verantwortlichen, sondern auch unter Einbezug der Perspektive der Industrie aufgestellt. So war es eine der ersten Aufgabe der VDMA Services GmbH Teilnehmende für den Industriebeirat zu finden. Das Fraunhofer IPA unterstützte hier mit bekannten Unternehmen aus dem KBI. Früh wurde hier schon klar, dass das Thema Biointelligenz für den etablierten Maschinen- und Anlagenbau eine Neuheit ist und dass, neben dem Begriffsverständnis, auch die Überführung der Theorie in die Praxis Fragen aufkommen. Das Thema ist mitunter recht komplett und die neuen „Bio-Begriffe“ vielfältig und mannigfaltig. Leichte Verzögerungen traten schon hier aufgrund der Weihnachts- und Neujahrsurlaube ein. Der Industrierat kam Anfang des Jahres 2023 zustande.

Zeitgleich begannen die ersten Schritte der Akteurs-Recherche für die Biointelligenz. Während vorrangig die Universität Stuttgart hier mit den anderen Parteien an Definitionskriterien arbeitete, wurden aufgrund erster Recherchen Leitländer vorrangig durch das Fraunhofer IPA identifiziert mit denen Deutschland verglichen werden sollten. Mit ihren Verbindungen zur Talentmaschine des VDMA hatte die VDMA Services GmbH Zugriff auf eine Suchmaschine für Unternehmen weltweilt. Anhand der bestimmten Leitländer wurden nun Suchcodes für das System vorbereitet, die die Teilnehmenden unter der VDMA Services GmbH in das System eingaben, manuell als Liste herunterluden und diese übersichtlich aufbereiteten. Derart kamen circa sechszehn Listen an Akteuren zusammen, die im Weiteren von der Universität Stuttgart weiter aufbereitet und auf Verwertbarkeit geprüft wurden. Zur sinnhaften Untergliederung entwickelten sich in diesen Schritten die Einteilung der Technologien über das Technology-Readyness-Level sowie die Biointelligenz-Skala (Wert des Grades der Biointelligenz). Infolge konnten durch die gesamte Aufbereitung aus dieser Arbeit die über 600 Akteure, die Befähigertechnologien, eine Übersicht über die Märkte und die Technologiereife gewonnen werden.

Für das erste Kennenlernen aller Parteien fand im Februar 2023 das erste Statustreffen in Stuttgart statt. Die VDMA Services GmbH organisierte hier mit und nahm mit drei Teilnehmenden teil. Hier wurden nicht nur die Akteure untereinander von Angesicht-zu-Angesicht bekannt gemacht, sondern auch das Vorgehen sowie erste kleine Ergebnisse vorgestellte (z.B. Datenbank der Akteurs-Recherche).

Wie zuvor bereits aufgeschlüsselt konnte aus der Identifikation der Akteure auch die Aufschlüsselung der Technologien erfolgten. Auch diese Arbeit war aufwändig und erforderte einiges an Absprache – von der Einteilung über die Zusammenfassung bis hin zur visuellen Darstellung. Die Aufbereitung der Technologie spielte dabei in die Identifikation eines Akteurs ebenso wie umgekehrt. So musste festgelegt werden ab wann ein Akteur wirklich als Akteur galt – hierzu war nötig zu wissen womit er sich beschäftigte und ob dies auch als biointelligent oder auf dem Weg dorthin zu betrachten war.

Auch der Begriff der Biointelligenz wurde regelmäßig geschärft. So gab es am Anfang eine recht intensive Diskussion, ob Biointelligenz automatisch nachhaltig sei. Das verkürzte Ergebnis: Alles

kann (im Idealfall), aber nichts muss. Auch wurde im Laufe des Projekts immer klarer, dass auch der Begriff selbst recht unbekannt ist sowie international sogar teilweise andere Begriffe verwendet werden. Man befindet sich hier an der Stelle der Entwicklung an der auch Digitalisierung 4.0 war, bevor es benannt wurde.

Ein ebenfalls großes Unterfangen war die Bewertung der Leitländer oder Märkte. So wurden Kriterien mit jeweiligen Unterkriterien aufgestellt, die ein Ranking ergeben sollten. Entsprechende Bewertungen wurden durch alle Teilnehmenden sowohl online (für die Projektteilnehmer schärfend) als auch den Industriebeirat in Präsenz des zweiten Statustreffens in Stuttgart gesammelt. Ebenfalls wurden beim zweiten Treffen die identifizierten Befähigertechnologien durch Anwendungsgebiete angereichert.

Schwierig gestaltete sich das Leitland China. In der Zeit der Datenerhebung wurde die gegenseitige Vorsicht zunehmend verschärft, so dass auch das VDMA-Büro China mehr als zögerlich bei der Datenerhebung als auch folgender Experteninterviews agierte. Die Datenerhebung für China erfolgte demnach hauptsächlich über schriftliche Quellen und sehr vereinzelte Interviews, deren Sprecher bezüglich der Nennung ebenfalls vorsichtig agierten. Entsprechende Limitationen, auch aufgrund von Sprachbarrieren, wurden in der Publikation festgehalten.

Im Rahmen des Projektplans waren ebenfalls zwei Studienreisen in Leitländer vorgesehen. Aus den ersten Ergebnissen wurde schnell klar, dass für eine weite Varianz Israel und die USA als außereuropäische Ziele anvisiert wurden. Die Reiseplanung für Israel als Erstaufschlag war aufgrund der zu findenden Erfahrung und Kriterien besonders intensiv. Als Partner gewann die AHK Israel die Ausschreibung. Trotz der Bewerbung durch die verschiedenen Stellen war auch beim umfänglichen Programm für Israel eine Zurückhaltung der Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus zu erkennen. Kurz vor Start musste die Reise zudem aus Sicherheitsgründen (Israel-Palästina-Konflikt) abgesagt werden. Entsprechende Reisemittel wurden demnach nicht vollumfänglich ausgeschöpft. Die Teilnehmer bedauerten dies nicht nur aus ethischen Gründen, sondern auch aufgrund der Tiefe des ausgearbeiteten Programms, welches sicherlich einen Mehrwert für die Untersuchung geboten hätte.

In der Zwischenzeit hatte das Fraunhofer IPA vorrangig damit begonnen die Methodik für den Benchmark zu entwickeln. Dieser wurde in den wöchentlichen Treffen ebenso evaluiert wie der zwischenzeitig ausgearbeitet Fragebogen für die Experteninterviews. Diese sollten (und haben) die Untersuchung durch tiefergehende Erkenntnisse von Expertinnen und Experten der Biointelligenz aus Forschung, Praxis, Gesellschaft und Politik anreichern. Über xxx solcher Interviews mit einer Länge von durchschnittlich 1,5 Stunden wurden zwischen den Parteien geführt. Die VDMA Services GmbH führte in Anbetracht der Zeitplanung zwei dieser Interviews. Das Fraunhofer IPA organisierte für das Transkribieren dieser eine Software, die die aufgezeichneten Videos verschriftlichte. Dennoch nahm die nachfolgende Bearbeitung mit Kenntlichmachung im Color-Coding (Zitate, Aussagen zu bestimmten Themen oder Märkten, etc.) viel Zeit in Anspruch. Die Universität Hohenheim, die besonders viele Interviews führte, wurde bei der Bearbeitung der Skripte auch durch die Projektleiterin der VDMA Services GmbH unterstützt.

Auch in die Reiseplanung in die USA war die VDMA Services GmbH involviert. Aufgrund der vorangegangenen ersten Erfahrungen für die Reise nach Israel, war der Prozess hier flüssiger und weniger abspracheintensiv. Als Partner gewann BW international die Ausschreibung, was insbesondere Mitreisenden aus dem Land Baden-Württemberg einen Vorteil bot. Trotz Bewerbung lies auch hier der Enthusiasmus des angewandten Maschinen- und Anlagenbaus leider etwas auf sich warten, so dass die Gruppe hauptsächlich aus Forschungs- und medizinisch interessierten Stätten stammte. Dies passt jedoch in die Beobachtung, dass biologische Ansätze sich bislang zuerst in denen mit ihn vertrauten Branchen finden, darunter vorrangig Medizin, Pharma und Nahrungsmittel. Die Reise Ende Januar des Jahres 2024 bot jedoch insbesondere den Projektteilnehmenden einen besseren Eindruck vom Leitland USA und half nicht nur einige

Unterschiede zwischen den Märkten herauszuarbeiten, sondern bot auch Einblicke in die vorherrschenden Ansätze und die fortgehende Übermittlung von Forschung in die Praxis.

Während mit den zunehmenden Ergebnissen die Verschriftlichung dieser das Ende des Jahres 2023 sowie den Anfang des Jahres 2024 bestimmten, waren das Fraunhofer IPA, die Universität Hohenheim und die VDMA Services GmbH (leitende Stelle) für circa drei Monate auch noch die Vorausschau der Entwicklung der Biointelligenz in Deutschland bis in das Jahr 2040 involviert. Unter Hinzuziehung der Erfahrungen des VDMA Competence Center Future Business wurden aus zwei Methodiken, die Szenariotechnik als Werkzeug ausgewählt. In intensiver Vorbereitung der VDMA Services GmbH wurde beim dritten und finalen Statustreffen in Frankfurt am Main ein Workshop durchgeführt, der Annahmen zu einzelnen Themeninhalten der Szenariotechnik bildeten. Diese Annahmen wurden infolge ausformuliert, einander gegenübergestellt und bewertet sowie in weiteren intensiven Gruppen- und Einzelarbeiten des Projektteams zu vier möglichen Szenarien zusammengefügt.

Diese Szenarien wurden nach der Delegationsreise in die USA Anfang Februar dem Industrierat in einer Online-Sitzung vorgestellt. Die Beteiligten prüften und justierten die Szenarien auf Sinnhaftigkeit und Praxisnähe. Infolgedessen wurden nicht nur die vier Stränge angepasst, sondern auch durch Erzählinhalte angereichert, die in die nachfolgende Benennung und Verschriftlichung einflossen.

Die Zeit der Verschriftlichung war eine besonders intensive Zeit, die die Parteien in gutem Zusammenspiel erledigten. Die VDMA Services GmbH trug hier Schreibteile zur Akteurs-Recherche, Leitländern und insbesondere der Vorausschau für Deutschland bis 2040 sowie der zugehörigen Limitationen bei. Nach der eigentlichen Niederschrift folgten mehrere Korrekturzyklen der eigenen Schreibanteile sowie für die gesamte Broschüre.

Die letzten drei Monate der Arbeit waren zudem geprägt durch Planung und Hinweise auf die Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse. Neben einer Podcast-Aufnahme mit den Beteiligten Prof. Dr. Thomas Bauernhansl (Fraunhofer IPA) und Richard Clemens (VDMA) des VDMA Industriepodcasts organisierte die VDMA Services GmbH maßgeblich ein Panel auf der Hannover Messe im April 2024 bei der Prof.-Dr. Thomas Bauernhansl (Fraunhofer IPA), Lea Stöber (Universität Hohenheim), Christian Stich (Festo, Industriebeirat) unter der Moderation von Nathalie Wagner (VDMA Services GmbH) über die Relevanz der Untersuchungsergebnisse für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau sprachen.

Die oben genannte Schilderung gibt demnach Einblick wie die Verwendung der Mittel hauptsächlich die Personalkosten der VDMA Services GmbH (Nathalie Wagner) sowie sonstiger Mittel (in Ergänzung des Teams Personalkosten VDMA e.V. Anna Küster, sowie Expertise Richard Clemens und Eric Maiser zur Ergänzung als fachspezifische Experten ihrer Organisationseinheiten) betraf. Diese wurden ergänzt um Reisekosten (Statustreffen Stuttgart, USA) sowie Sachkosten (Statustreffen (Inhouse) Frankfurt).

II.4 Erzielte Ergebnisse

Mit Veröffentlichung der Publikation und der erzielten Ergebnisse wurde die festgehaltene Zielstellung im Wesentlichen erreicht.

In der Publikation wurde nicht nur, wie gewollt, der aktuelle Stand Deutschlands und anderer konkurrierender Länder abgebildet, sondern auch notwendige Technologien und Zukunftsszenarien abgebildet.

Derart wurden vielfältige Akteure, Markttechnologien und Marktpotenziale analysiert. Entgegen den Vorstellungen war die Abgrenzung der Biointelligenz mitunter einer der müßigsten (und verzögernden) Punkte. So war es (wie oben dargestellt) nicht so eindeutig Akteure und Technologien zu identifizieren wie gedacht. Gleichsam steht es um das Marktpotenzial, da es beim statistischen Bundesamt z.B. noch keine eigene Kategorie für Biointelligenz gibt. Wie bei vielen anderen Studien mussten demnach Schritt

für Schritt eigene Lösungen gefunden werden. Die Einführung der Biointelligenz-Skala und das Hinzuziehen des TRL-Levels (Technology Readyness) trägt dem Rechnung.

Bei den Leitländern haben zudem Sprach- und anationale Barrieren die Recherche erschwert, insbesondere beim Leitland China. Zudem blieben manche Märkte hinter den Erwartungen zurück z.B. Südkorea. Die aufgeführten Limitationen tragen dem Rechnung.

Ebenfalls hinter den Erwartungen zurück ist derzeit der Entwicklungsstatus der Biointelligenz und somit das Interesse des Maschinen- und Anlagenbaus. Im Lauf der Untersuchung wurde klar, dass das Thema zwar weitläufig interessant, aber sowohl Begriff als auch Betroffenheit noch Verwirrung stiften. Dies zeigt sich insbesondere in den Teilnehmenden der Delegationsreise in die USA. Während Forschung und biologienahe Bereiche (z.B. Medizin) sich hier begeistert hervortaten, lieb der Maschinen- und Anlagenbau noch verhalten. Dies mag zum einen an der momentan weiter deutlich gewordenen schwachen Konjunktur liegen – gerade in wirtschaftlich herausfordernden Zeiten bleibt die Vision für Neues eher verschlossen und finanzielle Mittel werden in sichere Häfen investiert. Daneben ist jedoch noch viel Aufklärungsarbeit von Nöten. Dass die Biointelligenz für alle Mehrwert bietet, wurde zuletzt durch die VDMA Services GmbH mit dem Titel „Bio? Mache ich nicht!“ beworben, da dies der vorrangige Satz in den Gesprächen mit Externen war. So viel vielseitig noch das Verständnis, was Zeit und Muße der Beschäftigung zum einen erfordert. Zum andern fehlt maschinenbauseitig noch das eine große Beispiel, dass die Wirkung für alle verdeutlicht, gewissermaßen das, was das IPhone (oder Steve Jobs) für die Digitalisierung war.

Im Ergebnis ist zu sagen, dass die Welt und ihre Wirtschaft derzeit vor mannigfaltigen Herausforderungen stehen. Dies betrifft vor allem den Wandel einer traditionellen in eine nachhaltige Wirtschaft. Die Herausforderungen reichen von den komplexen Handels- und Strukturgefügen (z.B. Lieferketten), globalen Betroffenheiten (z.B. Pandemien), weltweiten Konflikten in Form von Kriegen, über entkoppeltem Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen, Ressourcenknappheit bis hin zum Fachkräftemangel über viele Ebene hinweg. Die hier getroffene Aufzählung ist bei weitem nicht abschließend. Infolge ist auch der Standort Deutschland mit seiner verzweigten Industrie einem hohen Handlungs- und Wandlungsdruck ausgesetzt. Die Transformation hin zu einer biointelligenten Wertschöpfung bietet einen Weg diese Probleme zu lösen und gesetzte Ziele zu erreichen.

Biointelligente Systeme haben ein erhebliches Potenzial, die heute vorherrschenden Produktionsmuster in den betrachteten Bedürfnisfeldern Energie, Konsum, Ernährung, Wohnen und Gesundheit zu verändern und mit innovativen Ansätzen zur Lösung der Herausforderungen beizutragen. Als Querschnittstechnologie erschließen sie neue Wirtschaftszweige, die zur regionalen Resilienz und Ressourcenschonung beitragen. Sie nutzen u. a. biogene Ressourcen, die häufig in Form von Abfallströmen vorliegen, realisieren die Verlagerung der Wertschöpfung zum Nutzer und können damit auch den Fachkräftemangel mildern.

Im Laufe der Untersuchung wurden insgesamt 691 Akteure in der biointelligenten Wertschöpfung identifiziert, davon 83 % Unternehmen, 15 % Hochschulen und Forschungseinrichtungen und 2 % Netzwerke. Seit 2000 stieg die Zahl der Akteure um 417 %, wobei 53 % Kleinst- und Kleinunternehmen sind. Bereits dies deutet auf einen wachsenden Bereich hin, der sich aus Start-Ups entwickelt.

Der Schwerpunkt der Anwendungsbereiche liegt auf dem Gesundheitsbereich (über 60 %), gefolgt von Ernährung (27 %) und Konsum (23 %). Insbesondere die ersten Bereiche sind solche, die sich bereits klassisch mit biologischem Material in der Anwendung befassen, so dass die Einstiegsbarrieren hier generell niedriger sind. Im Ranking führen die USA mit über einem Drittel der Akteure das Feld an, gefolgt von Deutschland.

Im Rahmen der Technologieanalyse wurden 17 wesentliche Befahigertechnologiefelder definiert und für eine Marktanalyse in insgesamt 83 Marktsegmente unterteilt und hinsichtlich des Marktvolumens, des Marktwachstums bis 2030 und 2040 und des notwendigen Anfangsinvestitionsvolumens untersucht. Insgesamt wurden 414 biointelligente Technologien, Produktionssysteme, Produkte und Dienstleistungen identifiziert. Davon können 259 bereits als (nahezu) biointelligent bezeichnet werden. Die USA sind hierbei mit 34 % führend, Deutschland folgt mit 21 %. Hervorzuheben sind hierbei auch die seit 2017 exponentiell wachsenden Publikationen zu biointelligenten Technologien. Im Rahmen der Literaturrecherche konnten insgesamt 15.229 Publikationen zu allen Befähigertechnologiefelder in den

Leitländern identifiziert werden (weltweit ca. 19.904). Besonders hervorzuhebende Technologiefelder sind unter anderem Bio-Robotik, Bioprinting und biobasierte Energieerzeugung.

Das im Rahmen der Marktanalyse errechnete Marktvolumen beträgt derzeit 139,9 Mrd. USD und soll bis 2030 auf 402 Mrd. USD wachsen, mit einem jährlichen Wachstum von 12,4 %. Bis 2040 wird ein Anstieg auf 849,3 Mrd. USD erwartet. Die größten Marktsegmente von zunehmend konvergierenden Befahigertechnologien sind Bioraffinerien und Bioreaktoren, Biosensoren und Bioreaktoren, Metabolic Engineering und Synthetische Biologie sowie Smart Greenhouse und Smart Farming. Die geringsten Marktvolumina weisen derzeit Biofoundries und Hochdurchsatz-Screening durch Laborautomatisierung, Human-Biomachine-Interfaces sowie Bio-Computing und Data Storage auf. Für eine Wettbewerbsfähigkeit sind insbesondere bei den letztgenannten Anfangsinvestitionen in Forschung, Infrastruktur und Wertschöpfungsketten notwendig.

Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen des Benchmarkings erkennen, dass die USA derzeit das größte Potenzial haben, zukünftig eine Schlüsselrolle in der biointelligenten Wertschöpfung einzunehmen, gefolgt von Deutschland und Schweden. Auf den Plätzen vier bis sieben folgen Finnland, das Vereinigte Königreich und Irland, die Niederlande und Kanada. Das Ergebnis für Deutschland liegt dabei nicht nur in seiner vielfältigen Forschungslandschaft (Grundlagenforschung) begründet, sondern auch im Bestehen und Entwickeln interdisziplinärer Studiengänge und Ausbildungsberufe, die den Transfer durch qualifizierte Fachkräfte fördern.

Im Praxisbereich hat Deutschland durch seine Anpassung an globale Marktveränderungen und ein ausgeprägtes Bewusstsein für die Bedeutung der biointelligenten Wertschöpfung die Chance, seine führende Position weiter auszubauen. Schwächen liegen trotz Akteuren und Technologien derzeit noch in der Markteinführung von biointelligenten Technologien, Produkten und Dienstleistungen. Diese sind meist noch auf einem niedrigen TRL-Level angesiedelt, so dass der Anwendungstransfer noch langsam erfolgt bzw. Potenziale noch nicht (vollständig) ausgeschöpft werden. werden. Zudem hindern hohe bürokratische und rechtliche Erfordernisse oft eine schnelle Umsetzung und auch Unternehmenswachstum.

Neben den näher betrachteten Ländern sind Bestrebungen zudem in Indien, Süd-Korea, Japan, Frankreich, Italien oder Singapur zu erkennen. Diese gilt es auch in Zukunft, im Auge zu behalten.

Zusammenfassen lässt sich sagen, dass mit dieser Untersuchung Perspektiven für eine zukunftsfähige Gestaltung biointelligenter Wertschöpfungsnetzwerke aufgezeigt werden. Sie unterstreicht die Dringlichkeit, innovative Lösungen zu entwickeln und umzusetzen, um den ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen von Heute zu begegnen

II.5 Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

Auf die Biointelligenz aufmerksam gemacht wurde über die Verzweigung der VDMA Services GmbH bei unterschiedlichen Mitgliederveranstaltungen des VDMA (Vorstands- und Mitgliederversammlungen einzelner Fachverbände), Messen (Vortrag auf der POWTECH, Panel auf der HANNOVER MESSE) sowie in Publikationen (VDMA Magazin, VDMA Industrie-Podcast, VDMA Webseite). Dies galt stets der Bekanntmachung der Biointelligenz im (deutschen) Maschinen- und Anlagenbau.

II.6 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wie in Abschnitt II.4 sowie in der Publikation festgehalten, zeigt die Untersuchung eine Perspektiven für eine zukunftsfähige Gestaltung biointelligenter Wertschöpfungsnetzwerke auf. Zudem unterstreicht sie die Dringlichkeit, innovative Lösungen zu entwickeln und umzusetzen, um den ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen von Heute zu begegnen.

Für den Maschinen- und Anlagenbau liegt ihr Wert in der frühzeitigen Betrachtung einer möglichen globalen Wirtschaftstransformation. In der Art agiert die Untersuchung für die VDMA Services GmbH als eine Art Trendradar, die eine Basis für zukünftige Beobachtungen schafft.

Mit der Identifikation der Befähigertechnologien können dem Maschinen- und Anlagenbau nicht nur konkrete Anwendungen, sondern auch konkrete Betroffenheiten aufgezeigt werden. Dies verdeutlicht noch schwer verständliche Botschaft. Derart können auch die Unternehmen selbst ihr Auge auf bestimmte Sachverhalte und Entwicklungen legen.

Die Untersuchung hat zudem bereits jetzt ein globales Aufstreben verschiedener Akteure aufgedeckt. Dies bedeutet nicht nur für die Branche, sondern auch das Land eine Art Zugzwang. Die Dringlichkeit einer kontinuierlichen Beobachtung der Geschehnisse und die Schärfung des Bewusstseins der Industrie ist demnach auch eine fortschreitende Aufgabe, die einer möglichen Überraschung durch einen plötzlichen Sprung in der Entwicklung (vgl. Elektromobilität) vorgebeugt werden kann.

Mögen die Ergebnisse zu diesem Zeitpunkt noch abstrakt für die konkrete Praxisanwendung insbesondere für hochskalierbare Anwendungen und Geschäftsmodelle sein, so kann sie darauf vorberietet werden, was auf sie zukommen und über mögliche Empfehlungen (z.B. Vernetzung in Netzwerken, zur Forschung oder interdisziplinär) aufmerksam gemacht, wenn nicht sogar angeregt werden.

Dies gilt umso mehr, je näher die Branche bereits in der Anwendung an der Biologie ist (z.B. Nahrungsmittel, Medizin, Pharma), da hier der Transfer einer geringeren Vorstellungskraft bedarf.

II.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojektes

Aktivitäten zur Vernetzung und Erfahrungsaustausch waren insbesondere durch die Delegationsreise und die Statustreffen gegeben.

Außerhalb des Projekts kam auf Seiten der VDMA Services GmbH die Projektleiterin Nathalie Wagner noch über eine Veranstaltung des BMWK zur Bioökonomie mit anderen Interessierten dieser Sparte in Kontakt (Länderinitiativen BW, NRW sowie einzelne Protagonisten wie Start-Ups).

Übergreifende Vernetzung fand zudem mit dem KBI (über das Fraunhofer IPA) sowie über das europäische Projekt ManuFuture statt.

II.8 Veröffentlichungen, Vorträge Referate, etc.

Wie bereits geschildert wurde die Biointelligenz (in Kombination mit der Untersuchung) bereits vielfältig im Vorhinein beworben – auch um Engagement und Interesse an einzelnen Punkten der Projekts zu fördern (s. II.5).

Zur Bewerbung der Ergebnisse wurde zudem folgende Punkte ergriffen:

- Ausspielung der Publikation auf VDMA-Themenseite Biologisierung
- Veröffentlichung Pressinformation im Projektteam mit individueller Verteilung
- VDMA Podcast-Aufnahme zum Thema mit Projektbeteiligten Dr. Thomas Bauernhansl und Richard Clemens
- LinkedIn-Post über VDMA Kanals zur Publikation
- Panel auf der HANNOVER MESSE

Im Weiteren stehen noch folgende Punkte bevor:

- Aufgreifen themenbezogener Ergebnisse für Veranstaltungen für die VDMA-Mitgliedschaft
- Veröffentlichung Artikel CITPlus mit Fokus Prozesstechnik, Autorin: Nathalie Wagner
- Aufbereitung einzelner maschinen- und anlagenbaurelevanter Aspekte auf VDMA-Themenseite Biologisierung

Das Thema Biointelligenz wird zudem zukünftig weiter beobachtet, evaluiert und verbreitet. Wie bereits oben geschildert ist für den Maschinen- und Anlagenbau insbesondere ein praxisnahes Beispiel relevant, dass ohne viel Erklärung begreifbar und augenöffnend für eine „Industrierevolution“ ist. Die „wirkliche“ Arbeit der VDMA Services GmbH beginnt dann ab diesem Punkt.

II.9 Literaturverzeichnis

- zugehörige Publikation zur Untersuchung „Benchmark Biointelligenz – Stand und Perspektive einer nachhaltigen industriellen Wertschöpfung“ (https://vdma.org/documents/34570/51673050/Benchmark%20Biointelligenz%20Stand%20und%20Perspektiven%20einer%20nachhaltigen%20industriellen%20Wertsch%C3%B6pfung.pdf/082dedb1-18d1-2bea-c954-010b7a460880)
- VDMA Future Business „Biologisierung der Industrie 2035 – Szenariostudie Band VII“ (https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/32923594)
- VDMA Fokusseite Biologisierung: https://www.vdma.org/biologisierung
- VDMA Industrie Podcast – EP 56 „Biointelligente Wetschöpfung“ (https://vdma.org/viewer/-/v2article/render/92183402)

Schlussbericht

(wird auf Anfrage Dritten zur Verfügung gestellt, s. BMBF Richtlinien: NKBF 98 und ANBest-P)

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
VDMA Services GmbH	02P20E803
Förderprogramm:	
Titel des Vorhabens: „Verbundprojekt: Internationaler Benchmark Biointelligenz (InBenBio); Teilprojekt: Erkenntnisvermittlung und Industriebefähigung“	
Projektleiter/ Projektleiterin: Nathalie Wagner	Tel.: +49 69 6603-1494 E- Mail: nathalie.wagner@vdma.org
Laufzeit des Vorhabens von: 15.11.2022	bis: 31.03.2024

Verfassen Sie bitte einen kurzen **Schlussbericht** zu Ihrem Vorhaben unter Verwendung nachfolgender Gliederung und fügen diesen als **Anlage** bei:

1. Aufgabenstellung

   Mit dem erweiterten Einzug der Biologie in die Produktion tritt auch die neue Form der Biointelligenz auf. Diese beschreibt das Zusammenkommen von Biologie, (Produktions-)Technologie und Informatik. Vor der Betrachtung, dass Ressourcen erschöpflich sind und Deutschland eine anerkannte Industrie hat, war fraglich, wie das Land derzeit (im Vergleich mit anderen) dasteht und was essenzielle Faktoren sind, um eine mögliche Marktführung zu erreichen. Die Aufgabe war demnach in diesem Sinne einen Benchmark für die biointelligente Wertschöpfung aufzustellen, der entsprechende Erkenntnisse liefert.

2. Voraussetzung unter der das Vorhaben durchgeführt wurde (z.B. Ressourcen, Einbindung in die Unternehmensstrategie, Vorarbeiten und Vorkenntnisse, etc.)

   Auf Seiten der VDMA Services GmbH waren vier Personen in das Vorhaben involviert: Die Projektleiterin (VDMA Services GmbH), der Geschäftsführende der VDMA Fachverbände Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen sowie Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate sowie eine Mitarbeitende und der Leiter des VDMA Competence Center Future Business.

   Das VDMA Competence Center Future Business gab im Jahr 2022 die Studie „Biologisierung 2035“ heraus, die den Grundstein der „Bio-Aktivitäten“ im VDMA und anhängiger Gruppierungen bildete. Die dort angewandte Methodik gab tiefergehende Einblicke in die mögliche Entwicklung der Biologisierung in Deutschland im Jahr 2024.

   Das Thema wurde im Laufe der Zeit an die Fachverbände Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen sowie Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate unter deren Geschäftsführend abgegeben.

   Infolgedessen war der Einbezug der beiden Führungskräfte durch eine einhergehende Expertise von Wert für den Beitrag der VDMA Services GmbH. Die Projektleiterin sowie die Mitarbeitende des Competence Center Future Business bewältigten dagegen die hauptsächlichen Aufgaben des Vorhabens – sie wurden bereits im Vorfeld in die Thematik eingewiesen und zeigten Kompetenz im Bereich der Biologisierung als auch für die Projektarbeit und die Beachtung der Praxisnähe.

3. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn und Ende des Vorhabens

   Zu Anfang war das Wissen der Parteien um die Biointelligenz weniger tief als zum Ende des Projekts. Man kannte kaum Akteure oder solche, die sich entfernt damit beschäftigten. Es fehlte an Abstufungen, an Kriterien. Zudem kannte man kaum Aktivitäten aus dem Ausland – es herrschten vorrangig Vermutungen mit wenig Belegen vor. Fraglich war auch die Weite der Bedeutung des Themas. So waren sich alle Partner einig, dass das Thema eine neue Revolution für die Produktionstechnik sein könnte (ähnlich Industrie 4.0), doch handelte es sich hier viel mehr um ein Konzept als um konkrete Ansätze. Mit dem Projekt galt es Technologien, Anwendungsfelder und Ansätze zu finden – und es somit nicht nur dem Einzelnen, sondern auch für die Industrie greifbarer, sogar begreiflich zu machen.

   All diese Fragen konnten im Laufe des Vorhabens geklärt werden und wurden in der Publikation zur Untersuchung aufbereitet. Der generelle wissenschaftlich und technische Stand hat sich im Bereich vermutlich nicht verändert. Die biointelligente Wertschöpfung befindet sich derart noch am Anfang ihres Weges, Grundsteine bestehen z.B. in Form von Befähigertechnologien. Konkrete Geschäftsmodelle für den Maschinen- und Anlagenbau, die in großer Skalierung problemlos funktionieren, sind derzeit aber noch nicht abzusehen.

4. Planung und Ablauf des Vorhabens (z.B. Planabweichung, Probleme bei der Durchführung, etc.)

   Zu Beginn des Projekts wurde ein Plan mit neun Arbeitspaketen erstellt, wobei die VDMA Services GmbH hier nicht nur eine inhaltliche, sondern eine unterstützende Rolle übernahm. Das Fraunhofer IPA leitete die organisatorischen Aufgaben und organisierte fast wöchentlich stattfinde Online-Meetings zum Gegenseitigen Update.

   Die Hauptaufgaben der VDMA Services GmbH bestanden vor allem in der Akteurs- und Technologierecherche, der Bewertung der Leitländer, der Organisation der Reisen, der Durchführung der Szenariotechnik und der Verschriftlichung der Ergebnisse. Prinzipiell wurde aber zu jedem Paket etwas beigetragen.

   Bereits in der Anfangsphase traten im Projekt Verzögerungen aufgrund von Weihnachts- und Neujahrsurlaub auf. Dieser Verzögerung schloss sich ein schrittweises zusammenfindendes Team sowie umfassende Rechercheaufgaben an, die durch Fragen der Abgrenzung verstärkt wurden. Die ohnehin recht sportliche Zeitberechnung wurde demnach auch durch die Neuheit des Feldes gerissen – so mussten Kriterien erst definiert, Definition spezifiziert und Grundsatzfragen der Abgrenzung geklärt werden (so z.B. auch die Weite des Begriffs der Biointelligenz).

   Komplikationen traten ebenso beim Benchmarking einzelne Länder auf. So waren Informationen über China nur schwer zu erfassen und zum Zeitpunkt der Erhebung noch durch einen vorangegangenen Vorfall belastet, der die internationalen Beziehungen Vorsicht walten ließ.
   Zudem musste die geplante Reise nach Israel kurzfristig aufgrund des Israel-Palästina-Konflikts abgesagt werden. Der Untersuchung blieb demnach ein Erfahren vor Ort verwehrt.

   Etwaige Abweichungen haben das Projektteam aber nicht verzagen lassen, sondern für einen guten Zusammenhalt und eine intensive Zusammenarbeit aller Beteiligten geführt, die alle insbesondere in der aufwendigen Schreibphase zu schätzen gewusst haben.

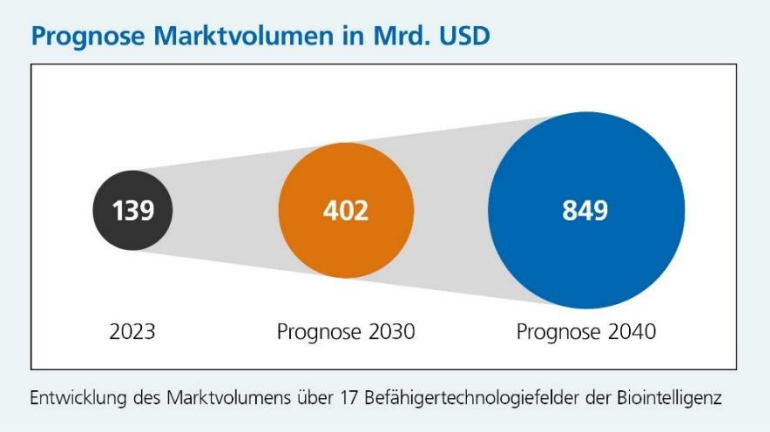
5. Erzieltes Ergebnis (ggf. durch Bilder, Diagramme oder Grafiken ergänzen)

Die Welt steht vor großen Herausforderungen, darunter vorrangig der Wandel hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft. Die Transformation hin zu einer biointelligenten Wertschöpfung bietet einen Weg diese Probleme zu lösen und gesetzte Ziele zu erreichen. Dies gilt insbesondere für die Bedürfnisse in den Bereichen Gesundheit, Ernährung, Konsum, Wohnen und Energie.

Seit 2000 ist die Zahl der Akteure in der biointelligenten Wertschöpfung um 417 % gestiegen, mit den USA und Deutschland an der Spitze. Die derzeit größten Anwendungsbereiche sind biologienah: Gesundheit (über 60 %), gefolgt von Ernährung (27 %). Biointelligente Technologien verzeichnen zudem seit 2017 exponentielles Wachstum, was den wachsenden Markt unterstreicht.

Insgesamt wurden in der Untersuchung 691 Akteure mit direktem Bezug zur biointelligente Wertschöpfung in den Leitländern identifiziert. Dazu wurden 17 wesentliche Befahigertechnologiefelder definiert, für eine Marktanalyse in insgesamt 83 Marktsegmente unterteilt und hinsichtlich des Marktvolumens, des Marktwachstums bis 2030 und 2040 und des notwendigen Anfangsinvestitionsvolumens untersucht. Derart wurden insgesamt 414 biointelligente Technologien, Produktionssysteme, Produkte und Dienstleistungen identifiziert. Davon können 259 bereits als (nahezu) biointelligent bezeichnet werden.

Das Marktvolumen der biointelligenten Wertschöpfung liegt derzeit bei 139,9 Mrd. USD und soll bis 2040 auf 849,3 Mrd. USD steigen. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, sind jedoch Anfangsinvestitionen in Forschung, Infrastruktur und Wertschöpfungsketten entscheidend.



Entwicklung des Marktvolumens über 17 Befähigertechnologiefelder der Biointelligenz

Deutschland belegt im aufgestellten Länderranking derzeit Platz zwei mit Vorsprüngen im Bereich Forschung, Bildung und Marktzugang. Es sind jedoch auch Schwächen zu erkennen z.B. in der Markteinführung und Skalierung neuer Technologien – hier vorrangig durch lähmende Rechtsvorschriften und Bürokratie. Dennoch hat Deutschland die Chance, seine führende Position weiter auszubauen und so am Rennen, um die internationale Marktführerschaft ein ernsthafter Gegner zu sein.

6. Nutzen für das Unternehmen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses

   Wie in (5.) sowie in der Publikation festgehalten, zeigt die Untersuchung eine Perspektive für eine zukunftsfähige Gestaltung biointelligenter Wertschöpfungsnetzwerke auf. Zudem unterstreicht sie die Dringlichkeit, innovative Lösungen zu entwickeln und umzusetzen, um den ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen von Heute zu begegnen.

   Für den Maschinen- und Anlagenbau liegt ihr Wert in der frühzeitigen Betrachtung einer möglichen globalen Wirtschaftstransformation. In der Art agiert die Untersuchung für die VDMA Services GmbH als eine Art Trendradar, die eine Basis für zukünftige Beobachtungen schafft.

   Mit der Identifikation der Befähigertechnologien können dem Maschinen- und Anlagenbau nicht nur konkrete Anwendungen, sondern auch konkrete Betroffenheiten aufgezeigt werden. Diese verdeutlichen die schwer zu erfassend Botschaft. Derart können auch die Unternehmen selbst ihr Auge auf bestimmte Sachverhalte und Entwicklungen legen.

   Die Untersuchung hat zudem bereits jetzt ein globales Aufstreben verschiedener Akteure aufgedeckt. Dies bedeutet nicht nur für die Branche, sondern auch das Land eine Art Zugzwang. Die Dringlichkeit einer kontinuierlichen Beobachtung der Geschehnisse und die Schärfung des Bewusstseins der Industrie ist demnach auch eine fortschreitende Aufgabe, die einer möglichen Überraschung durch einen plötzlichen Sprung in der Entwicklung (vgl. Elektromobilität) vorgebeugt werden kann.

   Mögen die Ergebnisse zu diesem Zeitpunkt noch abstrakt für die konkrete Praxisanwendung insbesondere für hochskalierbare Anwendungen und Geschäftsmodelle sein, so kann sie darauf vorberietet werden, was auf sie zukommen und über mögliche Empfehlungen (z.B. Vernetzung in Netzwerken, zur Forschung oder interdisziplinär) aufmerksam gemacht, wenn nicht sogar angeregt werden. Dies gilt umso mehr, je näher die Branche bereits in der Anwendung an der Biologie ist (z.B. Nahrungsmittel, Medizin, Pharma), da hier der Transfer einer geringeren Vorstellungskraft bedarf.

7. Zusammenarbeit mit anderen Stellen oder außerhalb des Verbundprojektes (Schulung, Beratung, Erfahrungsaustausch u. a.)

   Aktivitäten zur Vernetzung und Erfahrungsaustausch waren insbesondere durch die Delegationsreise und die Statustreffen gegeben. Für die Praxisnähe war insbesondere der Industriebeirat gebildet worden.

   Die Reisplanung wurde nach Ausschreibung durch die AHK Israel für Israel und für die USA durch bw International übernommen.

8. Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

   Außerhalb des Projekts kam auf Seiten der VDMA Services GmbH die Projektleiterin Nathalie Wagner noch über eine Veranstaltung des BMWK zur Bioökonomie mit anderen Interessierten dieser Sparte in Kontakt (Länderinitiativen BW, NRW sowie einzelne Protagonisten wie Start-Ups).
   Übergreifende Kontakte bestanden zudem mit dem KBI (über das Fraunhofer IPA) sowie über das europäische Projekt ManuFuture.

9. Veröffentlichungen, Vorträge, Referate, etc.

   Wie bereits geschildert wurde die Biointelligenz (in Kombination mit der Untersuchung) bereits vielfältig im Vorhinein beworben – auch um Engagement und Interesse an einzelnen Punkten des Projekts zu fördern.

   Zur Bewerbung der Ergebnisse wurde zudem folgende Punkte ergriffen:

   - Ausspielung der Publikation auf VDMA-Themenseite Biologisierung
   - Veröffentlichung Pressinformation im Projektteam mit individueller Verteilung
   - VDMA Podcast-Aufnahme zum Thema mit Projektbeteiligten Dr. Thomas Bauernhansl und Richard Clemens
   - LinkedIn-Post über VDMA Kanals zur Publikation

- Panel auf der HANNOVER MESSE 2024

Im Weiteren stehen noch folgende Punkte bevor:

- Aufgreifen themenbezogener Ergebnisse für Veranstaltungen für die VDMA-Mitgliedschaft
- Veröffentlichung Artikel CITPlus mit Fokus Prozesstechnik, Autorin: Nathalie Wagner
- Aufbereitung einzelner maschinen- und anlagenbaurelevanter Aspekte auf VDMA-Themenseite Biologisierung

Das Thema Biointelligenz wird zudem zukünftig weiter beobachtet, evaluiert und verbreitet. Wie bereits oben geschildert ist für den Maschinen- und Anlagenbau insbesondere ein praxisnahes Beispiel relevant, dass ohne viel Erklärung begreifbar und augenöffnend für eine „Industrierevolution“ ist.