



ABSCHLUSSBROSCHÜRE | KICE

Innovationsnetzwerk für die Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI)
zur Umsetzung zirkulärer Wertschöpfung in der Industrie



Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



INHALTSVERZEICHNIS

Projekthintergrund & Ziele | KICE 4

Aktivitäten | KICE 7

Best Practice | AddRE-Mo 13

Best Practice | Signify 15

Best Practice | VliesAlert 17

Best Practice | EIBA 19

Ergebnisse | KICE 21

Projektkonsortium | KICE 23

Impressum | Literaturverzeichnis 24

KICE ist ein Cross-Cluster-Projekt von:



VORWORT | KICE



Alfred Mayr
Geschäftsführer
Umweltcluster Bayern

„Intelligent und zirkulär – sieht so die Wertschöpfung der Zukunft aus? Wir meinen ja!

Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit sind von jeher entscheidende Standortfaktoren für Deutschland. Die gezielte Förderung von innovativen Ansätzen, im Rahmen der Förderinitiative Cross-Cluster-Bayern des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, leistet einen wichtigen Beitrag zur Zukunftssicherung.

Mit dem Cross-Cluster-Projekt KICE adressieren wir zwei der bedeutendsten aktuellen Themenfelder. Wir verknüpfen branchenübergreifend die beiden Welten der Künstlichen Intelligenz und der Circular Economy im Anwendungsbereich der industriellen Produktion.

Wir freuen uns Ihnen mit dieser Abschlussbroschüre die wichtigsten Projektergebnisse aufzeigen zu können, welche idealerweise die Grundlage bilden für die Fortführung der Cross-Cluster Aktivitäten!“



Heiko Bartschat
Leiter Cluster
Mechatronik & Automation

„Künstliche Intelligenz (KI) hat das Potenzial, eine wichtige Rolle beim Übergang der produzierenden Industrie zu einer Kreislaufwirtschaft zu spielen. Sie eröffnet Potenziale in der Entwicklung effizienterer Recyclingsysteme oder stärkt kreislauforientierte Aspekte im Produktlebenszyklus.

Ein Beispiel ist das Monitoring der Produktnutzung durch intelligente Sensoren und daraus resultierende Entscheidungen über Reparatur, Wiederverwendung und Recycling. Darüber hinaus kann KI Unternehmen dabei helfen, ihren Ressourcenverbrauch zu optimieren und neue kreislauforientierte Geschäftsmodelle zu entwickeln. Insgesamt kann KI ein wertvolles Instrument auf dem Weg zu einer nachhaltigeren und kreislauforientierten Wirtschaft sein. Ich danke allen an der Durchführung des clusterübergreifenden Projektes Beteiligten für ihr Engagement.

Wir sind stolz, Ihnen die im Rahmen der Förderinitiative Cross-Cluster-Bayern des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie entwickelte Abschlussbroschüre zu präsentieren und wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!“

PROJEKTHINTERGRUND & ZIELE | KICE

Circular Economy ist dabei, sich zu einem Marktmodell der Zukunft zu entwickeln. Darunter wird eine Kreislaufwirtschaft verstanden, die im Gegensatz zum derzeit verbreiteten „Take-Make-Waste“-Industriemodell steht. Sie zielt darauf ab, Wachstum neu zu definieren und sich auf den positiven Nutzen für die gesamte Gesellschaft zu konzentrieren.

Dazu gehört die schrittweise Entkopplung der Wirtschaftstätigkeit vom Verbrauch endlicher Ressourcen und die systematische Vermeidung von Abfällen. Unterstützt durch einen Übergang zu erneuerbaren Energiequellen, baut das Kreislaufwirtschaftsmodell wirtschaftliches, natürliches und soziales Kapital auf.

Das Kreislaufwirtschaftsmodell basiert im Wesentlichen auf den Prinzipien:

- Vermeidung von Abfall und Schadstoffbelastung durch intelligente Produktentwicklung,
- Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten und Materialien
- Regeneration natürlicher Systeme (EllenMacArthur Foundation 2021).

Dabei wird eine Transformation hin zur Circular Economy nicht nur als ökologische, sondern auch als große ökonomische Chance verstanden. Eine Studie von Accenture (2020) prognostiziert, dass ein kreislaufwirtschaftlicher Ansatz, anstelle der traditionellen Produktionsverfahren und Konsumgewohnheiten, weltweit eine zusätzliche Wirtschaftsleistung in Höhe von 4,5 Billionen US-Dollar bis 2030 erbringen kann. Dabei bieten „digitale Technologien [...] von der rückblickenden

Auswertung bis hin zur KI-gestützten Vorhersage von Daten weitreichende Potenziale für eine umfassende Vernetzung 'smarter' Circular-Economy-Strategien" (Circular Economy Initiative Deutschland 2021). Derzeit noch bestehende Barrieren zirkulärer Geschäftsmodelle können durch die Verarbeitung großer Datenmengen z.B. mithilfe künstlicher Intelligenz und den dadurch gewonnenen Informationen überwunden werden. Dies ermöglicht die Etablierung zirkulärer Material-, Bauteil- und Produktflüsse und führt in Folge einerseits zur Steigerung der Ressourceneffizienz und einer drastischen Minderung der CO₂-Emissionen und andererseits zur Entwicklung neuartiger Geschäftsmodelle und Nutzungsweisen (z. B. Mietmodelle anstelle des klassischen Kaufmodells), die zur Überwindung der linearen Denkweise unabdingbar sind. Erst hierdurch wird es langfristig möglich, das Wirtschaftswachstum vom Rohstoffeinsatz zu entkoppeln und so das durch die Pariser Verträge festgelegte 1,5°-Klimaziel auch tatsächlich zu erreichen.

Aktuelle Digitalisierungsstrategien vieler Unternehmen berücksichtigen laut Bundesumweltministerium (BMU) Aspekte der Nachhaltigkeit und Zirkularität jedoch nicht ausreichend. Sie stellen in der Regel keine Zielgrößen für die Erfolgsmes-

sung von Digitalisierung dar. Dabei ermöglichen digitale Technologien vor allem in der Produktentwicklung eine grundlegende Veränderung zu mehr Zirkularität. Hierdurch wird die Chance vertan, den derzeit stattfindenden Prozess der digitalen Transformation dazu zu nutzen, grundlegende Veränderungen der Geschäftsmodelle und Produktionsprozesse zu bewirken (BMU 2020, S. 8).

Auf europäischer Ebene definiert der Green Deal mit dem Circular Economy Action Plan den Rahmen, um die erfolgreiche Transformation der europäischen Wirtschaft zu ermöglichen. Auf Landesebene bieten der Umwelt- und Klimapakt Bayern sowie die Bayerische Ressourcenstrategie den entsprechenden Förderrahmen. Gleichzeitig unterstützt Bayern durch die Hightech Agenda und Hightech Agenda+ die Entwicklung von Projekten im Bereich der künstlichen Intelligenz.

Das Cross-Cluster Projekt KICE hatte das Ziel dazu beizutragen, diese bisher eher parallel ablaufenden Entwicklungsstrategien miteinander zu verbinden und damit Synergien und Mehrwert für die beteiligten Akteure zu erzeugen.

Strengere Umweltgesetzgebungen auf nationaler und internationaler Ebene werden die Wettbewerbssituation für bayrische Unternehmen zukünftig deutlich verschärfen. Die Verwendung der Grundprinzipien der Circular Economy verbunden mit dem Einsatz künstlicher Intelligenz kann die Unternehmen zunächst dabei unterstützen, die Herausforderungen detailliert zu analysieren und den daraus folgenden Anforderungen technisch gerecht zu werden und so eine führende Rolle im Wettbewerb übernehmen zu können.

Projektziele

- 01** Eröffnung von Innovationsräumen für zirkuläre Geschäftsmodelle durch künstliche Intelligenz in Bayern
- 02** Vernetzung aller Stakeholder innerhalb der betreffenden Wertschöpfungsketten bzw. -netzwerke
- 03** Schaffung von Begegnungsmöglichkeiten für Akteur:innen und Interessierte aus Wissenschaft und Praxis
- 04** Anstoßen von Innovationen und Erschließung neuer Geschäftsfelder
- 05** Stärkung der Beziehungen zwischen bayerischer Wirtschaft und Wissenschaft durch Transfer von Technologie und Know-how am Innovationsstandort Bayern sowie die Stärkung der bayerischen Umweltwirtschaft
- 06** Sensibilisierung der Umweltwirtschaft für die Potenziale des Einsatzes künstlicher Intelligenz sowie die Sensibilisierung von Akteuren der Industrie 4.0 sowie produzierende Unternehmen im Allgemeinen für die Chancen zirkulären Wirtschaftens
- 07** Beitrag zur Erreichung der bayerischen Klimaziele durch Aufzeigen von Kreislaufpotenzialen sowie Möglichkeiten der Ressourcenschonung und Energieeinsparung

AKTIVITÄTEN | KICE



Einordnung der Aktivitäten im KICE Projekt:

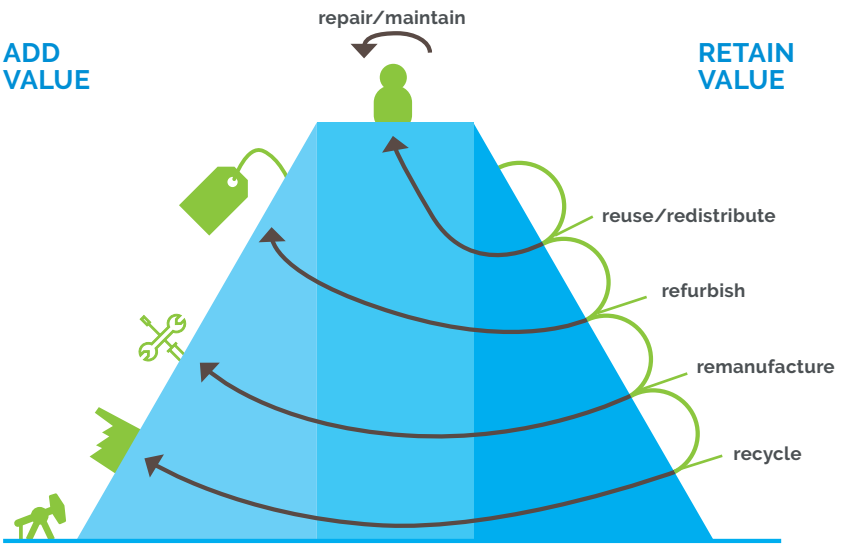
- 01 KI für die Umsetzung zirkulärer & digitaler Geschäftsmodelle
- 02 KI für eine zirkuläre Produktentwicklung
- 03 KI für eine verlängerte Produktnutzung
- 04 KI für die Wertstoffrückgewinnung

Diese Prinzipien orientieren sich an dem Value Hill Modell von Achterberg et al. (2016).

 Das PDF „MASTER CIRCULAR BUSINESS WITH THE VALUE HILL“ finden Sie hier.

Das Projekt KICE hatte unter anderem das Ziel, Begegnungsmöglichkeiten für Akteur:innen und Interessierte aus Wissenschaft und Praxis zu schaffen sowie die Akteure der Industrie 4.0 für die Chancen zirkulären Wirtschaftens zu sensibilisieren und so die Beziehungen zwischen bayerischer Wirtschaft und Wissenschaft durch Transfer von Technologie und Know-how am Innovationsstandort Bayern zu stärken.

In den Projektaktivitäten war somit das Ziel, einen Austausch zwischen Unternehmen, Verbänden und Forschungsinstituten herzustellen und einen Überblick über den Stand der Forschung sowie über vorhandene Best Practices zu gewinnen, in denen Künstliche Intelligenz bereits die Umsetzung zirkulärer Prinzipien unterstützt.



Der Value Hill (in Anlehnung an Achterberg et al. 2016) beschreibt die Prinzipien einer Circular Economy entlang des Produktlebenszyklus.

Hierdurch wurden relevante Akteur:innen miteinander vernetzt und auf der Suche nach geeigneten Fördermitteln, Kooperationen und strategischen Partnern durch die Projektpartner und die Netzwerkveranstaltungen im Laufe des Jahres begleitet.

Neben der Sammlung von Best Practices wurden dabei Handlungsempfehlungen für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik festgehalten.



AKTIVITÄTEN | KICE

01

Auftaktworkshop
Projekt KICE

● April 2022

Am 7. April 2022 gelang der Auftakt zum KICE-Projekt im Technologiezentrum in Augsburg. Lydia Bühler von Mittelstand Digital vermittelt in ihrem Vortrag mit dem Titel: „Zwei Zukunftsthemen vereint: Wie KI die Umsetzung einer Circular Economy für Unternehmen ermöglicht“ grundlegendes Wissen und Best Practices für den Einsatz von KI im Kontext einer Circular Economy.

Weiter wurden die Erwartungen der Teilnehmer:innen an das Projekt aber auch erster Input zu weiteren relevanten Akteur:innen, Best-Practice-Beispielen und aktuellen Barrieren bei der Umsetzung zirkulärer Wertschöpfung mithilfe von KI an vier Thementischen abgefragt und gemeinsam strukturiert. Aufbauend auf den Ergebnissen wurde das Projekt weiter konkretisiert.

02

Fachmessen
IFAT München & Automatica

● Mai 2022

Die Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft (IFAT) fand vom 30. Mai bis 3. Juni 2022 in München statt. Auf dem Messestand vom Umweltcluster Bayern auf dem Gemeinschaftsstand bei Bayern Innovativ konnte das KICE-Projekt vorgestellt werden.

● Juni 2022

Am 23. Juni fand auf dem Gemeinschaftsstand des Clusters Mechatronik & Automation auf der Fachmesse automatica in München ein Workshop zu KI und Circular Economy statt. Im Rahmen des Workshops wurde mit den Teilnehmenden diskutiert, welchen Beitrag KI entlang der Wertschöpfungskette zur Erreichung einer Circular Economy leisten kann und welche neuen Geschäftsmodelle sich dadurch ergeben können.



„Die Etablierung einer Circular Economy in produzierenden Unternehmen ist insbesondere ein Informationsproblem. Digitale Technologien und Daten sind also als „Enabler“ einer Circular Economy zu verstehen.“

Lydia Bühler | Wissenschaftliche
Mitarbeiterin Fraunhofer IIS

03

Expertenworkshop in der
Sortieranlage Rehau

● Juli 2022

Am 19. Juli fand im Rahmen des Projekts KICE ein Expertenworkshop bei der Böhme GmbH Wertstoffeffassung zum Thema „Best Practices, die Künstliche Intelligenz und Circular Economy vereinen“ statt. Zu Beginn der Veranstaltung besichtigten die Teilnehmer:innen die moderne Sortieranlage der Böhme GmbH.

Die anwesenden Expert:innen aus Wissenschaft und Praxis hatten im Rahmen der Veranstaltung die Gelegenheit, wichtige Themen & Inhalte für weitere Veranstaltungen, für die Aufbereitung der Best Practices sowie für Handlungsempfehlungen an die Politik einzubringen. Zudem bot sich im Rahmen des Workshops die Gelegenheit, auch überregional Kontakte zu weiteren Expert:innen und Experten zu knüpfen.

04

Webseminar
„Der Sustainable Twin“

● September 2022

Am 22. September fand im Rahmen der Webinarreihe „Aus der Forschung in die Praxis“ der Bayern Innovativ ein Webinar mit dem Titel „Der Sustainable Twin als Baustein für eine nachhaltige Industrie“ statt. Der Fokus lag dabei vor allem auf der Umsetzung des Digitalen Produktpasses (DPP), der von der Europäischen Kommission gefordert wird.

Johannes Benjamin Helfritz, Leiter des Themenbereichs Digitale Qualität beim DIN e.V., Dr. Johannes Simböck, wissenschaftlicher Referent bei acatech und Frauke Hänel, Projektmanagerin Forschungs- und Innovationsprojekte der iPoint systems GmbH stellten vor, wie die technische und regulatorische Umsetzung eines Digitalen Produktpasses aussehen könnte. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Batterie Pass“ wird bereits ein erstes technisches Modell in einem Pilotprojekt umgesetzt.



Weitere Informationen finden Sie in diesem Fachartikel.

AKTIVITÄTEN | KICE

05

Fachartikel zum Webseminar „Der Sustainable Twin“

● September 2022

Auf Basis des Webinars am 22. September wurde ein Fachartikel erarbeitet, der über die Homepage der Themenplattform Digital Production & Engineering abgerufen werden kann. Der Fachartikel gibt einen Überblick über die Hintergründe und aktuellen Entwicklungen rund um den digitalen Produktpass und stellt den Batteriepass als ein konkretes Projekt zur Realisierung eines solchen Produktpasses vor.

Zudem wird in dem Fachartikel das durch das BMBF geförderte Forschungsprojekt DIBICHAIN vorgestellt, in dem die Umsetzung eines digitalen Produktpasses auf Basis der Blockchain-Technologie erprobt wurde.



Weitere Informationen finden Sie in diesem Fachartikel.

06

Fachkongress „Zirkuläre Werkstoffe“ in Nürnberg

● Oktober 2022

Am 6. Oktober 2022 fand der Kongress „Zirkuläre Werkstoffe – Innovationen für die Zukunft“ von Bayern Innovativ in Nürnberg statt. Im Rahmen der Veranstaltung wurden Chancen und Herausforderungen sowie Potenziale von Materialkreisläufen vorgestellt.

Die Wichtigkeit des Zusammenspiels von KI und der Circular Economy konnte durch die Vorstellung von Best Practice Beispielen veranschaulicht werden. Die Veranstaltung ermöglichte einen wertvollen Austausch mit den Teilnehmenden und den weiteren Ausstellenden.

07

CE Weiterbildung in der Mechatronik Akademie

● Oktober 2022

In der mechatronikakademie des Clusters Mechatronik & Automation werden durch Bildungsangebote Firmen darin unterstützt, ihre Kompetenzen in der Welt von Industrie 4.0 und Digitalisierung weiter auszubauen. Viele Weiterbildungsangebote beinhalten Themenschwerpunkte im Gebiet der KI.

Im Rahmen des Cross-Clusterprojektes wurden im Akademieprogramm neue interdisziplinäre Weiterbildungsangebote im Themenfeld Circular Economy mit aufgenommen und werden langfristig weiterverfolgt.

Das Angebot beinhaltet z.B. eine grundlegende Einführung in die Themen Nachhaltige Produktion & Ökologische Transformation mit Fokus auf die zirkuläre Transformation. Darüber hinaus werden Praxis-Workshops zur Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle sowie der Messung des CO₂-Fußabdrucks im Unternehmen angeboten.

08

Abschlussveranstaltung bei AIRBUS

● Dezember 2022

Am 5. Dezember 2022, zum Projektabschluss, wurden Best Practices und Forschungsprojekte zum Einsatz digitaler Lösungen für die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft vorgestellt. Dabei wurden Potenziale entlang der Wertschöpfung vom Design bis zur Produktrücknahme betrachtet und in einer abschließenden Diskussionsrunde besprochen.

Ergänzt wurde die Nachmittagsveranstaltung durch eine Führung am Ludwig-Bölkow-Campus in Taufkirchen. AIRBUS als Gastgeber hat mit seinem futuristischen Besucherzentrum und der Vision eines CO₂-neutralen Flugzeugs in 2035 einen passenden Rahmen für die Veranstaltung geliefert.



Augsburg TV berichtete im Format „Vorsprung Schwaben“ im Oktober über das Projekt und das Best-Practice-Beispiel „Recycling Atelier des Instituts für Textiltechnik Augsburg (ITA)“



Die TV Sendung finden Sie hier.

BEST PRACTICE | AddRE-Mo

Werterhaltungsszenarien für urbane Elektromobilität der Personen und Lasten durch additive Fertigung und Refabrikation

Ausgangslage

Elektrofahrräder stellen eine sehr gute Alternative für eine emissionsfreie Mobilität dar. Dies hat zur Folge, dass der Absatz von Elektrofahrrädern in Deutschland im Jahr 2021 stark gestiegen ist, auf 2 Millionen Einheiten – Tendenz steigend. Die Lebensdauer der Elektrofahrräder liegt bei ca. 8-10 Jahren.

Da die elektrischen Komponenten sehr komplex sind und es eine hohe Variantenvielfalt gibt, lassen diese sich mit bisherigen Verfahren nicht wirtschaftlich reparieren. Daher bleibt es oft unklar, was am Ende des Lebenszyklus mit den defekten Elektrofahrrädern passiert.

Herangehensweise

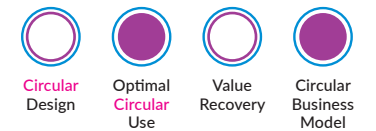
Das Ziel von AddRe-Mo ist, Elektrofahrrädern durch Refabrikation und dem Einsatz von additiven Fertigungsverfahren kreislauffähig zu machen. Denn bisher werden zwei Drittel der defekten Komponenten als Ganzes getauscht – sofern Ersatzteile verfügbar sind. Ist dies nicht der Fall, ist das gesamte Elektrofahrrad oftmals Schrott. Durch Refabrikation können Altteile aufgearbeitet und diese somit kreislauffähig gemacht werden.

Nachhaltigkeitsimpact

Die Refabrikation von Altteilen bei Elektrofahrrädern bietet ein enormes Potenzial für die Ressourcenschonung. Ist ein Elektrofahrrad defekt und wird als Schrott deklariert, bedeutet dies ca. 20 kg Schrott von wertvollen Materialien und Ressourcen – die Refabrikation kann dies durch minimalen Materialeinsatz verhindern. Zudem ermöglichen diese Fertigungsweisen, kreislauffähige Geschäftsmodelle zu etablieren.

Rolle der KI

Die Refabrikation (engl. Remanufacturing) bezeichnet die industrielle Aufarbeitung oder Instandsetzung von Produkten mit mindestens einem gleichwertigen Qualitätsniveau zum Ausgangsprodukt. Die additive Fertigung ist ein Werkzeug der Refabrikation. Hier werden Bauteile durch schichtweises Hinzufügen von Material (bspw. 3D-Druck) gefertigt. Wichtig für diese Technik ist eine Datengrundlage im Rahmen einer digitalen Modellierung. Zudem werden „Neuronale Netze“ zur Komponentenerkennung verwendet. Diese KI-Methode ermöglicht es, von außen scheinbar identische Bauteile mit Hilfe einer KI-gestützten Bilderkennung zu identifizieren.



Kritische Erfolgsfaktoren – Umsetzung & Fortführung

Wesentlicher Erfolgsfaktor für die Umsetzung und Fortführung der additiven Fertigung für die Kreislauffähigkeit von Elektrofahrrädern ist die Schaffung einer evidenten Datengrundlage für weitere Versagensfälle und die Ausweitung von Feldtests zur Qualitätssicherung. Zudem müssen diese Anreize auch den Herstellern nahegebracht werden und die Möglichkeit neuer Geschäftsmodelle aufgezeigt werden.

Projektkonsortium

- Projektgruppe Prozessinnovation des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
- Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
- Electric-Bike-Solutions GmbH
- cirp GmbH
- Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster Bayern e.V.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

ReziProK
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft –
Innovative Produktkreisläufe



Zur Projektwebseite
bitte hier klicken

BEST PRACTICE | Signify

Signify, ehemals Philips Lighting, bietet energieeffiziente Beleuchtungssysteme und Services

Ausgangslage

Bisher wurden Leuchtmittel am Ende des Lebenszyklus entsorgt und keiner weiteren Wertschöpfung unterzogen. Auch konnte man Lichtquellen lediglich ein- und ausschalten. Eine angepasste und individuelle Steuerung und Dimmung ist erst seit der innovativen, smarten LED-Technik möglich.

Herangehensweise

Lightning-as-a-service: Kunden mieten Lightning Services angepasst an individuelle Bedürfnisse inklusive Installation, Wartung und Rücknahme. Durch die Anbindung an eine IoT-Plattform wird der Energieverbrauch überwacht und durch effiziente LED-Technik möglichst minimiert.

Circular-Lightning: Bereits beim Design wird auf Wiederverwendbarkeit geachtet, über das Service-Modell werden Produkte zurückgenommen und auf Wiederverwendbarkeit geprüft.

Im 3D-Druck-Verfahren werden aus 65% recyceltem und recycelbarem Material kreislauffähige Lampen aus Polycarbonat hergestellt.

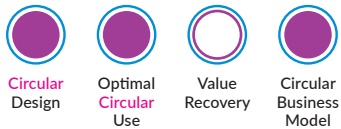
Nachhaltigkeitsimpact

Durch kreislauffähige Geschäftsmodelle können Ressourcen eingespart werden. Die Option, Licht als Dienstleistung zu kaufen, inkl. der Installation und Wartungsarbeiten, anstatt dem Erwerb eines physischen Produktes, ermöglicht einen neuen und innovativen Ansatz mit Bedacht auf Ressourcenreduzierung.

Durch die Rücknahmelösung und das Leuchten-Design auf 3D-Druck-Basis erhöht sich die Kreislauffähigkeit und die Lebensdauer der Leuchten.

Rolle der KI

KI kann bereits bei der Design-Phase eine wichtige Rolle im 3D-Druck spielen. Durch die Anbindung an ein IoT-System können verschiedene Systeme miteinander kommunizieren und sich effizient auf die realen Gegebenheiten abstimmen. Insbesondere für die Vorhersage und Auswertung des Nutzungsverhaltens und der benötigten Lichtverhältnisse können KI-Systeme zum Einsatz kommen. Dies ist vor allem im Facility-Management sehr interessant.



Kritische Erfolgsfaktoren – Umsetzung & Fortführung

Simplify ist ein innovativer Ansatz für ein kreislauffähiges und wirtschaftliches Geschäftsmodell. Licht zu mieten statt Produkte physisch zu besitzen ermöglicht ein ressourcenschonendes, kreislauffähiges Mindset und wagt einen neuen Umgang mit Produktdienstleistungen. Zudem kann auf Kundenwünsche individuell eingegangen werden.

Neue Techniken wie die additive Fertigung ermöglichen kleine Losgrößen und geringe Komponentenzahl, was die Kreislauffähigkeit erhöht, bei gleichzeitiger zeitgenössischer Individualisierung. Die Beleuchtungsbranche ist direkt durch die Energiekrise und das damit einhergehende Energiesparen betroffen. Dieser externe Faktor erhöht den Investitions- und Innovationsdruck in effiziente und smarte Technologien.

BEST PRACTICE | VliesAlert

Institut für Textiltechnik Augsburg (ITA)

Vier bayerische Firmen entwickeln zusammen mit dem Institut für Textiltechnik Augsburg ein Mess- und Vorhersagesystem für Krempelvliesanlagen mit Methoden der industriellen künstlichen Intelligenz zur deutlichen Reduktion von Ausschussware.

Ausgangslage

Vliesstoffe sind als Filterstoffe in Masken während der Corona-Krise der breiten Öffentlichkeit ein Begriff geworden. Die textile Flächenbildung beruht auf der Reibung zwischen den Fasern und kann mit „Filzen“ verglichen werden. Die Qualitätsmessung von Vliesstoffen erfolgt derzeit zumeist offline und am Ende der Prozesskette. Nicht reversible Prozessschritte der Verfestigung und Veredlung sind hier bereits abgeschlossen. Ausschussware wird dadurch erst im Endprodukt erkannt und ein innerbetriebliches, stoffliches Recycling des Materials ist nur mehr bedingt möglich.

Die Behebung von Fehlern vor der Verfestigung ist deshalb nur mit deutlicher Verzögerung möglich, was zu einer Ausschussmenge von ca. 10 % der Produktionsmenge führt. Ein Recyclen des Ausschusses ist nur unter großem Aufwand möglich, weshalb das fehlerhafte Endprodukt oftmals nur einer thermischen Verwertung (Verbrennung) zugeführt wird.

Herangehensweise

Verschiedene Messprinzipien erfassen online die Vliesstoffqualität entlang der Prozesskette. Die Daten werden vorausgewertet und zentral erfasst. In diesem Projekt wird erstmalig ein Algorithmus entwickelt, der in der Lage ist, aus den Sensordaten der Zwischenproduktqualität ein einheitliches

Qualitätsbild des Endproduktes zu berechnen. Durch die zusätzliche Verknüpfung von Maschineneinstellungen mit den unterschiedlichen Endproduktqualitäten entsteht ein selbstständiges Vorhersagesystem, welches rechtzeitig in den Fertigungsprozess eingreift, um die Produktion von Ausschussware zu verhindern.

Nachhaltigkeitsimpact

Während der Produktion berechnet das Programm, ob mit der erreichten Zwischenproduktqualität noch Gutware innerhalb der Qualitäts-schranken des Endproduktes erreicht werden kann. Bei drohender Ausschussproduktion wird das Zwischenprodukt rechtzeitig vor der Verfestigung abgesaugt, sodass die Fasern wieder verwendet werden können. Andernfalls kann die Ware nach der Verfestigung nur noch thermisch verwertet werden. Es wird erwartet, auf diese Weise den Ausschuss um mehr als 30 % reduzieren zu können.

Rolle der KI

Die Basis des Vorhersage- und Einstellungsempfehlungssystems bilden neuronale Netze, die aus dem reichen Datensatz der Onlinemessungen in Verknüpfung mit Qualitätsdaten trainiert wurden. Der Einsatz der künstlichen Intelligenz ermöglicht die Modellierung der hochkomplexen Zusammenhänge im Vliesstoffprozess. Die Qualität ist

dabei ausreichend hoch, dass eine verlässliche Vorhersage und damit eine Reduktion des Ausschusses gewährleistet wird.

Kritische Erfolgsfaktoren – Umsetzung & Fortführung

Ein entscheidender Pfeiler für den Projekterfolg ist das motivierte und technisch kompetente Konsortium aus vier in Bayern ansässigen Firmen und dem Institut für Textiltechnik.

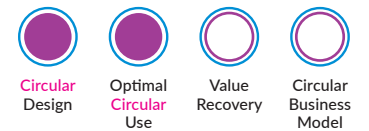
Die Firma Dr. Schenk GmbH ist ein führender Anbieter für die automatische optische Oberflächeninspektion und entwickelt für das Projekt die Messtechnik mit Methoden der künstlichen Intelligenz weiter.

Die Mahlo GmbH + Co. KG gehört zu den weltweit führenden Herstellern von strahlungsbasierten Messsystemen für die Textil- und Veredelungsindustrie. Das Qualitätserfassungssystem QMS wird durch OPC-UA zukunftsfähig gemacht und die Sensortechnik weiterentwickelt.

Die Tenowo GmbH ist ein weltweit agierender, kompetenter und innovativer Vliesstoffproduzent. Die Tenowo liefert die notwendige Erfahrung im industriellen Umfeld der Vliesstoffproduktion.

Die iba AG ist ein Unternehmen, das Datenerfassungs- und Verarbeitungssysteme sowie die dazugehörigen Steuerungssysteme für die Prozessführung in Industrieanlagen entwickelt und vertreibt. Im System der iba AG laufen alle wichtigen Daten zusammen, sodass eine anschließende Auswertung und das Training der neuronalen Netze ermöglicht werden.

Das Institut für Textiltechnik Augsburg (ITA) ist ein Forschungsinstitut der ITA Group und An-Institut der Hochschule Augsburg. Das ITA erforscht den Einsatz künstlicher Intelligenz in Produktionsumgebungen. Dazu forschen und entwickeln die Wissenschaftler:innen an der eigenen Vliesstoffanlage das Vorhersage- und Einstellungsempfehlungssystem und führen die industrielle Validierung durch.



Gefördert durch

**Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie**



BEST PRACTICE | EIBA

Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen anhand von Produktdaten sowie Informationen über bisherige Lieferungen

Ausgangslage

Am Ende einer Nutzungsphase existieren für ein Produkt verschiedene Entsorgungs- oder Aufbereitungsstrategien. Abhängig von Art und Zustand können Produkte beispielsweise dem Recycling oder der Aufbereitung und erneuten Nutzung zugeführt werden. Dafür müssen sie eindeutig identifiziert und bewertet werden.

Die Herausforderung dabei ist, dass viele Produktmodelle sich nur geringfügig voneinander unterscheiden und aufgrund von Verschmutzung und Verschleiß schwer zu identifizieren sind. Zusätzlich stehen den Fachleuten für die Identifikation und Bewertung nur wenige Sekunden Zeit zur Verfügung.

Herangehensweise

Das Ziel des Projektes „EIBA“ ist die Entwicklung eines Systems zur Identifikation und Zustandsbewertung von Altteilen. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Kreislaufschließung durch digitale Technologien geleistet. Mit dem Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz – wie Maschinellem Lernen und Deep Learning – sollen Produkte auf Basis sensorischer Daten erkannt und mit weiteren Informationen verglichen werden. Eine kontinuierliche Erweiterung der Daten soll zudem eine Anpassung an neue Produkte und Anforderungen ermöglichen.

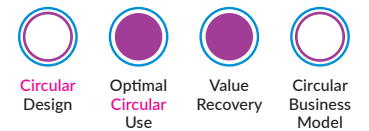
Nachhaltigkeitsimpact

Auf Basis der verbesserten Erkennungsraten wurde am Beispiel-Produkt Starter die potentiellen Auswirkungen auf CO₂-Emissionen der Sortierung berechnet. Hierfür wurden die zusätzlichen Emissionen, aufgrund des KI-Einsatzes und der notwendigen Hardware, den Einsparungen, durch zusätzliche Teile, die dem Remanufacturing zugeführt werden, gegenübergestellt.

Hierbei zeigte sich, dass die Einsparungen deutlich höher sind als die zusätzlichen Emissionen. Für die Produktgruppe Starter sind bereits nach 15 Teilen bzw. weniger als einem Tag Sortierung die potentiellen Einsparungen höher als der zusätzliche Energieaufwand. So beträgt alleine das mögliche jährliche Einsparpotential bei Startermotoren durch den Einsatz der KI 27,5 Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Rolle der KI

Ein besonderer Fokus des Projekts liegt dabei unter anderem darauf, die menschliche Einschätzung durch KI-Systeme zu unterstützen und somit eine höhere Effizienz und Prozesssicherheit zu erreichen. Außerdem erfolgt eine stetige Analyse hinsichtlich der Nachhaltigkeit vor und nach dem Einsatz des Unterstützungssystems auch in Bezug auf soziale Nachhaltigkeit.



Ein Schwerpunkt im Projekt ist die digitale Bildauswertung durch künstliche Intelligenz. In einem Proof-of-concept unter Laborbedingungen wurden basierend auf Bilddaten von circa 1400 unterschiedlichen Altteilen bei Leistungstests über 98% der Altteile eindeutig richtig identifiziert.

Basierend auf diesem Ansatz, wurden an einem Standort alle Arbeitsplätze mit Tiefenkameras und Waagen ausgerüstet und die Identifikationssoftware an die digitalen Sensoren angebunden. So wird die Datenverfügbarkeit für Bilder, Tiefenbilder und Gewichtsdaten fortlaufend im operativen Prozess vergrößert, auf deren Basis neuronale Netze trainiert werden, die Fahrzeugaltteile zu erkennen.

Neben der Bild-Erkennung wurden statistische Auswertemethoden und maschinelle Lernmodelle implementiert und getestet, die aus den historischen Lieferdaten, den Messungen der Waage und der Sendungsinformation Identifikationsvorschläge für die Werkenden generieren. Eine weitere

Herausforderung liegt bei der Mensch-KI-Interaktion in der effizienten Integration der Sensorik in den Arbeitsprozess. Hierzu wurde der aktuelle Prozess untersucht und ein Konzept für dessen Umgestaltung sowie für die Präsentation der KI-Ergebnisse in der Mensch-Maschine-Schnittstelle erarbeitet. Die Ergebnisse der Sensordateninterpretation, der statistischen Methoden sowie der Eingaben des Werkers werden fusioniert, um deren spezifische Kompetenzen zur Erkennung der Altteile optimal zu kombinieren.

GEFÖRDERT VOM



ERGEBNISSE | KICE

Im Rahmen des Projekts wurden zahlreichen Handlungsempfehlungen sowie Lessons Learned für unterschiedliche Interessensgruppen identifiziert. Eine Zusammenfassung aller Ergebnisse ist, aufgeteilt auf die vier unterschiedliche Themenfelder, im Folgenden aufgelistet:

01

KI für die Umsetzung zirkulärer & digitaler Geschäftsmodelle

- Die Herausforderungen für die erfolgreiche Einführung digitaler und zirkulärer Geschäftsmodelle sind vielfältiger Natur und betreffen sowohl technische als auch organisatorische Aspekte. Hervor sticht die Einbindung aller Stakeholder sowie die Erarbeitung eines digitalen Produktpasses.
- Es gibt eine Vielzahl an Ideen für digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle, die von rein digitalen Geschäftsmodellen wie Datenplattformen bis zu Geschäftsmodellen mit einem physischen Produkt im Kern wie bspw. Sharing Modellen und Pay-per-Services eine große Bandbreite abdecken.
- Es gibt bereits bayerische Firmen, die als Pioniere digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle umgesetzt haben.

02

KI für eine zirkuläre Produktentwicklung

- Bei der zirkulären Produktentwicklung muss neben des ganzen Produktlebenszyklus auch die Wertschöpfungskette mit einbezogen werden (z. B. Anspruch des Recyclers an das Produktdesign).
- Ohne neues/angepasstes Geschäftsmodell ist zirkuläres Design in der Regel nicht wirtschaftlich. Das Geschäftsmodell bestimmt zu großen Teilen das Produktdesign und die Produktentwicklung.
- Als vielversprechend wird im Rahmen der Digitalisierung der Produktentwicklung der digitale Material- bzw. Produktpass sowie die Definition und Standardisierung von Schnittstellen und Vorgaben des Ökodesigns betrachtet.



„In einer Circular Economy hängt der Wert eines Produkts künftig sehr stark von der Transparenz über dessen Zusammensetzung und Zustand ab. Unternehmen sollten daher spätestens jetzt damit beginnen die Prozesse und die Datenbasis für einen digitalen Produktpass zu schaffen.“

Dr. Eva Schichl | Umweltcluster Bayern
Referentin Projekte, Circular Economy

03

KI für eine verlängerte Produktnutzung

- Zu den Herausforderungen zählt der wirtschaftliche Anreiz für die verlängerte Produktnutzung. Dem könnte man mit der Umstellung auf ein Servicegeschäftsmodell reagieren. Fingerprintverfahren wie RFID und BIM können für die Implementierung von KI-Methoden wie Predictive Maintenance zu dessen Umsetzung beitragen.
- Der Vorteil für die Nutzer bzw. Konsumenten der Produkte muss bei einer verlängerten Produktnutzung klar aufgezeigt werden. Deren Umsetzung kann auch als Anreiz für Investoren dienen.
- Ein Anreiz für die Fertigung langlebiger Produkte muss auch durch Einflüsse von außen wie z. B. durch die Politik und Gesellschaft passieren.

04

KI für die Wertstoffrückgewinnung

- Ausschlaggebend für den erfolgreichen Einsatz von KI für die Wertstoffrückgewinnung ist die Datenverfügbarkeit. Diese wird idealerweise über Förderprojekte verbessert, um Open-Source-Daten zu generieren.
- Zentrale Herausforderung für die Erhöhung der Datenverfügbarkeit ist die Gestaltung eines funktionierenden Anreizsystems für Unternehmen Daten z.B. Recyclern zur Verfügung zu stellen, ohne dabei Geschäftsgeheimnisse preis zu geben.
- KI hat seine Grenzen im Einsatz für die Wertstoffrückgewinnung – Es braucht einen digitalen Produktpass.

PROJEKTKONSORTIUM | KICE

Umweltcluster Bayern

Der Umweltcluster Bayern ist Teil der Cluster-Offensive Bayern, die im Jahr 2006 von der Bayerischen Staatsregierung ins Leben gerufen wurde, um ihre erfolgreichen Programme zur Stärkung der Potenziale in Wirtschaft und Forschung fortzusetzen. Alle bayerischen Industrie- und Handelskammern haben mit dem Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster Bayern e.V. als organisatorischen Rahmen für den Umweltcluster Bayern einen eigenen Verein gegründet, den sie als ordentliche Mitglieder tragen und begleiten. Zentrale Zielstellung des Umweltclusters Bayern ist es, die Innovationskraft und Internationalisierung der Umweltbranche aktiv zu fördern und damit den Wirtschaftsstandort Bayern nachhaltig zu stärken. Der Umweltcluster Bayern versammelt mehr als 220 Mitglieder unter seinem Dach.



Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster Bayern e.V.

Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg

www.umweltcluster.net

Cluster Mechatronik & Automation

Der Cluster Mechatronik & Automation (CMA) ist Plattform und Forum zur Definition und zur Umsetzung von Maßnahmen, die dem Fortschritt der Mechatronik und der angrenzenden Fachgebiete dienen. Durch eine aktive Kommunikation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft werden Qualität und Sicherheit der Produkt- und Prozessentwicklungen gewährleistet und ein Beitrag zur Förderung der Wirtschaft erbracht werden.

Der CMA ist seit Januar 2021 Teil der Bayern Innovativ, vereint derzeit ca. 130 Clusterpartner und erreicht ca. 5.000 Fachkontakte. Über den Kreis der formal engagierten Akteure hinausgehend sind über 600 Unternehmen – meist KMU – bzw. Forschungs- und Bildungseinrichtungen im Cluster aktiv, nutzen Transfer- und Vernetzungsangebote oder entsenden Mitarbeitende zu Qualifizierungsmaßnahmen.



Cluster Mechatronik & Automation

Am Technologiezentrum 5
86159 Augsburg

www.cluster-ma.de

KI-Produktionsnetzwerk

Das KI-Produktionsnetzwerk der Bayern Innovativ GmbH verfolgt das Ziel, Verbundprojekte zwischen bayerische Unternehmen und Bildungseinrichtungen zu vermitteln. Hierzu wird ein Netzwerk etabliert, welches dem Wissenstransfer und der Vernetzung zwischen den einzelnen Akteuren dient. Weiter bietet es die Möglichkeit sich zu relevanten Technologien und Trends sowie entsprechenden Kooperationen auszutauschen.

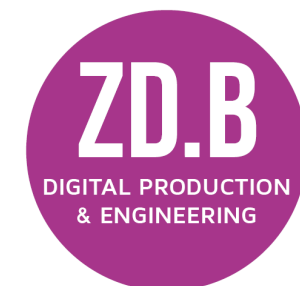


KI-Produktionsnetzwerk
Am Technologiezentrum 5
86159 Augsburg

www.bayern-innovativ.de

ZD.B-Themenplattform Digitale Produktion & Engineering

Die ZD.B Themenplattform Digital Production & Engineering der Bayern Innovativ GmbH verfolgt das Ziel, bayerische Unternehmen (insbes. KMU) zum Einsatz digitaler Technologien in Produktion und Engineering zu befähigen. Hierzu fördert die Themenplattform den Wissenstransfer und die Vernetzung zwischen Anbietern, Anwendern und Forschungseinrichtungen, informiert zu relevanten Technologien und Trends und unterstützt Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Der Einsatz von KI in Produktion und Engineering bildet eines der inhaltlichen Schwerpunktthemen der Themenplattform.



ZD.B-Themenplattform Digitale Produktion & Engineering
Am Tullnaupark 8
90402 Nürnberg

www.bayern-innovativ.de/digital-production-engineering

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



IMPRESSUM | KICE

Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster Bayern e.V.

Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg

Tel.: +49 821 455 798 - 0
info@umweltcluster.net
www.umweltcluster.net

Bayern Innovativ GmbH

Am Tullnaupark 8
90402 Nürnberg

Tel.: +49 911 20671 - 0
info@bayern-innovativ.de
www.bayern-innovativ.de

Beteiligte Cluster/Projekte:

Umweltcluster Bayern
Cluster Mechatronik & Automation
KI-Produktionsnetzwerk
ZD.B-Themenplattform Digital Production & Engineering

Redaktion

Anja Beckord (Umweltcluster Bayern)
Dr. Maximilian Bock (Bayern Innovativ GmbH)
Dr. Andreas Hackner (Bayern Innovativ GmbH)
Tina Johnscher (Bayern Innovativ GmbH)
Dr. Eva Schichl (Umweltcluster Bayern)

Editorial Design

IDF KREATIVAGENTUR | Jürgen Lindl
www.idf-kreativagentur.de

Bildnachweis

Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster
Bayern e.V.

Literaturverzeichnis

Accenture 2020, Circular Economy Handbook. Abgerufen am 24.06.2021 unter
<https://www.slideshare.net/accenture/the-circular-economy-handbook>.

Achterberg, E., Hinfelaar, J., & Bocken, N. (2016). Master circular business models with the Value Hill. Circle Economy, Utrecht. Abgerufen am 13.02.2022 unter
https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/5dea74fe88e8a5c63e2c7121_finance-white-paper-20160923.pdf.

Circular Economy Initiative Deutschland (Hrsg.): Circular Economy Roadmap für Deutschland, Kadner, S., Kobus, J., Hansen, E., Akinci, S., Elsner, P., Hagelüken, C., Jaeger-Erben, M., Kick, M., Kwade, A., Kühl, C., Müller-Kirschbaum, T., Obeth, D., Schweitzer, K., Stuchtey, M., Vahle, T., Weber, T., Wiedemann, P., Wils, H., von Wittken, R. acatech/SYSTEMIQ, München/London 2021.
https://www.circular-economy-initiative.de/s/Roadmap-DE_Circular-Economy-Roadmap-fur-Deutschland

BMU 2020, Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III 2020 – 2023 Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Verfügbar unter:
<https://www.bmu.de/download/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-progress-iii/>

EllenMacArthur Foundation, What is a circular economy?, Abgerufen am 15.06.2021 unter
<https://www.el-lenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>.

High Tech Agenda, Abgerufen am 28.06.2021 unter
<https://www.bayern.de/politik/hightech-agenda/>

High Tech Agenda Plus, Abgerufen am 28.06.2021 unter
<https://www.bayern.de/hightech-agenda-plus-ber-125-millionen-euro-fr-modulbauten-fr-hochschulen-in-ganz-bayern/>