Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Verbundprojekt

Demonstrations- und Transfernetzwerk KI in der Produktion (PROKI-NETZ) Standort: Hannover

PROKI-Hannover

in der Fördermaßnahme

Demonstrations- und Transfernetzwerk

KI in der Produktion (PROKI-NETZ)

im Förderprogramm „Zukunft der Wertschöpfung − Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“

des BMFTR

Autor(en)
Leibniz Universität Hannover
Herr Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena
An der Universität 2, 30823 Garbsen
E-Mail: denkena@ifw.uni-hannover.de

Projektlaufzeit: 01.10.2022 – 31.12.2024

Erstellungsdatum: 30.06.2025

Projektpartner

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW), Leibniz Universität Hannover

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover

Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT), Leibniz Universität Hannover

Institut für interdisziplinäre Arbeitswissenschaft (IAW), Leibniz Universität Hannover

Forschungszentrum Learning Lab Lower Saxony (L3S), Leibniz Universität Hannover

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen 02P22A070) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin / beim Autor / bei den Autoren.

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Inhaltsverzeichnis

I. Teil I Kurzfassung 3
I.1 Aufgabenstellung 3
I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens 3
I.3 Wesentliche Ergebnisse im Überblick 4
II. Teil II Eingehende Darstellung 4
II.1 Motivation und Aufgabenstellung 5
II.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens 5
II.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 6
II.4 Erzielte Ergebnisse 21
II.5 Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen 25
II.6 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse 25
II.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojektes 26
II.8 Veröffentlichungen, Vorträge Referate, etc. 27
II.9 Literaturverzeichnis 31

I. Teil I Kurzfassung

In den folgenden Abschnitten wird das „Demonstrations- und Transfernetzwerk ProKI-Netz“ und insbesondere das Vorhaben des Standortes Hannover innerhalb des ProKI-Verbundes zusammenfassend vorgestellt.

I.1 Aufgabenstellung

Das Demonstrations- und Transfernetzwerk ProKI-Netz besteht aus acht deutschen Hochschulstandorten sowie einer Koordinierungsstelle in Aachen. Seine Aufgabe ist es, Unternehmen, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), bei der Einführung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Produktion zu unterstützen. Dazu wird das an den Hochschulen vorhandene Know-how im Bereich KI beschleunigt in die breite betriebliche Praxis überführt. Diese Aufgabe gliedert sich in die Teilbereichen **Demonstrieren**, **Qualifizieren** und **Transfer.** Der Standort Hannover adressiert dabei das Technologiefeld Trennen.

I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Algorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI) wird ein hohes Potenzial und ein disruptiver Charakter in nahezu allen Bereichen unseres persönlichen und beruflichen Alltags zugeschrieben. Für das Innovationspotenzial und somit die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen wird KI in Zukunft eine entscheidende Rolle spielen [BMW20]. Laut einer Studie des bitkom e. V. setzen allerdings nur 20 % aller deutschen Unternehmen KI ein, 37 % planen oder diskutieren den Einsatz [BIT24]. Hingegen setzen nur 17,3 % der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes KI ein. Als Hauptgründe für den noch ausbleibenden Einzug von KI in die Produktion geben laut VDW 65 % der Unternehmen Probleme bei der Bewertung des wirtschaftlichen Nutzens und 64 % Bedenken bei der Anwendbarkeit im eigenen Kontext an [NIE21]. Auf der Forschungsseite ist die Situation anders zu bewerten. In zahlreichen Forschungsprojekten wurde vielfach die Machbarkeit in diversen Bereichen der Produktion nachgewiesen und durch die leistungsfähige Grundlagenforschung umfangreiches Know-how aufgebaut. Am Standort Hannover sind hier beispielsweise die Projekte *IIP-Ecosphere (01MK20006A)*, *RoPro (KK5032715KP1)* und *SpanDetekt (KK5032726EW3)* zu nennen.

Daher hat das ProKI-Netz einschließlich des Standorts Hannover die Aufgabe, dieses Defizit im Wissens- und Technologietransfer zu beheben. Die vor und während der Durchführung des Vorhabens identifizierten Herausforderungen umfassen u. a.:

- Fehlende Kenntnisse über Anforderungen für einen erfolgreichen KI-Einsatz
- Fehlende Strategie für einen wirtschaftlichen KI-Einsatz
- Fehlende Kompetenz für einen menschzentrierten KI-Einsatz

Den genannten Herausforderungen wurde mit verschiedenen Maßnahmen begegnet. Durch **Demonstrationsmaßnahmen** wie die Ausstellung von Demonstratoren auf Messen, Tagungen und Laborführungen wurde das Potenzial von KI vermittelt. Gleichzeitig wurden praxisnahe Use-Cases präsentiert, an denen sich Unternehmen für eigene KI-Aktivitäten orientieren können. Durch **Qualifizierungsmaßnahmen** wurde bestehendes Wissen in Form von Seminaren und Workshops vermittelt und durch **Transfermaßnahmen** konkrete Use-Cases der Unternehmen identifiziert und bearbeitet. Ein wichtiger Aspekt ist dabei neben der ingenieurswissenschaftlichen Perspektive auch die Vermittlung der arbeitswissenschaftlichen Perspektive an die Unternehmen.

Aufgrund der Resonanz aus der Industrie wurde innerhalb des Hannoveraner Standortes der Fokus auf die **Demonstrations**- und **Transfermaßnahmen** gelegt. So wurden Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt, jedoch blieb die Anzahl der Teilnehmenden unter den Erwartungen. Die Durchführung von Transfermaßnahmen erwies sich hingegen als sehr zielführend und gewinnbringend für die Unternehmen. Eine detailliertere Darstellung der durchgeführten Maßnahmen folgt im zweiten Teil dieses Sachberichts.

I.3 Wesentliche Ergebnisse im Überblick

Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangslage der ProKI-Standorte – sowohl in Bezug auf bestehende KI-Anwendungen als auch auf etablierte Transferformate – zielte die fokussierte Gremienarbeit des ProKI-Netzwerks darauf ab, einheitliche Transfermaßnahmen zu entwickeln. Diese Maßnahmen dienten zunächst einer abgestimmten Kommunikation mit den Unternehmen und bildeten zugleich die Grundlage für ein gemeinsames Konzept zur langfristigen Verstetigung. Mit den vereinheitlichten Transferformaten konnten die einzelnen ProKI-Standorte in ihren regionalen Netzwerken auftreten und sowohl ihre eigenen Leistungen als auch die des gesamten ProKI-Netzes auf verschiedenen Veranstaltungen, etwa von der IHK oder anderen Unternehmensverbänden, präsentieren.

Die wesentlichen Ergebnisse sind an der Durchführung der in Tabelle 1 genannten Maßnahmen nachzuvollziehen. Der Standort Hannover konnte besonders durch diverse Demonstrations- und Transfermaßnahmen zahlreiche Unternehmen erreichen und bei der Einführung von KI oder der notwendigen Vorbereitung dafür unterstützen. Standortübergreifend sind die Durchführung der beiden Tagungen „Smart Factory“ (2023) und „Smart Factory 2“ (2024) sowie die Veröffentlichung des Projektatlas „KI in der Produktion“ am 09.10.2024 als Meilensteine hervorzuheben. Die Verstetigung der Projektergebnisse erfolgte durch die Aufnahme erfolgreicher Maßnahmen in die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP). Darüber hinaus wurde das „Innovationsforum Smart Manufacturing“ als standortspezifische Veranstaltungen eingeführt.

Tabelle 1: Übersicht der Maßnahmen am Standort Hannover

Hannover					
Kategorie	**Anzahl Maßnahmen**	**Anzahl Teilnehmende**	**Durchschn. Dauer [min]**	**erreichte Unternehmen**	**erreichte Multiplikatoren****
indiv. Beratung	52	96	72	38	11
Vortrag	7	> 89*	26	> 8*	1
Seminar/WS	61	446	122	185	3
Demotour	33	409	89	245	19
Infopoint	4	10	60	5	2
Messe etc.	10	> 580*	588	> 73*	3
Sonstige	4	96	148	18	2
Transferproj.	10	10		10	0
Veröffentlich.	18				

** Anzahl der Teilnehmer und Unternehmen wurden für externe Veranstaltungen, bei denen keine Teilnehmerinformationen weitergeleitet wurden, nicht mitgezählt*

*** Hierzu zählen Fachverbände und -vereine sowie Handelskammern*

II. Teil II Eingehende Darstellung

II.1 Motivation und Aufgabenstellung

In der Vergangenheit zeichnete sich ein deutlicher Trend ab: Algorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI) fanden zunehmend Einzug in die industrielle Produktion. Die damit verbundenen Potenziale für die Optimierung von Prozessen und Geschäftsmodellen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Logistik über Fertigungs- bis hin zu Montageprozessen – wurden in zahlreichen Studien und Berichten hervorgehoben [BAU17, KRÜ19, POK21, SEI18, VDM18]. Insbesondere in Deutschland, einem hochentwickelten Industriestandort mit hohen Lohnkosten und einer alternden Bevölkerung, gilt die Automatisierung mittels KI als signifikanter Faktor zur Erreichung von Wachstumszielen. Dennoch stehen kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) vor erheblichen Hürden bei der Implementierung von KI-Lösungen. Häufig schrecken sie vor dem potenziell hohen Aufwand und Investitionsrisiko zurück [POK18]. Zudem mangelt es ihnen oft an personellen Ressourcen mit der erforderlichen Fachexpertise. Während 25 % der Großunternehmen bereits KI-Technologien einsetzen, liegt der Anteil bei KMU lediglich bei 15 % [SEI18].

Das Vorhaben ProKI-Netz zielte darauf ab, die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen – insbesondere von KMU – durch einen beschleunigten Einstieg in KI-Lösungen zu stärken. Dies sollte durch einen interdisziplinären und ganzheitlichen Ansatz erreicht werden, der Mensch, Technik und Organisation gleichermaßen berücksichtigt. Konkret sollten am ProKI Standort Hannover und weiteren ProKI-Demonstrationszentren folgende Aufgaben realisiert werden:

- Aufzeigen und Erschließen der Potenziale von KI in der Fertigungstechnik.
- Aufbau und Erweiterung von Transferstrukturen zur Verbreitung von KI-Lösungen.
- Entwicklung und Bereitstellung von verfahrensspezifischen Use-Cases, die die Komplexität und den Nutzen von KI-Anwendungen anschaulich demonstrieren.
- Einrichtung von Testfeldern und Reallaboren zur praxisnahen Erprobung und Adaption von KI-Technologien.
- Unterstützung der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen, um Forschungsergebnisse effektiv in die Praxis zu übertragen.

Dabei fokussierte sich der Standort Hannover insbesondere auf Themen im Bereich des Fertigungsverfahrens Trennen. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Sensibilisierung und Qualifizierung von Unternehmen. Ziel war es, niederschwellige Schulungs- und Informationsangebote zu schaffen, die Unternehmen befähigen, ihr Prozesswissen mit KI-Algorithmen zu kombinieren und eigenständig produktive Lösungen zu implementieren. Insgesamt bot das Vorhaben ProKI-Netz die Möglichkeit, zentrale Herausforderungen bei der Implementierung von KI in der Industrie zu adressieren und gleichzeitig den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft nachhaltig zu fördern.

II.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Zu Beginn des Vorhabens beschäftigten sich bereits verschiedene Initiativen mit dem Technologietransfer. Hierzu gehören u.a. die Mittelstand-Digital Kompetenzzentren (MDZ), gefördert durch das BMWK und das Labs Network Industrie 4.0 (LNI 4.0). Darüber hinaus wurden regionale Initiativen, wie das Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN) oder das Kompetenznetzwerk it‘s OWL, gegründet. Die Initiativen unterscheiden sich in ihren Schwerpunkten, richten sich jedoch alle an die Industrie. Zentrale Inhalte sind Schulungen (z.B. Die

KI-Trainer des MDZ), Netzwerke aus Industrie und Hochschulen sowie bilaterale Projekte. Daneben gab es bereits zu Beginn des Projekts verschiedene Plattformen und Anbieter, die sich auf Schulungen spezialisiert haben, wie das Projekt KI-Campus oder die Fraunhofer Academy. Auch Universitäten bieten bereits freizugängliche Lernplattformen an, zum Beispiel die „Open Courses KIT“-Plattform aus Karlsruhe. Jedoch gab es bislang keine auf die Produktionstechnik zugeschnittenen Transfernetzwerke. Gleichzeitig ist hier ein hoher Bedarf seitens der Unternehmen zu erkennen. Aus einer Studie von bitkom e.V. geht hervor, dass jedes zweite Unternehmen, dass noch keine KI einsetzt, fehlendes Fachwissen als Hemmnis nennt [BIT24]. Seitens der Hochschulen wurden hingegen vielfältige Vorhaben in der Produktionstechnik umgesetzt und umfangreiches Fachwissen aufgebaut. Ein Überblick über verschiedene KI-Ansätze in der trennenden Fertigung findet sich in [SOO23] und [TET22].

Das Vorhaben ProKI adressierte gezielt das Hemmnis des fehlenden Fachwissens in der Industrie. So wurden verschiedene Maßnahmen zur **Demonstration**, **Qualifikation** und zum **Transfer** von KI-Ansätzen entwickelt und umgesetzt. Dadurch konnte an den Hochschulen vorhandenes Wissen in die Wirtschaft transferiert und Unternehmen dazu zu befähigt werden, KI einzusetzen. Durch den Aufbau von **KI-Demonstratoren** für unterschiedliche industrielle Problemstellungen, wurden Unternehmen praxisnahe Einblicke in KI-Lösungen geboten. Im Bereich **Qualifikation** wurden verschiedene standortspezifische Schulungsaktivitäten angeboten. Im Projektverlauf stellte sich jedoch heraus, dass die Nachfrage geringer war als erwartet. Daher wurde der Schwerpunkt strategisch auf den Bereich **Transfer** verlagert. Gemeinsam mit Unternehmen wurden Klein- und Kleinstprojekte durchgeführt. Ziel war es, Potenziale verschiedener KI-Anwendungen direkt im Kontext aktueller Herausforderungen in der Produktion zu identifizieren. Die detaillierte Vorstellung der Maßnahmen erfolgt in II.3.

II.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Am Standort ProKI-Hannover wurden unterschiedliche Angebote ausgearbeitet und etabliert. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Arbeitspakete sowie eine Zusammenfassung der im Projektverlauf durchgeführten Maßnahmen.

Tabelle 2: Arbeitsplan und durchgeführte Maßnahmen

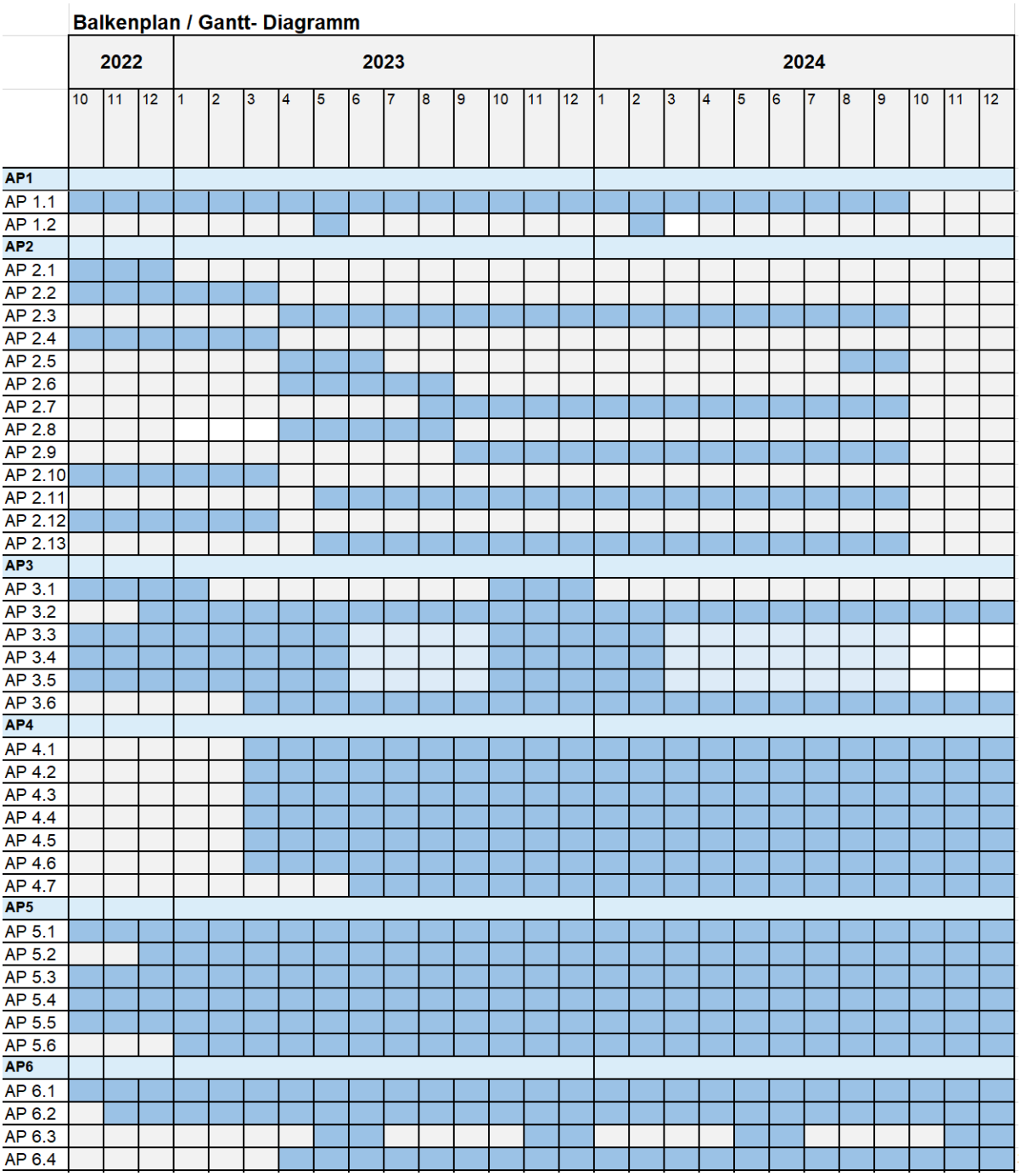
AP	Zielsetzung	Federführung (Co-Federführung)	Zusammenfassung der Maßnahmen
AP 1	Fortlaufende Erhebung der Bedarfe der KMU und Kanalisierung weiterer F&E-Bedarfe	inno (IFW)	• Erstellung eines Fragebogens in Zusammenarbeit mit dem ProKI-Netz • Rückführung der Erkenntnisse aus Expertengesprächen • Statt Trendradar: Beteiligung am Projektatlas
AP 2	Die Demonstratoren D1–D6 bereitstellen und auf Grundlage der Erfahrungen im Zentrum Hannover und neuer Forschungsergebnisse kontinuierlich weiterentwickeln	IFW (IMPT)	• Alle Demonstratoren wurden für ein Technologieschaufenster aufbereitet (Veröffentlicht auf der ProKI-Hannover- & ProKI-Netz-Website; mit Verstetigung überführt auf WGP-Website) • 6 Demonstratoren wurden bereitgestellt • Jeder Demonstrator wurde in 2 Stufen weiterentwickelt
AP 3	Geeignete Leistungsangebote auf Basis der Demonstratoren bereitstellen und Transferkonzept weiterentwickeln	IFW (L3S)	• Ein Angebotsportfolio für unterschiedliche Erfahrungsstufen wurde ausgearbeitet • Je Demonstrator wurde ein Video, ein Leitfaden und Präsentationsunterlagen erstellt

			• Angebote (Schulungen, Dienstleistungen, virtuelle Angebote, Beratung) wurden entwickelt und kontinuierlich bedarfsorientiert weiterentwickelt • In zweiwöchigen Meetings wurden Kennzahlen, Fortschritte und Verbesserungsmöglichkeiten mit den Instituten des Zentrums diskutiert
AP 4	Erbringung der in AP 3 entwickelten Leistungsangebote	IFW (L3S)	• Planung und Monitoring der Termine und KPIs • Durchführung von Live-Demonstrationen, virtuellen Angeboten, Einzel- & Gruppenschulungen, Beratungen und Tandem-Projekten
AP 5	Sichtbarkeit des Zentrums in der Zielgruppe erhöhen und das Zentrum wirksam vernetzen	IFW (IFA)	• Website wurde erstellt und über die Projektlaufzeit fortlaufend gepflegt • Stetige Bereitstellung von Blogs, Pressemitteilungen, News, Pressemitteilungen • Pflege der Unternehmenskontakte und der Kontakte zu Multiplikatoren, z.B. über eigenen ProKI-Hannover Newsletter, persönlichen Austausch oder Netzwerke Dritte • Messeteilnahmen und Durchführung von Veranstaltungen
AP 6	Projektaktivitäten koordinieren, den Fortschritt in Bezug auf die Projektziele sicherstellen und Verstetigung des Zentrums vorbereiten	IFW (inno)	• Management des ProKI-Hannover Zentrums • Monitoring von KPIs und Zeitplanung • Regelmäßiges Reporting (z.B. Quartalsberichte) • Entwicklung eines Verstigungskonzepts

Die Aufteilung der Arbeitspakete über den Projektzeitraum ist in Tabelle 3 dargestellt.

Zur Förderung der standortübergreifenden Zusammenarbeit wurde zu Beginn des Projektes eine **Koordinatorenrunde** eingerichtet, an der alle ProKI-Standorte in zweiwöchigem Rhythmus teilnahmen. Bei diesen Treffen wurden gemeinsame Aktivitäten koordiniert und standortübergreifende Themen abgestimmt. Aus der Koordinatorenrunde wurden zusätzlich unterschiedliche Arbeitsgruppen abgeleitet. Die netzübergreifende Arbeitsgruppe **Qualifizierungsstrategie** wurde eingerichtet, um die Maßnahmen für Grundlagenschulungen und Workshops standortübergreifend abzustimmen. Dabei wurden bereits in der Antragsphase Begrifflichkeiten abgestimmt, um eine Basis für weitere gemeinsame Entwicklungen zu schaffen. Ziel dieser Arbeitsgruppe war es, eine Qualifizierungsstrategie zu entwickeln, die inhaltlich aufeinander aufbaut und geeignete Detaillierungsgrade für die Schulungsmaßnahmen definiert. Um ein einheitliches Grundverständnis zu schaffen und gemeinsam grundlegende Vermittlungsinhalte zu erarbeiten, wurde die Arbeitsgruppe **Grundlagenvorträge** eingerichtet. Grundsatzfragen wie „Was ist KI?“ und „Wo macht KI Sinn?“ wurden gemeinsam formuliert, um einheitliche Antworten an den ProKI-Standorten geben zu können. Darüber hinaus wurden je eine Arbeitsgruppe **Fügen** und **Trennen** etabliert, um prozessspezifische Themen wie z. B. Infopoints zu koordinieren. In der Arbeitsgruppe **Leitfaden** wurde ein gemeinsamer ProKI-Leitfaden erarbeitet. Die **Öffentlichkeitsarbeit** wurde über die gesamte Projektlaufzeit in einer eigenen Arbeitsgruppe organisiert, um die Angebote des ProKI-Netzwerks möglichst öffentlichkeitswirksam zu bewerben und die Sichtbarkeit des Netzwerks zu erhöhen. Darüber hinaus wurde eine weitere Arbeitsgruppe zur **Verstetigung** von ProKI gebildet, um die nachhaltige Verankerung der Ergebnisse und Strukturen sicherzustellen und den Transfer über den Projektzeitraum hinaus zu ermöglichen. Weiterhin wurde ein **Industriebeirat** mit Vertretern aus der Industrie eingerichtet, um die industrielle Relevanz der ProKI-Inhalte sicherzustellen. In den folgenden Unterkapiteln werden die in den Arbeitspaketen durchgeführten Projektarbeiten vorgestellt.

Tabelle 3: Gantt-Chart des Projektvorhabens ProKI-Hannover



II.3.1 AP 1 Kontinuierliche Bedarfsermittlung

In Zusammenarbeit mit dem ProKI-Netz wurde ein Fragebogen zum Einsatz von KI in der Produktion erstellt und über die ProKI-Hannover-Website sowie über soziale Medien beworben. Zudem wurden Expertengespräche auf verschiedenen Veranstaltungen und in gemeinsamen Workshops z. B. mit ProLern-Projekten geführt. Auf Basis der Ergebnisse wurde die bedarfsorientierte Angebotsentwicklung vorangetrieben (siehe Kapitel II.3.3). Anstatt eines Trendradars wurde der Projektatlas auf Netzebene erstellt. Dieser enthält Leitfäden, Projektergebnisse und im Projekt entstandene Erkenntnisse, die Unternehmen bei der Einführung

und Entwicklung von KI-Ansätzen unterstützen. Daneben erfolgten insgesamt 18 weitere Veröffentlichungen zu aktuellen Themen, Entwicklungen und Trends rund um KI in der Zerspanung (siehe Kapitel II.8.1).

II.3.2 AP 2 Bereitstellung & Weiterentwicklung Demonstratoren

Die Demonstratoren am Standort Hannover bilden die Entwicklungsfelder (E) E1-E7 ab. Diese sind:

- **E1**: Anwendung von KI in Planung, NC-Programmierung und NC-Simulation zur Unterstützung und Entlastung der Planer und Bediener.
- **E2**: Qualitätsregelkreise/ Prozessüberwachung auf Basis von KI zur Reduzierung von Ausschuss.
- **E3**: Erhöhung der Ressourceneffizienz, beispielsweise durch bedarfsgerechte Steuerung der Anlagentechnik.
- **E4:** Sensorik und Softsensorik in Prozessen bzw. Maschinen inkl. Peripherie als Voraussetzung für KI, auch mit Fokus auf sensorischem Retrofit.
- **E5**: Verknüpfung von Simulations- und Realdaten für die Nutzung mit KI, um der Herausforderung der Datenarmut bei KMU zu begegnen.
- **E6**: Prozesskettenübergreifende Optimierung unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen der trennenden Fertigung mit vor- und nachgelagerten Produktionsschritten.
- **E7**: Kosten- und Nutzenbewertung von KI-Anwendungen als Basis für Investitionsentscheidungen.

II.3.2.1 AP 2.1 Guideline zur Aufbereitung der Demonstratoren

Für das Technologieschaufenster auf der ProKI-Hannover-Website wurde eine einheitliche Dokumentationsform für die Demonstratoren festgelegt. Zudem wurde an der Gestaltung des Technologieschaufensters auf ProKI-Netz Ebene mitgewirkt und die Demonstratoren auch hierfür entsprechend aufbereitet.

II.3.2.2 D1: „KI-Experimentierfeld für Simulation und Realdaten“ (AP 2.2, AP 2.3)

Das KI-Experimentierfeld bot Unternehmen während der Projektlaufzeit die Möglichkeit, eigene Ansätze, abseits der produktiven Fertigung, an dem 5-Achs-Bearbeitungszentrum Milltap 700 der DMG Mori AG zu erproben. Neben dem Bearbeitungszentrum verfügt das KI-Experimentierfeld über einen Industrie-PC, einen Hochleistungssimulationsrechner und eine KUKA Roboterzelle zum Be- und Entladen der Maschine. Für die Steuerung der Maschine (Siemens Sinumerik 840 D SL) wurden außerdem Profibus, OPC UA und S7 als Protokolle zur Kommunikation und zum Auslesen der Maschinendaten zur Verfügung gestellt.

Ausbaustufe 1: Eine Kamera zur Verschleißerfassung an den Werkzeugen wurde als Retrofit in die Maschine implementiert (E4) [DEN23b, DEN24b]. Mittels KI wurde daraufhin eine Verschleißüberwachung entwickelt. (AP 2.2, AP 2.3). Diese wurde bei neun Demonstratorvorführungen vorgestellt. Gezeigt wurde, wie KI zur Klassifizierung der Werkzeuge (arbeitsscharf bzw. verschlissen) genutzt werden kann und weiterhin, wie komplexe KI-Modelle tiefergehende Informationen, wie die Verschleißform oder die Verschleißmessgröße, bereitstellen können (E1 – E3). Für die Veranstaltung „Smart Factory 2“ wurde außerdem eine mobile Version des Demonstrators zur Verschleißüberwachung entwickelt und dort sowie in der Veranstaltungsreihe Computer Vision – Anwenden vorgestellt. Es ergeben sich daraus fünf weitere Vorführungen des Demonstrators D1.

Ausbaustufe 2: Auf Grundlage von föderiertem Lernen wurde eine Verschleißprädiktion bereitgestellt (E5). Ein KI-Modell wurde mit Antriebssignalen der Maschinenachsen, Signalen der Arbeitsspindel, Signalen einer Kraftmessplattform sowie Referenzmessungen des Verschleißfortschritts am Mikroskop angelernt. Durch die erlernte Korrelation zwischen den Ein- und Ausgangsdaten war das Modell anschließend in der Lage, den Werkzeugverschleiß ohne den Einsatz einer Kraftmessplattform und dies auch maschinenübertragend abzuschätzen. Die zweite Ausbaustufe wurde ebenfalls bei den Demonstratorvorführungen von D1 präsentiert (AP 2.3, M3).

II.3.2.3 D2: „(Soft-)sensorik und Qualitätsregelkreise in der variantenreichen Serienfertigung“ (AP 2.4, AP 2.5)

D2 wurde bereitgestellt und zeigt einen KI-Assistenten für die Fehlerursachenanalyse bei Fertigungsprozessen, als Teilsystem des Qualitätsregelkreises (E2). Werden Fertigungstoleranzen überschritten, soll das System das Fachpersonal bei der Prozessoptimierung unterstützen (E1). Hierfür wurde ein Oberflächenmesstaster an dem Fräszentrum Milltap 700 nachgerüstet. Nach der Datenakquise wurden die Messdaten mit den Maschinendaten fusioniert und für das Training eines künstlichen neuronalen Netzes vorverarbeitet. Dieses klassifiziert in der Anwendung die gemessene Bauteiloberfläche entsprechend vorher definierten Prozessschwankungen und leitet darauf basierend eine Handlungsempfehlung ab. Um eine größere Varianz an Prozessschwankungen abzubilden, wurde das System am Beispiel von Fräsprozessen entwickelt. Der KI-Ansatz ist jedoch unabhängig von der Fertigungstechnologie. Die gemessene Bauteilqualität, die KI-generierten Handlungsempfehlungen sowie die aufgezeichneten Prozesssignale werden dem Fachpersonal über eine cloudbasierte grafische Benutzeroberfläche automatisiert bereitgestellt. D2 wurde planmäßig um 2 Ausbaustufen weiterentwickelt.

Ausbaustufe 1: Ein Softsensor zur Bestimmung der Prozesskräfte auf Grundlage von maschineninternen Signalen wurde implementiert (E4). Dazu wurde ein künstliches neuronales Netz trainiert, das Prozesskräfte aus den Antriebssignalen vorhersagt und auf einem Edge-Device ausgeführt. Die Ergebnisse wurde in die Schulung „KI in der Zerspanung“ eingebracht und zusätzlich veröffentlicht [DEN24a].

Ausbaustufe 2: Ein System für KI-basierte virtuelle Qualitätskontrollen wurde konzipiert. Basierend auf den aufgezeichneten Prozess- und Qualitätsdaten wurde ein KI-Modell zur Vorhersage der Bauteilqualität entwickelt.

II.3.2.4 D3: „KI-Qualitätsüberwachung bei Schleifprozessen“ (AP 2.6, AP 2.7)

D3 wurde bereitgestellt und zeigt die Automatisierung von Sichtprüfungen an geschliffenen Oberflächen mit Hilfe von Robotik und Maschinellem Sehen. Eine an einem kollaborativen Roboter montierte Kamera zeichnet Bilder von der Bauteiloberfläche auf (E4). Ein künstliches neuronales Netz wurde darauf trainiert, die aufgenommenen Bilder nach „in Ordnung“, „nicht in Ordnung“ oder „nicht geschliffen“ zu klassifizieren (E2). D3 wurde planmäßig um 2 Ausbaustufen weiterentwickelt.

Ausbaustufe 1: Eine automatisierte Kratzererkennung auf den zu prüfenden geschliffenen Bauteiloberflächen ist verfügbar. Die Umsetzung erfolgte in diesem Fall mittels eines künstlichen neuronalen Netzes zur Objekterkennung, basierend auf der YOLO-Netzarchitektur.

Ausbaustufe 2: Eine GUI zur Unterstützung des Menschen und zur Steigerung der Zugänglichkeit des Demonstrators bei Vorführungen wurde entwickelt. Über die GUI können Teilnehmende live Qualitätsanforderungen eingeben und erhalten abschließend einen Prüfbericht.

Die GUI unterstreicht, dass KI-Systeme das Fachpersonal unterstützen (E1) und nicht ersetzen sollen. Um das Kosten-Nutzen-Verhältnis weiter hervorzuheben (E7), wurde die Ausführung sämtlicher Softwarekomponenten und Algorithmen auf einem kostengünstigen „Embedded System“ umgesetzt. Die Ergebnisse wurden veröffentlicht [DENK23a] und in einer Vielzahl von Schulungen und Workshops präsentiert.

II.3.2.5 D4: „KI-Unterstützung in der Prozessparametrierung und Einzelteilüberwachung“ (AP2.8, AP 2.9)

Der Demonstrator D4 zur „KI-Unterstützung in der Prozessparametrierung und Einzelteilüberwachung“ wurde bei sechs Demonstratorvorführungen vorgestellt und war darüber hinaus ein Anwendungsbeispiel in der Veranstaltungsreihen „KI in der Zerspanung“ und „KI-Lösungen für die Produktion von morgen“. Die theoretischen Grundlagen des Demonstrators wurden in dieser Veranstaltung vorgestellt und das KI-System erläutert. Der Programmcode wurde den Schulungsteilnehmern sowie den Unternehmen bei den Demonstratorvorführungen angeboten und auf Wunsch zur Verfügung gestellt. Auf Grund des verhaltenen Interesses wurde eine aufwendige Aufbereitung und Dokumentation für eine alleinstehende Open Source Veröffentlichung nicht umgesetzt.

Ausbaustufe 1: Die Überwachung der Antriebssignale und eine einfaches Prozessüberwachungssystem wurden implementiert, sodass der Prozess überwacht und mittels Ampel bewertet werden konnte. Ausschuss kann so reduziert werden (E3).

Ausbaustufe 2: Für den KI-Assistenten zur Parametrierung (E1) des Wälzschälprozesses wurde eine Benutzeroberfläche zur vereinfachten Bedienung implementiert. In dieser wird auch die Rückführung von Qualitätsmessgrößen (E2, E6) ermöglicht, sodass der KI-Assistent eine Empfehlung für die Parameteradaption ausgibt. Trainiert wurde der KI-Assistent auf Basis von Simulationsdaten (E5). Die aufwendige und kostenintensive Datenakquise kann somit reduziert werden.

II.3.2.6 D5: „Vor-Ort Datenerfassung / KI-Retrofit“ (AP 2.10, AP 2.11, AP 2.12)

Der Demonstrator D5 „Mobile Datenaqkuise“ ermöglicht die Datenerfassung diverser Messgrößen. Er wurde sowohl bei KMUs vor Ort als auch im Rahmen von Schulungen an der Universität Hannover eingesetzt, um die Datenzugänglichkeit zu bereits vorhandener Sensorik oder über nachgerüstete Sensorik zu demonstrieren. Basis ist ein EtherCAT-Messsystem der Firma Beckhoff Automation GmbH. Der Aufbau besteht aus einem Aluminiumgestell, an dem die Komponenten befestigt sind. Die wesentlichen Komponenten sind ein Industrie-PC, ein Netzteil zur Stromversorgung, ein Buskoppler zur Kommunikation mit den verwendeten EtherCAT-Messklemmen der Fa. Beckhoff und die Messklemmen. Der Industrie-PC ermöglicht den geregelten Betrieb des gesamten Messaufbaus. Über die Software ACCON AGLink der Firma Delta Logic Automatisierungstechnik GmbH ist ergänzend ein direkter Zugriff auf die Daten von Maschinensteuerungen möglich. Es wurde eine Echtzeitvisualisierung, die Option zur Datenspeicherung bspw. im csv-Format sowie die AG-Link-Schnittstellen implementiert. Für die Bereinigung der Datensätze wurden Vorverarbeitungsalgorithmen erstellt. Zudem wurde ein Schema für die einheitliche Datenspeicherung und Vorverarbeitung zwischen den Partnern IFW, IMPT und L3S umgesetzt.

Ausbaustufe 1: Das Messsystem steht, wie zuvor beschrieben, zur Verfügung und ist in der Lage, sowohl maschineninterne Daten als auch Daten von externer, nachgerüsteter Sensorik in Form von Dehnungsmessstreifen (DMS) und Beschleunigungssensoren auszuwerten. Mit den dafür vorgesehenen Messklemmen lassen sich DMS in den üblichen Konfigurationen

(Viertel-, Halb-, Vollbrücke) nutzen. Zusätzlich wurde ein Konzept für den Einsatz an Werkzeughaltern bei Drehmaschinen erarbeitet, welches erfolgreich im Rahmen eines Tandem-Projektes bei der Firma Müller Industrieelektronik GmbH umgesetzt wurde.

Ausbaustufe 2: Während der Demonstrationen bei Firmen vor Ort aber auch bei individuellen Beratungen wurde der Bedarf an Energieverbrauchsmessungen identifiziert. Hierdurch lässt sich auf den Energieverbrauch von einzelnen Prozessen rückschließen und auch auf den Zustand der Anlage (Stichwort Condition Monitoring bzw. Predictive Maintenance) sowie auf die Prozessstabilität bzw. Reproduzierbarkeit. Der Demonstrator und die Software wurden um weitere Messklemmen für die Messung von Strom (bis 100 A) und Spannung (bis 680 VAC, Drehstrom) erweitert. Es wurden Best-Practices abgeleitet und die Visualisierung der Daten weiterentwickelt.

II.3.2.7 D6: „Personaleinsatzplanung zur prozesskettenübergreifenden Optimierung“ (AP 2.13)

D6 wurde fristgerecht zur Verfügung gestellt und mittels transportabler Hardware für den mobilen Einsatz konfiguriert. Der Demonstrator zur datenbasierten Personaleinsatzplanung ermöglicht die automatische Zuordnung von Mitarbeitenden zu Arbeitsplätzen in der Massen- und Großserienfertigung. Die Zuordnung erfolgt auf Basis der vorhandenen und benötigten Kompetenzen. Dabei kann zwischen zwei Zuordnungsstrategien unterschieden werden. Die leistungsoptimierte Strategie zielt auf eine maximale Produktivität ab, während die lernoptimierte Strategie die gezielte Fortbildung der Mitarbeitenden verfolgt. Der Demonstrator D6 wurde in Schulungen und Workshops den potenziellen Anwendern vorgestellt. D6 wurde planmäßig weiterentwickelt.

Ausbaustufe 1: Aufbauend auf der in AP 1 ermittelten Bedarfsermittlung wurde der bestehende Demonstrator hinsichtlich des mittelfristigen Planungshorizonts weiterentwickelt, sodass die Festlegung von Projektbeginn und -ende zeitgleich mit der Planung des Personaleinsatzes erfolgt. Diese Erweiterung ermöglicht den gezielten Einsatz in der Einzel- und Kleinserienfertigung. Des Weiteren wurde der Demonstrator um die belastungsoptimierte Zuordnungsstrategie erweitert. Mit der Ausbaustufe 1 wurden die Entwicklungsfelder E1, E6 und E7 gefördert.

Ausbaustufe 2: Abgeleitet aus der Evaluation interner Workshops wurde der Demonstrator für die Integration in das Schulungsformat weiterentwickelt. Durch die Weiterentwicklung wird die Partizipation von Schulungsteilnehmenden bzw. Produktionsmitarbeitenden beim Demonstrator ermöglicht und der Wissenstransfer gefördert.

II.3.3 AP 3 Leistungsangebotsentwicklung

II.3.3.1 AP 3.1 Portfolioentwicklung

Zunächst wurde ein Transferkonzept entwickelt. Dieses umfasst die verschiedenen geplanten Formate (Einzel- & Gruppenschulungen, Beratungsangebote, …). Zusätzlich wurden drei Lernpfade ausgearbeitet, die das geplante Portfolio abbilden. Die drei Pfade sind in die Bereiche **KI-Methoden**, **Daten und Sensorik** und **Arbeitswissenschaft** aufgeteilt. Im weiteren Verlauf des Projekts wurden die verschiedenen Angebote in Zusammenarbeit mit dem ProKI-Netz in eine standortübergreifende Qualifikationsmatrix überführt.

II.3.3.2 AP 3.2 Demo-Videos & Leitfäden

Zu jedem Demonstrator wurde ein Video erstellt. Zusätzlich wurden drei Tutorials erstellt, die jeweils einem der drei Lernpfade zuzuordnen sind:

1. Tutorial – Computer Vision (KI-Methoden)
2. Datenerfassung bei Werkzeugmaschinen (Daten und Sensorik)
3. Einführung von KI – Ein strukturierter Change-Management-Prozess (Arbeitswissenschaft)

Die Videos wurden auf dem YouTube-Kanal des ProKI-Netzes veröffentlicht. Zusätzlich wurde ein kurzes Video erstellt, das zur Anschauung für Präsentationen bzw. Vorträge oder Workshops genutzt wurde. Die Videos wurden bei dem Filmemacher Wisam Zureik in Auftrag gegeben, der auch den Image-Film für das ProKI-Netz anfertigte. Zudem wurden Infomaterialen zu den Demonstratoren angefertigt, die Präsentationsunterlagen (Demonstration), Blogartikel (Leitfaden) und Dokumentation umfassen. Von dem Wording „Leitfaden“ wurde abgesehen, da ein netzübergreifender Leitfaden entwickelt wurde, an dessen Planung, Konzeptionierung, Erstellung und Begutachtung ProKI-Hannover beteiligt war.

Für jeden Demonstrator wurde ein Demonstrationskonzept erarbeitet und umgesetzt. Es liegt jeweils eine Präsentation für die Demonstration vor. Zusätzliche Medienformate wurden bedarfsgerecht herangezogen. Dazu zählt etwa die Videoübertragung der Kamera im KI- zur Veranschaulichung des Werkzeugverschleißes (auch als mobiler Demonstrator auf der ProKI Abschlussveranstaltung ausgestellt). Ein weiteres Beispiel ist die optimierte grafische Nutzeroberfläche, die für D3 „KI-Qualitätsüberwachung“ erstellt und auf der Hannover Messe gezeigt wurde.

II.3.3.3 AP 3.3 Dienstleistungen & Virtuelle Angebote und Weiterentwicklungen

Für den Standort ProKI-Hannover wurden vier, teils virtuelle, Dienstleistungsangebote umgesetzt:

1.) Aus Demonstrator D1 wurde ein Dienstleistungsangebot entwickelt. Der Demonstrator wurde als KI-Experimentierfeld bereitgestellt. Damit wurde Unternehmen die Möglichkeit geboten, KI-Ansätze außerhalb des Produktiv-Betriebs zu erproben. Im Fokus standen dabei Hardwareanforderungen. Die Datenanreicherung wurde am Beispiel von Bilddatensätzen zum Werkzeugverschleiß behandelt.

2.) Ein Technologieschaufenster wurde auf der ProKI-Hannover Website umgesetzt. Dokumentierte Codebeispiele stehen zur Verfügung. (siehe www.proki-hannover.de/demonstratoren)

3.) Ein Konzept für einen mobilen Demonstrator zur Datenerfassung an Werkzeugmaschinen wurde entwickelt und umgesetzt. Der Demonstrator konnte über die ProKI-Hannover Website angefragt werden. Drei Anfragen mündeten in Tandem-Projekten.

4.) Ein KI-Lösungskatalog wurde in Zusammenarbeit mit dem ProKI-Netz erstellt und in dem Projektatlas [GRÜ24] veröffentlicht.

II.3.3.4 AP 3.4 Schulungen entwickeln und weiterentwickeln

Aufbauend auf den Demonstratoren konnte ein umfängliches Schulungsangebot entwickelt werden, dass die Bereiche „Künstliche Intelligenz“, „Daten und Sensorik“, sowie „Arbeitswissenschaft“ abdeckt. Die verschiedenen Schulungen sind mit ihren Kurztiteln in Bild 1 entsprechend eingeordnet.

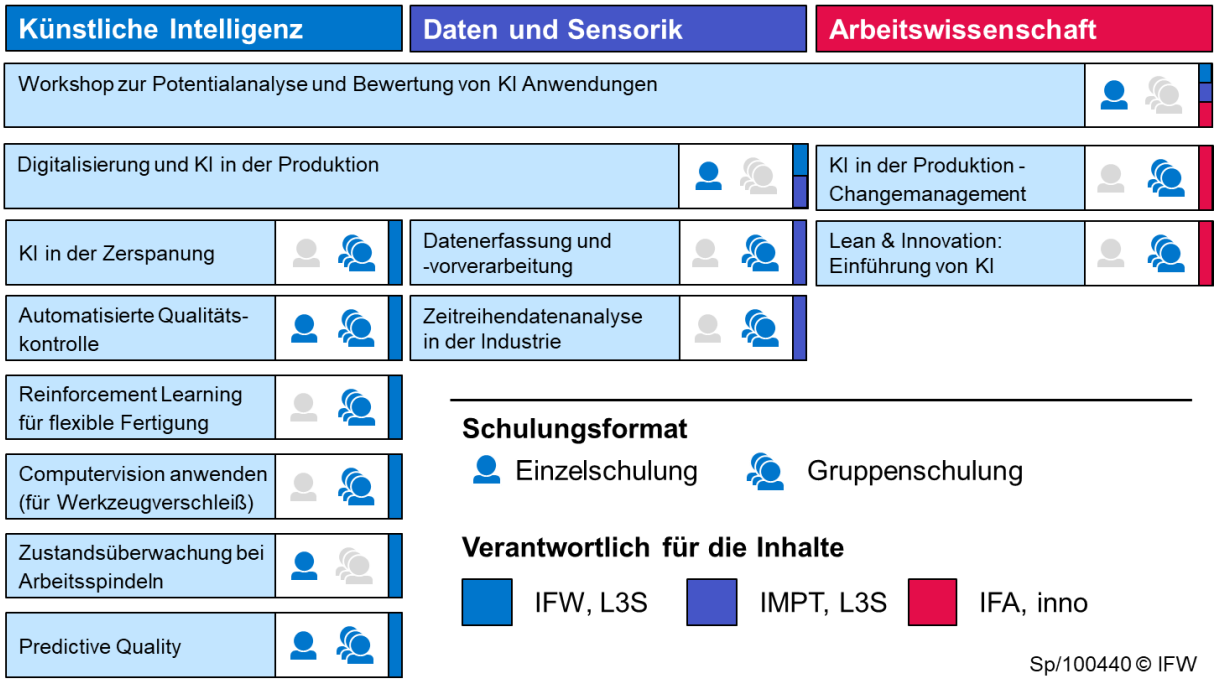


Bild 1: Entwickeltes Schulungsangebot von ProKI-Hannover

Insgesamt wurden 12 Schulungsformate entwickelt, 7 Gruppenschulungen, 3 Einzelschulungen und 2 Schulungsformate die gleichermaßen als Einzel- oder als Gruppenschulung durchführbar sind. Damit konnte ein breiteres Angebot aufgebaut werden, als ursprünglich geplant.

II.3.3.5 AP 3.5 Beratungsangebote entwickeln und weiterentwickeln

Für die Beratung wurde ein einheitliches Konzept unter Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Aspekte entwickelt. Das Konzept umfasst ein virtuelles Erstgespräch, eine vertiefende Einzelberatung (zwei verschiedene Formate: in Präsenz an einem der Institute, im Rahmen eines Unternehmensbesuchs) sowie die Empfehlung weiterführender Maßnahmen (Tandem-Projekt oder Schulungen). Die Unterlagen für die insgesamt vier unterschiedlichen Formate wurden zentral erstellt und ggf. unternehmensspezifisch angepasst. Abweichend von dem Antrag wurden die Angebote nicht als Workshop bezeichnet, da eine Abgrenzung zwischen „Workshop“ und „Schulung“ in der Außendarstellung als irreführend eingestuft wurde. In Abstimmung mit der Öffentlichkeitsarbeit wurde stattdessen zwischen „Beratung“ (AP 3.5, AP 4.6) und „Schulung“ (AP 3.4, AP 4.4, AP 4.5) unterschieden.

II.3.3.6 AP 3.6 Qualitätskontrolle

Zu den durchgeführten Maßnahmen wurden Kennzahlen erfasst. Ein Soll-Ist-Abgleich wurde durchgeführt, graphisch aufbereitet und in zweiwöchentlichen Status-Meetings mit allen Instituten des Standorts Hannover besprochen. In der Anfangsphase des Projekts sind aufgrund ausbleibender Teilnehmer*innen vereinzelt Schulungen ausgefallen. Insgesamt konnte die Planung dennoch eingehalten werden. Gegenmaßnahmen waren daher nicht erforderlich.

II.3.4 AP 4 Leistungserbringung und Demonstration

II.3.4.1 AP 4.1 Management der Leistungserbringung

Das gesamte Leistungsangebot wurde vom IFW koordiniert. Dies umfasst die Terminierung der Maßnahmen und Fristen. Auch die KPIs wurden regelmäßig gepflegt.

II.3.4.2 AP 4.2 Vorführungen und Rundgänge

Die in AP 3.2 entwickelten Demonstrationskonzepte für die KI-Demonstratoren wurden im Rahmen unterschiedlicher Präsenzveranstaltungen vorgestellt (vgl. Abschnitt I.3, Tabelle 1: „Demotour“) und kontinuierlich optimiert. Die Vorführungen wurden aktiv beworben und gezielt bei Industriebesuchen durchgeführt. Zusätzlich waren sie Teil des Rahmenprogramms bei Hausmessen und anderen großen Veranstaltungen.

II.3.4.3 AP 4.3 Erbringung Dienste und virtuelle Angebote

Mit D1 wurde Unternehmen das KI-Experimentierfeld zur Erfassung realer Produktionsdaten bereitgestellt. Über D5 wurde zudem eine mobile Datenerfassung an Werkzeugmaschinen mit Potenzialanalyse für KI-Anwendungen angeboten und im Rahmen verschiedener Tandem-Projekte (AP 4.7) umgesetzt. Über Blogbeiträge wurden dokumentierte Programmierbeispiele veröffentlicht. Diese umfassten etwa die Datenerfassung an Werkzeugmaschinen oder die Umsetzung bilddatenbasierter KI-Methoden. Diese virtuellen Angebote wurden durch die in AP 3.2 produzierten Informations- und Lernvideos ergänzt. Ein KI-Lösungskatalog wurde erarbeitet und Unternehmen im Rahmen des ProKI-Projektatlas zur Verfügung gestellt.

II.3.4.4 AP 4.4 Durchführung Schulung Einzel & Vorort

Die in AP 3.4 entwickelten Einzel- und Gruppenschulungen wurden vielfach erfolgreich durchgeführt. Kurze und informative Schulungsformate wurden überwiegend als Webinare angeboten, wodurch höhere Teilnehmerzahlen erzielt wurden. Interaktive Schulungsformate wurden überwiegend in Präsenz abgehalten und nutzten ausgewählte Demonstratoren, um eine tiefere Vermittlung technischer Inhalte zu ermöglichen. Veranstaltungen beider Formate fanden regelmäßig statt und wurden auf der ProKI-Hannover Website sowie über LinkedIn beworben. Zusätzlich zu den wiederkehrenden Angeboten wurden für Unternehmen, die an spezifischen Themenbereichen interessiert waren, individualisierte Einzelschulungen durchgeführt.

II.3.4.5 AP 4.5 Durchführung Schulung Gruppe

Die Durchführung von Gruppenschulungen ist in II.3.4.4 zusammengefasst dargestellt.

II.3.4.6 AP 4.6 Durchführung Beratung und Workshops

Die Beratung von Unternehmen erfolgte flexibel und bedarfsorientiert, wobei initiale Gespräche genutzt wurden, um zentrale Herausforderungen zu identifizieren. Anschließend wurden darauf abgestimmte Lösungsansätze diskutiert. Bei weitergehendem Bedarf wurde die Durchführung von Einzelschulungen (AP 4.4) oder Tandem-Projekten (AP 4.7) angestoßen. Die thematischen Schwerpunkte der Gespräche wurden ebenfalls an die spezifischen Anforderungen der Unternehmen angepasst. Eine hohe Nachfrage erhielten arbeitswissenschaftliche Themen wie etwa das Changemanagement. Ebenfalls wurden Beratungen zur technischen Umsetzung von KI-Lösungen häufig nachgefragt. Darunter war die Auswahl geeigneter Sensorik, die Durchführung der Datenerfassung sowie die Integration von KI-Lösungen in das bestehende Produktionsumfeld von besonderem Interesse.

II.3.4.7 AP 4.7 Tandem-Projekte

Im Rahmen von ProKI-Hannover wurden sogenannte Tandem-Projekte (bilaterale Kleinprojekte mit KMU) angeboten und insgesamt zehnmal erfolgreich durchgeführt, womit die Zielsetzung des Antrags übertroffen wurde. Bild 2 zeigt ausgewählte Unternehmensbesuche im Rahmen der Tandem-Projekte. Nachfolgend sind die einzelnen Tandem-Projekte dargestellt.

Sp/100441 © IFW

Bild 2 Tandem-Projekte bei der RSConnect GmbH, der Müller Industrie-Elektronik GmbH und der Lorenz Hoffmann GmbH

Tandem 1: „Bildbasierte Verschleißkontrolle an Fräswerkzeugen“, RSConnect GmbH (Heidenhain assoziiert)

Parallel zur Umsetzung von Ausbaustufe 1 des Demonstrators D1 wurde ein Tandem-Projekt mit der RSConnect GmbH und der Dr. Johannes Heidenhain GmbH als assoziierter Partner durchgeführt. Im Projekt wurde ein Embedded System von RSConnect im KI-Experimentierfeld integriert. RSConnect verfügt über keine eigenen Werkzeugmaschinen und hatte im Projekt die Möglichkeit, ohne Auftragsdruck die Integration ihres Embedded Systems zu erproben. Neu wurde außerdem ein System aufgebaut, um den Werkzeugverschleiß automatisiert mit der VT121 Kamera von Heidenhain zu erfassen. Das Embedded System dient dabei als Brücke und Kommunikationsschnittstelle zwischen Maschine und Kamera. Zur Umsetzung der Kommunikation zwischen den Komponenten, den NC-Zyklen, dem KI-Modell und den Ergebnissen wurden zwei Veröffentlichungen in Fachzeitschriften veröffentlicht [DEN23b, DEN24b].

Tandem 2: „KI-basierte Prozessoptimierung in der spanenden Fertigung“, Müller Industrieelektronik GmbH

Aufbauend auf dem Demonstrator D5 „Mobile Datenakquise“ wurde mit der Firma Müller Industrieelektronik GmbH (MIE) in Neustadt am Rübenberge ein Tandem-Projekt durchgeführt. Das Ziel war es, technische und wirtschaftliche Potentiale effizienzgesteigerter Drehprozesse zu bewerten. Es wurden zwei verschiedene Anwendungsfälle betrachtet: Die Überwachung von Werkzeugverschleiß und die Reduzierung von Prozesszeiten über eine Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit. Die Anwendungsfälle wurden für die Serienfertigung einer Sensorkappe untersucht. Dazu wurde eine Drehmaschine bei der MIE mit einem Beschleunigungssensor ausgestattet. Zusätzlich wurde ein Werkzeughalter mit DMS bestückt (D5, Ausbaustufe 1) und die steuerungsinternen Daten der Drehmaschine erfasst. Alle Signale wurden zeitsynchron über mehrere Tage hinweg aufgezeichnet. Währenddessen variierte die MIE nach einem gemeinsam aufgestellten Versuchsplan die Vorschubgeschwindigkeit und dokumentierte die Bauteilqualität sowie die Standzeit der Werkzeuge. Die Auswertung zeigte eine hohe Eignung der ausgewählten Sensorik zur Überwachung prozessrelevanter Messgrößen. Effizienzsteigerungen von bis zu 15 % konnten nachgewiesen werden.

Tandem 3: „Rekonstruktion der Zerspankräfte mit Steuerungssignalen“, Lorenz Hoffmann GmbH

Das Tandem-Projekt mit der Lorenz Hoffmann GmbH hatte den Wissens- und Technologietransfer von Demonstrator D1: *KI-Experimentierfel*d als Ziel. Im Projekt wurde eine maschinenspezifische Rekonstruktion von Prozesskräften aus steuerungsinternen Signalen durchgeführt. Hierfür wurde eine Werkzeugmaschine mit einem mobilen Zerspankraftmesssystem

nachgerüstet. Für verschiedene Prozesse wurden Prozesskräfte sowie steuerungsinterne Signale aufgezeichnet. Die unterschiedlichen Daten wurden synchronisiert und Zusammenhänge zwischen interner und externer Sensorik ausgewertet. So wurde sowohl über die interne als auch über die externe Sensorik das Spindeldrehmoment aufgezeichnet. Im Rahmen der Datenauswertung wurde ein konstanter Faktor zwischen den beiden Größen identifiziert und dem Unternehmen zur Verfügung gestellt. Das Unternehmen wurde befähigt, auf Basis der zugänglichen Antriebssignale die real wirkendenden Zerspankräfte zu quantifizieren, wodurch potenziell eine Prozessüberwachung mit höherer Genauigkeit ermöglicht wird.

Tandem 4: „Kamerabasierte und KI-gestützte Qualitätsüberwachung“, KonPro Automation GmbH

Im Tandem-Projekt mit der KonPro Automation GmbH wurde eine Anwendung des maschinellen Sehens auf einem Embedded System der RSConnect GmbH (Hardwarepartner von KonPro Automation GmbH) umgesetzt. Das System wurde ebenfalls in Tandem-Projekt 1 verwendet. Die KonPro Automation GmbH wurde im Projekt befähigt, KI-Anwendungen des maschinellen Sehens aufzusetzen, die Daten für das Training zu akquirieren und zu verarbeiten sowie das Training durchzuführen und das Modell in die Anwendung zu integrieren. Als Anwendungsbeispiel diente ein Fehlerbild bei Spritzgussteilen. Es wurde ein Versuchsstand aus Aluprofilen und einer Standard Industriekamera der Firma Basler verwendet. Im Projekt wurde ein initialer Datensatz erstellt, ein KI-Modell trainiert und dieses auf dem Versuchsstand implementiert. Eine ausführliche Beschreibung des Tandem-Projekts wurde in der 3. Ausgabe der „Produktion“ [DEN25a] veröffentlicht.

Tandem 5: „Einsatzmöglichkeiten zur KI-gestützten Prozessoptimierung zur Reduzierung spanender Nachbearbeitung“, Wilhelm Bauer GmbH

Die Firma Wilhelm Bauer GmbH & Co KG in Hannover ist im Bereich der Walzenbearbeitung tätig. Zu den Dienstleistungen zählt u.a. das galvanische Beschichten, Schleifen, Drehen und Polieren. Die Galvanikbäder ermöglichen die Beschichtung von Walzen von bis zu 2 m im Durchmesser, 6 m in der Länge und bis zu 25.000 kg Gewicht. Es stand die übergeordnete Frage im Mittelpunkt, wie es möglich ist, die Schichtdicke mittels KI-basierter Ansätze abgeleitet aus den Energiedaten möglichst genau einzustellen, sodass die nachträgliche spanende Bearbeitung bzw. das notwendige Spanvolumen reduziert wird. Im Rahmen des Tandem-Projekts galt es in einem ersten Schritt, Energiedaten zu erfassen, dem KMU zugänglich zu machen und somit eine Potentialabschätzung zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden sowohl vor Ort als auch im Labormaßstab am IMPT Messungen in Galvanikbecken durchgeführt. Aus den Erkenntnissen wurden Anforderungen an die zukünftige Vorgehensweise abgeleitet. So ergaben sich bspw. Herausforderungen aufgrund der hohen Stromstärken von bis zu 60.000 A. Aufbauend auf den Erkenntnissen und dem ersichtlichen hohen Potential befindet sich aktuell ein aus Eigen- und Drittmitteln finanziertes Projekt in der Beantragung, um das Ziel einer KI-basierten Schichtdickenermittlung und Condition Monitoring umzusetzen.

Tandem 6: „Automatisierte und selbstjustierende Kalibrierung von Sensoren durch Einsatz von KI“, Ladon Energy GmbH

Die Firma Ladon Energy GmbH beschäftigt sich mit der Disaggregation von Energiedaten. Zur Aufnahme von Energiedaten wird ein eigens entwickelter Sensor verwendet, welcher hochfrequente Energiedaten mit einer Frequenz von 20 kHz erfasst. Der Sensor erfasst dabei Strom und Spannung von drei Phasen simultan. Das Ziel ist es, mit diesen Energiedaten neuronale Netze zu trainieren. Mit diesen soll es dann unter anderem möglich sein, eine intelligente Pro-

zessüberwachung bei Maschinen und Anlagen zu implementieren. Dazu gehören auch spanende Werkzeugmaschinen. Im Rahmen des Projektes wurde untersucht, ob sich das Beckhoff-System des Demonstrators dazu eignet, die proprietären Sensoren der Firma Ladon Energy GmbH zu kalibrieren bzw. ob sich damit eine automatisierte Kalibrierung realisieren lässt. Die Antwort darauf ist, ja das System ist dafür geeignet. Aufbauend auf den Erkenntnissen wurden zur weiteren Vertiefung der KI-basierten Disaggregation ein aus Eigen- und Drittmitteln finanziertes Projekt (FlexEnergy4U, Projektnummer 60444529) beantragt und erfolgreich eingeworben. Das Projekt verfolgt das Ziel, die Flexibilität privater Haushalte im Energiemarkt so zu optimieren, dass die Energiekosten gesenkt werden und gleichzeitig ein Beitrag zur Energiewende geleistet wird.

Tandem 7: „Predictive Quality in der Medizintechnik“, Kreyenberg GmbH

Im Rahmen des Tandem-Projekts wurde eine Potenzialanalyse zur virtuellen Qualitätskontrolle in der Medizintechnik durchgeführt. Das Ziel war ein Wissen- und Technologietransfer von Demonstrator D2: *(Soft-)sensorik und Qualitätsregelkreise in der variantenreichen Serienfertigung*. Hierzu wurde Werkzeugmaschine zur Fertigung medizinischer Bauteile wurde mit dem mobilen Messsystem für Prozesskräfte *promicron Spike* ausgerüstet. Während der Fertigung der Bauteile wurden die wirkenden Prozesskräfte aufgezeichnet. Die Varianz der Bauteilqualität und der Prozesskräfte sowie die Korrelationen zwischen beiden Größen wurden analysiert. Beim Unternehmen wurden dadurch Kompetenzen im Bereich des Retrofit von Sensorik sowie der Datenanalyse aufgebaut. Aufbauend auf den Untersuchungen wurde ein Forschungsprojekt zur KI-basierten, virtuellen Qualitätskontrolle abgeleitet.

Tandem 8: „KI-basierte Identifikation von Fehlerursachen“, DREWSEN GmbH

Das Ziel war die Potenzialabschätzung von unüberwachten KI-Methoden bei der bilddatenbasierten Qualitätsprüfung. Hierzu wurden Wissen und Technologien von Demonstrator D3: *KI-basierte Qualitätskontrolle* in die Papierherstellung transferiert. Ein vorhandener ungelabelter Datensatz wurde mittels eines unüberwachten Clusteringalgorithmus gruppiert. Anschließend wurden die gebildeten Cluster vom Unternehmen gelabelt. Durch das vorgelagerte Clustering konnte der Labeling-Aufwand deutlich reduziert werden. Darauf aufbauend wurden beim Unternehmen im Rahmen eines gemeinsamen Workshops Kompetenzen im Bereich überwachter Klassifizierungsmethoden aufgebaut. Inhalte und Ergebnisse des Projekts wurden in einem Onlinebeitrag veröffentlicht [ARZ24].

Tandem 9: „KI-basierte Personaleinsatzplanung zur Steigerung der Reaktionsfähigkeit in der Montage“, GAteK-mbH

Im Rahmen des Tandem-Projektes wurde eine Machbarkeitsanalyse für den Einsatz des Demonstrators D6 beim Sondermaschinenbauer GAteK-mbH in der Region Hannover durchgeführt. Ziel war es, die spezifischen Anforderungen und Herausforderungen bei der Planung und Koordination der Personalressourcen im Unternehmen zu identifizieren und anschließend den Demonstrator für eine Potenzialabschätzung zu adaptieren. Dabei wurden neben den Kompetenzen der Mitarbeitenden auch die kapazitiven Projektanforderungen (Projektstart, Liefertermin, Projektdauer etc.) berücksichtigt. Die Ergebnisse wurden in einem Abschlussbericht zusammengefasst, wodurch der KMU auf die Investitionsentscheidung vorbereitet wurde. Die Projektergebnisse wurden auf den ProKI-Kanälen sowie auf der Website der Wirtschaftsförderung der Region Hannover veröffentlicht.

Tandem 10: „Intelligente Tourenplanung“, Büromöbel GmbH & Co. KG

Das Tandem-Projekt „Intelligente Tourenplanung“ beinhaltet eine Potentialanalyse basierend auf einer vorhandenen Datenbank der Firma Assmann Büromöbel GmbH. Dazu wurden Erkenntnisse des Demonstrators D6 Personaleinsatzplanung transferiert.

Zu Beginn des Tandem-Projekts wurde ein gemeinsamer Workshop durchgeführt, um passende Einsatzfälle im Unternehmen zu identifizieren und vorläufig zu bewerten. Dazu hat die Assmann Büromöbel GmbH & Co. KG intern Interviews mit Mitarbeitenden verschiedener Abteilungen durchgeführt. In den Interviews wurde u. a. erfasst, mit welcher Wichtigkeit Probleme eingestuft werden und welche Daten vorliegen. Identifiziert wurde ein Einsatzfall am Ende der Fertigung: Die gefertigten Möbel müssen sicher verladen und zu ihrem Ziel transportiert werden. Dabei beruht es auf der Erfahrung der planenden Mitarbeiter, ob die Kapazität des LKWs voll ausgenutzt wird. Insbesondere eine Überplanung von zu vielen Produkten ist kostspielig und muss vermieden werden. Die Daten für den Anwendungsfall waren bereits im Enterprise Resource Planninig (ERP) System vorhanden. Gemeinsam mit dem IFW wurde die Datenbasis bewertet und eines prototypischen Ansatzes des maschinellen Lernens das Potenzial untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung zeigte, dass eine Entwicklung und Umsetzung der KI mit hohem Risiko verbunden ist und auch die notwendigen Schritte umfangreicher als in der ersten Bewertung ersichtlich wurde. Aus diesem Grund ist eine Umsetzung zum gegenwertigen Zeitpunkt für die Firma Assmann nicht wirtschaftlich.

II.3.5 AP 5 Sichtbarkeit und Vernetzung

II.3.5.1 AP 5.1 Website

Für ProKI-Hannover wurde eine Website konzeptioniert. Die Hanse35 UG wurde mit der Umsetzung der Website beauftragt. Gemeinsam mit der Koordinierungsstelle wurde ein Corporate Design (u.a. Farbschema & Logos) erarbeitet. Die Website wurde kontinuierlich um technische Beiträge, Veranstaltungshinweise, Tutorials und Programmierbeispiele (AP 4.3) erweitert. Zum Projektabschluss verzeichnete die Website 9.183 Besucher.

II.3.5.2 AP 5.2 Marketing-Material

Bei der Erstellung von Marketing-Materialien wurde vorrangig auf virtuelle Inhalte gesetzt und Videos, Bilder und Texte veröffentlicht. Die Veröffentlichung der Inhalte erfolgte über LinkedIn (119 Beiträge) und den ProKI-Hannover Blog (25 Beiträge, siehe II.3.5.2). ProKI-Hannover fertigte zudem Medieninhalte für die unterschiedlichen Kanäle von ProKI-Netz an, u.a. neun Videos für den ProKI-Netz YouTube-Kanal sowie Textbeiträge für die Website und die Beitragsreihe „ProKI-Netz on Tour“ auf LinkedIn. Weitere Publikationen erfolgten auf externen Plattformen und in Zeitschriften.

In Zusammenarbeit mit dem ProKI-Netz wurde an der Erstellung von Flyern mitgewirkt, die auf den Messen verteilt wurden und am Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) für Industriebesuch auslagen. Für Tagungen und Kongresse wurde ein Poster erstellt. Zudem wurden für die Hannovermesse Plexiglaspanele bedruckt.

II.3.5.3 AP 5.3 Vernetzung KMU

Projektbegleitend wurde Pressearbeit durchgeführt, um die Sichtbarkeit von ProKI-Hannover bei KMUs zu erhöhen. Dies umfasste die Herausgabe von Pressemeldungen sowie die Veröffentlichung von Beiträgen in industrienahen Branchen- und Fachzeitschriften, siehe Abschnitt II.8. Ergänzend dazu wurden die verschiedenen Online-Formate (LinkedIn, Website, Newsletter, YouTube, siehe II.3.5.2) genutzt, um gezielt KMUs zu informieren.

Darüber hinaus wurde zur Vernetzung auf persönlichen Austausch mit den Unternehmen gesetzt. Dieser erfolgte im Rahmen verschiedener Maßnahmen, wie der Teilnahme an Netzwerktreffen, Unternehmensbesuchen und telefonischer bzw. online durchgeführter Beratung.

II.3.5.4 AP 5.4 Vernetzung Multiplikatoren

ProKI-Hannover vernetzte sich mit zahlreichen Multiplikatoren, wie etwa Fachverbänden und -vereinen sowie Handelskammern, zur Verbreitung der erarbeiteten Inhalte. Dazu zählen KI.WI, IHK, Wirtschaftsförderung Region Hannover, Wirtschaftsförderung Diepholz, Hansalinie, VDW, WGP, Arbeitskreis Instandhaltung, Niedersachsen.next, AHK Polen, Deutsche Messe Technology Academy, Verband der Deutschen Drehteile-Industrie, IG Metall, ZDIN und das Mittelstand Digital Zentrum. Neben der Vernetzung wurden gemeinsame Veranstaltungsformate umgesetzt. So wurde gemeinsam mit der KI.WI-Initiative ein Netzwerktreffen am IFW veranstaltet. Zusätzlich wurden fünf Vorträge auf Veranstaltungen von Multiplikatoren gehalten. Auch drei Workshops wurden auf Veranstaltungen von Multiplikatoren durchgeführt, wodurch Industrievertreter einen Einblick in das Leistungsspektrum von ProKI-Hannover erhielten.

II.3.5.5 AP 5.5 Vernetzung & Zusammenarbeit ProKI-Netz

Die Zusammenarbeit mit ProKI-Netz erfolgte auf unterschiedlichen Ebenen. Den Rahmen für die Zusammenarbeit bildeten die regelmäßig stattfinden Koordinatoren-Treffen (alle zwei Wochen online, einmal im Quartal in Präsenz). Darüber hinaus war der Standort ProKI-Hannover an den folgenden Arbeitskreisen bzw. AGs beteiligt: In der **AG Trennen** wurde u. a. die Planung und Umsetzung des Infopoints durchgeführt. Darüber hinaus wurde hier gemeinschaftlich die erste ProKI Smart Factory Tagung in Aachen geplant und gemeinschaftlich durchgeführt. In der **AG Leitfaden** wurde der Leitfaden entworfen, geschrieben und fachlich wie redaktionell überarbeitet. In der **AG Trendanalyse** wurde eine Umfrage entworfen und durchgeführt. Die Abstimmung zur Öffentlichkeitsarbeit (gemeinsamer Redaktionsplan, Erstellung einer Road-Map für übergreifende Marketingmaßnahmen, …) wurden in der gleichnamigen **AG Öffentlichkeitsarbeit** durchgeführt. Die AGs **Grundlagenvorträge** und **Qualifizierungsstrategie** dienten zu Beginn des Projekts der inhaltlichen wie strategischen Abstimmung hinsichtlich der Schulungen und Transfermaßnahmen. In der **AG Verstetigung** wurde das Verstetigungskonzept des ProKI-Netzes und der einzelnen Standorte abgestimmt. In einer standortübergreifenden AG zur **Arbeitswissenschaft** wurden Synergien für die Projektbearbeitung generiert. Im Rahmen dessen wurden Konzepte wie ein Open Lab Day entwickelt und entscheidende regionale sowie überregionale Netzwerke identifiziert. Zudem trug ProKI-Hannover mit Inhalten zur ProKI-Netz Website bei. Dies umfasst das Technologieschaufenster zur Darstellung der Demonstratoren sowie Beiträge zu den geplanten Veranstaltungen.

II.3.5.6 AP 5.6 Organisation Veranstaltungen und Messeteilnahme

In Zusammenarbeit mit dem ProKI-Netz und nach Rücksprache mit dem Projektträger wurden die Veranstaltungen Smart Factory 1 (2023, Aachen, 50 Teilnehmende) und 2 (2024, Darmstadt, 170 Teilnehmende) durchgeführt.

Zudem wurden zwei Messteilnahmen für die EMO 2023 sowie die Hannover Messe 2024 geplant, vorbereitet und durchgeführt. ProKI-Hannover stellte jeweils einen Demonstrator aus und stellte eine Standbetreuung zur Verfügung. Ausgestellt wurde jeweils die automatisierte Qualitätsprüfung geschliffener Oberflächen. Für die EMO wurde eine verkleinerte Version des mobilen Demonstrators gebaut. Auf der Hannover Messe wurde der gesamte Demonstrator inkl. Cobot ausgestellt.

II.3.6 AP 6 Projektmanagement und Verstetigung

II.3.6.1 AP 6.1 Planung/Koordination

Im Rahmen von AP 6.1 wurden alle projektbetreffenden administrativen Tätigkeiten und Managementaufgaben durchgeführt. Kennzahlen wurden erfasst, überwacht und quartalsweise an die Koordinierungsstelle in Aachen gemeldet. Zudem fanden regelmäßige Meetings im zwei Wochen-Takt statt, sowohl mit der Netz-Ebene als auch mit den beteiligten Instituten des Standorts. Alle Aktivitäten des Standorts wurden geplant und die Planung, entsprechend der Nachfrage im Projektverlauf, bedarfsgerecht angepasst.

II.3.6.2 AP 6.2 Controlling Fortschritt

Eine Ziel-Reporting-Struktur wurden in Abstimmung mit dem ProKI-Netz festgelegt und Standort-intern gepflegt. Der Projektfortschritt wurde stetig überwacht. Dies umfasst die Überwachung des Zeit- und Kostenplans sowie der Ziele und Meilensteine. Trotz Herausforderungen in der Akquise von Schulungsteilnehmer*innen kam es zu keinen Abweichungen vom Zeitplan, sodass Migrationsmaßnahmen nicht erforderlich waren.

II.3.6.3 AP 6.3 Reporting

Quartalsweise wurden die Kennzahlen an die Koordinierungsstelle übermittelt. Zudem wurden in einem Quartalsbericht die wesentlichen Fortschritte an die Koordinierungsstelle gemeldet.

II.3.6.4 AP 6.4 Verwertung/Angebot-Geschäftsmodell entwickeln/validieren

Für ProKI-Hannover wurde ein Verstetigungskonzept entwickelt. Die fortlaufende Analyse des Transferangebots hat ergeben, dass insbesondere eine Nachfrage nach Tandem-Projekten besteht. Eine Nachfrage nach Schulungen ist ebenfalls zu verzeichnen. Dieser Nachfrage wird mit dem Verstetigungskonzept auf Netzebene sowie am Standort Hannover nachgekommen. Die Verstetigung ist mit dem ProKI-Netz abgestimmt und erfolgt im Rahmen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP). Das vollständige Verstetigungskonzept ist dem Erfolgskontrollbericht beigefügt.

II.4 Erzielte Ergebnisse

Die im Projekt erzielten fachlichen Ergebnisse lassen sich sowohl in übergreifende Zielsetzungen des gesamten ProKI-Netzes als auch in standortspezifische Ergebnisse des Standorts Hannover und der beteiligten Institute unterteilen.

Ergebnisse der Arbeitsgruppen:

In den Technologiefeldern **Fügen, Trennen und Umformen** wurden unter den teilnehmenden Standorten die Infopoints und weitere Entwicklungen koordiniert. Im Technologiefeld Trennen fanden mit Hannoveraner Teilnahme 4 Infopoints statt. Weiterhin zeigte der Dialog mit den Unternehmen, dass das Technologiefeld Trennen innerhalb der Unternehmen von sehr unterschiedlichen Voraussetzungen geprägt ist. Dies betrifft insbesondere die Verfügbarkeit von Daten, die Bereitschaft zum Einsatz von KI sowie die vorhandene Fachexpertise.

Im Sinne der übergeordneten Zielstellung, wie in der Vorhabenbeschreibung festgehalten, wurden zunächst Schulungskonzepte und begleitende Unterlagen für **Grundlagenseminare** entwickelt. Diese Konzepte schaffen die Basis für eine fundierte Wissensvermittlung im Bereich der KI in der Produktion. Ergänzend dazu wurde ein methodischer Leitfaden zur Bewertung und Einführung von KI-Anwendungen entwickelt. Dieser **Leitfaden** hat sich in verschiedenen Projekten erfolgreich bewährt und wurde im VDI Verlag im Rahmen des Projektatlas

„Künstliche Intelligenz in der Produktion“ publiziert, um eine breitere Anwendung zu fördern. ProKI-Hannover war an der Erstellung des Kapitels „Planung der Einführung von KI-Anwendungen“, „Change-Management als Schlüssel zur erfolgreichen KI-Integration“, „Warum ein Projektatlas Künstliche Intelligenz in der Produktion“ und „Geleitwort der Redaktion“ beteiligt. Zudem übernahm ProKI-Hannover die redaktionelle Verantwortung für das Kapitel „KI-Methoden“ und unterstützte die Begutachtung bzw. Überarbeitung des Leitfadens.

Als **Qualifizierungsstrategie** wurde eine Matrix entwickelt, in der die Standorte ihre Inhalte wie z.B. die Grundlagenseminare verorten konnten. Durch dieses Vorgehen konnten sowohl Lücken als auch ein Überangebot in bestimmten Themenfeldern vermieden werden.

Um die Maßnahmen und Ergebnisse effektiv zu verbreiten, wurde eine umfassende Internetpräsenz aufgebaut, bestehend aus einer übergreifenden Website sowie einem LinkedIn-Auftritt und individuellen Websites je Standort (ProKI-Hannover.de) sowie LinkedIn-Kanälen (LinkedIn ProKI-Hannover). Durch einen Redaktionsplan konnte in der **Öffentlichkeitsarbeit** die Bekanntheit der ProKI-Kanäle stetig gesteigert werden. So konnte die Anzahl der LinkedIn-Follower stetig bis auf 457 Follower auf Netzebene und auf 427 Follower für den Standort Hannover gesteigert werden. Bild 3 auf der nächsten Seite gibt einen Überblick über beispielhafte Metriken zur Auswertung der Öffentlichkeitsarbeit.

Ein weiteres zentrales Ziel ist die nachhaltige **Verstetigung** der ProKI-Standorte über den Förderzeitraum hinaus. Das Verstetigungskonzept wurde in einem umfassenden Entscheidungsprozess entwickelt, bei dem die leitenden Professoren der ProKI-Standorte eng eingebunden waren. Im Mittelpunkt der Diskussion stand die Entscheidung zwischen der Integration in einen bestehenden Verein und der Neugründung eines Vereins. Alternativen wie die Gründung einer GmbH oder die Einrichtung standorteigener Center wurden aufgrund des hohen administrativen Aufwands frühzeitig verworfen. Als Ergebnis wurde beschlossen, die ProKI-Inhalte in bestehende Strukturen zu integrieren, wobei die wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) als geeignetste Option mehrheitlich befürwortet wurde. Ziel ist es, eine schlanke und effiziente Verwaltungsstruktur zu schaffen, die eine flexible Weiterentwicklung der inhaltlichen Themen ermöglicht. Die Zusammenarbeit zwischen den Standorten wird, ähnlich wie in der aktuellen Projektphase, durch einen Kooperationsvertrag rechtlich abgesichert, um eine stabile und koordinierte Umsetzung der ProKI-Inhalte zu gewährleisten. Detailliertere Informationen sind in Kap. II.6 nachzuvollziehen.

Veranstaltungen:

Im Projektzeitraum war das ProKI-Netz zudem mit eigenen Ständen großen Messen wie der EMO Hannover 2023 und der Hannover Messe 2024 vertreten, um den direkten Austausch mit Interessierten und Fachexperten zu fördern. Im Rahmen der Hannover Messe hat der Hannoveraner Standort den Demonstrator zur automatisierten Bewertung der Oberfläche geschliffener Bauteile beigesteuert.

Als besonderes Highlight des Projekts fand die Abschlusskonferenz des ProKI-Netzwerks unter dem Titel „Smart Factory 2 - KI-Systeme für die Produktion“ in Darmstadt statt, nachdem die Veranstaltung „Smart Factory 1“ 2023 hybrid am Aachener Standort durchgeführt wurde. Diese Konferenz umfasste Fachvorträge, Workshops und Diskussionsrunden mit Expertinnen und Experten. Zusätzlich wurden hier die Projektergebnisse von ProKI und den ProLern-Projekten in einem umfassenden Rahmen präsentiert, wodurch ein tiefergehender Einblick in die Potenziale und Anwendungen von KI-Systemen in der Produktion ermöglicht wurde. Der Hannoveraner Standort hat bei dieser Veranstaltung die Moderation übernommen, eine mobile

Version des Werkzeugverschleißdemonstators (D1) ausgestellt und einen Workshop zur Bildverarbeitung beigesteuert. Weiterhin wurde im Rahmen der Veranstaltung auch ein Projektatlas der bereits genannten Projekte veröffentlicht (s. o., Ergebnisse der Arbeitsgruppen: Leitfaden).

Ergebnisse der Demonstrations-, Qualifizierungs- und Transfermaßnahmen:

Über die übergreifenden Ziele hinaus und als Beitrag zur Zielerreichung am Standort Hannover wurden folgende spezifische Einzelziele erreicht (vergleiche auch Bild 3), die bereits in Tabelle 1 detailliert dargestellt sind:

1. **Demonstration von KI-Anwendungen:** 35 der geplanten 40 Maßnahmen zur Demonstration von KI-Anwendungen wurden erfolgreich durchgeführt. Die Abweichung kommt dadurch zustande, dass die Demonstratoren verstärkt bei Großveranstaltungen vorgeführt wurden. Dadurch war der Aufwand je Vorführung größer (Wiederholung der Vorführung vor mehreren Kleingruppen), aber die Reichweite deutlich höher als geplant.
2. **Transfermaßnahmen für Unternehmen:** Insgesamt wurden zehn Tandem-Projekte umgesetzt, und damit die ursprüngliche Zielvorgabe von neun Maßnahmen übertroffen.
3. **Qualifizierungsmaßnahmen:** Insgesamt wurden 61 Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt. Damit wurde die Zielvorgabe von insgesamt 50 Qualifizierungsmaßnahmen übertroffen. Die Maßnahmen teilen sich in 35 Gruppenschulungen (Ziel: 20) und 26 Einzelschulungen (Ziel: 30) auf.
4. **Beratung**: Es wurden 52 Beratungen für 38 Unternehmen durchgeführt. Damit wurde die Zielvorgabe von 20 Beratungsmaßnahmen übertroffen.

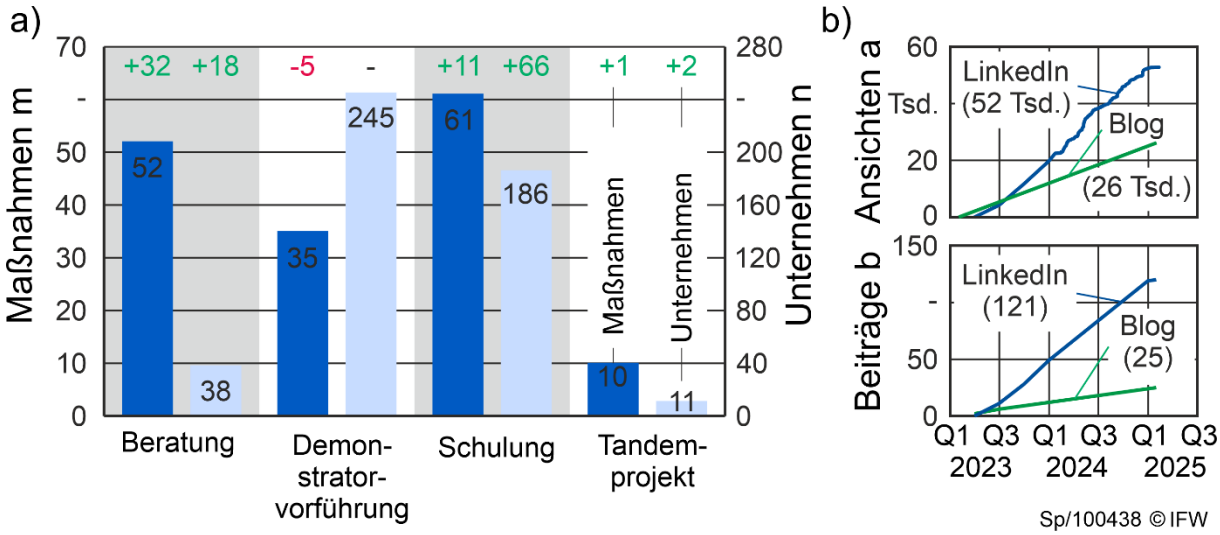


Bild 3: ProKI Kennzahlen a) Durchgeführte Maßnahmen b) Öffentlichkeitsarbeit

Im Laufe des Projektzeitraums stellte sich heraus, dass individualisierte Demonstrations- und Transfermaßnahmen – etwa durch Einzelberatungen oder spezifische Transferprojekte in Unternehmen – deutlich positiver aufgenommen wurden als standardisierte Qualifizierungsmaßnahmen in Form von Schulungen. Zudem zeigte sich, dass künstliche Intelligenz in den Unternehmen zunehmend fallbezogen betrachtet werden muss. Dies ermöglichte es, Qualifizierungsaspekte direkt innerhalb der Transfermaßnahmen zu integrieren und auf konkrete Anwendungsfälle abzustimmen. Diese Flexibilität förderte die Akzeptanz und Anwendung von KI in der Praxis und führte zu einer effektiveren Wissensvermittlung, die unmittelbar an den jeweiligen Bedarf der Unternehmen angepasst werden konnte.

Die spezifischen Ziele aus der Vorhabenbeschreibung und deren Erreichung für den Standort Hannover und deren Institute in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ziele des Standortes Hannover

ID	Ziel	Ergebnis [erreicht in %]	
1	Transferkonzept	Liegt vor	100%
2	Angebotsportfolio	Liegt vor (Bild 1+2)	100%
3	Bereitstellung der Demonstratoren	6 von 6	100%
4	Mindestens 2 Erweiterungsiterationen pro Demonstrator	12 von 12	100%
5	Hohe Sichtbarkeit in Gesellschaft und Industrie auf Basis starker Einbindung von Multiplikatoren	Zusammenarbeit mit 15 verschiedenen Verbänden und Multiplikatoren	100%
7	Zusammenarbeit im ProKI-Netz mit 3 standortübergreifenden Leistungsangeboten	• Koordinatorenrunden • Mitarbeit in 6 AGs • **6 gemeinsame Leistungsangebote** (EMO2023, Hannover Messe 2024, Smart Factory Tagung 1&2, 4 Infopoints, Projektatlas)	200%
8	Bedarfsgerechte Vermittlung von mindestens 15 Unternehmen an andere ProKI Zentren	Vermittlung ist im Rahmen der Messeauftritte erfolgt, Anzahl erfolgreich vermittelter Unternehmen nicht bekannt.	-
9	Min. 10 Kooperationen	Kooperationen mit: 1) RSConnect 2) aiXbrain 3) Kreyenberg 4) Lorenz Hoffmann 5) KI.WI 6) Wilhelm Bauer 7) Müller Industrieelektronik 8) Hansalinie 9) Assmann 10) Heidenhain 11) Ladon Energy 12) GAtek 13) KonPro Automation 14) DREWSEN	140%
10	Erreichte Unternehmen im virtuellen Raum: Technologieschaufenster 2.000 Unternehmen, 2.500 Videos & Informationen	Insgesamt erreicht: über 63.000 Personen (9.183 Seitenbesucher der Website, 26.186 Seitenansichten - davon 2.123 Besuche des Technologieschaufensters, 52.485 Impressionen LinkedIn, 1.198 Seitenaufrufe LinkedIn, 520 Videoaufrufe YouTube)	1.400%
11	Mindestens 40 Demonstratorvorführungen	35 Demonstratorvorführungen, 245 Unternehmen erreicht	87,5%
12	20 Gruppenschulungen für min. 100 Unternehmen, 30 Einzelschulungen	Schulungen insgesamt: 61 von 50 • 26 Einzelschulungen (26 U.) • 35 Gruppenschulungen (159 U.)	122%
13	Beratung von mindestens 20 Unternehmen	52 Beratungen von 38 Unternehmen	190%
14	4 Events in Zusammenarbeit mit Multiplikatoren	Veranstaltungen in Zusammenarbeit: 1. Smart Factory Tagung 1 (Diverse) 2. Smart Factory Tagung 2 (Diverse) 3. ProKI OpenLab Day (IHK) 4. KI.WI Netzwerktreffen - 3-malige Teilnahme, einmal als Ausrichter (KI.WI) 5. KI-Jahrestagung 2023 (Dt. Messe AG) 6. KI-Jahrestagung 2024 (Dt. Messe AG) 7. KI-Woche (Mittelstand-Digital) 8. Zukunftsfabrik (Hansalinie) 9. Deutschpolnische Zukunftsmärkte (IHK) 10. LUH AI Day (LUH)	250%

15	9 Tandem-Projekte	10 Tandem-Projekte	111%
16	Mindestens 4 initiierte Forschungsprojekte	8 Forschungsprojekte wurden initiiert (nähere Informationen finden sich im Erfolgskontrollbericht)	200%

In Summe konnten die Ziele von ProKI-Hannover erreicht und in weiten Teilen sogar übertroffen werden. Durch erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit wurde eine hohe Reichweite aufgebaut. Zahlreiche Maßnahmen wurden durchgeführt, um den Transfer von KI-Methoden aus der Wissenschaft in die Industrie voranzutreiben. Durch arbeitswissenschaftliche Angebote wurde sichergestellt, dass Unternehmen neben den technischen Voraussetzungen auch im Sinne des Changemanagements auf die Einführung von KI vorbereitet sind.

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

Die dynamische Entwicklung neuer Ansätze, Methoden und Modelle der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens (z. B. LLMs) wurde kontinuierlich an den am ProKI-Netz beteiligten Fachgebieten beobachtet. Erkenntnisse aus dem nationalen und internationalen Umfeld sind in die Transferaktivitäten eingeflossen und fanden somit den Weg zu den KMU im deutschen Wirtschaftsraum. Auch wenn der Schwerpunkt des Vorhabens ProKI nicht auf der Forschung selbst, sondern auf dem Transfer bisheriger Ergebnisse des ProKI-Netz-Verbundes liegt, beeinflussen diese Entwicklungen teilweise inhaltlich die gesetzten Schwerpunkte der Transferthemen. Zeitgleich mit den Aktivitäten von ProKI-Netz fanden Entwicklungen wie die Neuausrichtung des Mittelstand-Digitalzentrums (MDZ) mit einer stärkeren Fokussierung auf den KI-Transfer sowie die Gründung des KI-Zentrums des Fraunhofer IPA statt. Neben diesen landesweiten Initiativen besteht ein Netzwerk lokaler Initiativen mit ähnlichen Zielen.

II.6 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Laufe der Projektlaufzeit wurde eine Vielzahl an Maßnahmen (siehe II.4) durchgeführt, die produzierende Unternehmen dabei unterstützen, KI besser zu verstehen und eigene Prozesse weiterzuentwickeln. Das im Rahmen dieser Maßnahmen erworbene Wissen der Mitarbeitenden dieser Unternehmen sowie die Veröffentlichung von Erkenntnissen bspw. im Rahmen des Projektatlas werden auch in den kommenden Jahren die Integration von KI in Produktionsprozesse vorantreiben.

Zur dauerhaften Verwertbarkeit der Ergebnisse und insbesondere zur Verstetigung des ProKI-Netzwerks wurde im Konsortium beschlossen, neben den standortspezifischen Maßnahmen auch das Konsortium bzw. das Netz fortzuführen ohne eine weitere Entität zu Gründen. Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP), eine Vereinigung führender Professoren auf dem Gebiet der Produktionstechnik, in der bereits sieben der acht ProKI-Standorte durch insgesamt 14 Professoren des Netzes vertreten sind, bietet für dieses Vorhaben die optimalen Voraussetzungen. Die etablierte Organisationsstruktur der WGP für die dauerhafte Nutzung der ProKI-Inhalte kann somit genutzt werden. Zudem bietet die Gesellschaft mit über 70 Professoren die Möglichkeit, das ProKI-Netz für weitere WGP-Mitglieder zu öffnen, um KMU in Deutschland ein erweitertes Angebot im Bereich KI in der Produktion anbieten zu können. Komplementär zur wissenschaftlichen Ausrichtung der WGP wird bei der Integration von ProKI-Inhalten und die industrienahe Umsetzung etablierter ProKI-Maßnahmen fokussiert. Akute Maßnahmen zur Verstetigung des Netzes in der WGP lauten wie folgt:

- Gründung eines ProKI-Ausschusses

- Weiterführung der Koordinatorenrunde auf operativer Ebene zur Organisation gemeinsamer Aktivitäten
- Fortführung der Infopoints im Jahr 2025 (monatlich)
- Transfer der ProKI-Seminare in die WGP-Produktionsakademie
- Übergabe bzw. Integration der ProKI-Kanäle (hauptsächlich LinkedIn und Website) in die WGP-Kanäle
- Weiterführung des ProKI-Projektatlasses im Rahmen eines WGP Standpunktpapiers
- Förderung von Veröffentlichungen mit KI-Bezug durch die Einführung einer festen KI-Session auf dem WGP-Jahreskongress

Darüber hinaus wird am Standort Hannover das „Innovationsforum Smart Manufacturing“ eingeführt. Das Ziel des Innovationsforums ist es, bilaterale Forschungs- sowie Industrieprojekte anzustoßen. Dazu werden Unternehmen zweimal jährlich zu einem kostenlosen Seminar eingeladen, in welchem ausgewählte Projekte sowie neue Projektideen vorgestellt und diskutiert werden.

Des Weiteren sollen aus Hannover dauerhaft drei Schulungen über die WGP-Akademie angeboten werden. Diese bauen auf den vom IFW entwickelten Schulungen „Computer Vision anwenden“ und „Predictive Quality“ auf. Weiterhin wird vom IFA die Lean und Innovation Schulung angeboten. Zusätzlich stellt das IMPT auch künftig den mobilen Demonstrator zur Datenakquise bei Unternehmen zur Verfügung.

Diese Maßnahmen ermöglichen eine langfristige Vernetzung von Industrie und Wissenschaft sowie der ProKI-Standorte untereinander. Damit wird gewährleistet, dass die erzielten Forschungsergebnisse langfristig in das produzierende Gewerbe transferiert werden und den Wirtschaftsstandort Deutschland stärken.

II.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojektes

Während der Projektlaufzeit gab es eine Zusammenarbeit mit mehreren Partnern außerhalb des Verbundprojektes. An erster Stelle ist die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) zu nennen. Im Rahmen der WGP kam es regelmäßig zum Austausch auf professoraler Ebene, bei der zentrumsübergreifende Projekte gestartet wurden oder die Zukunft des Netzwerks diskutiert wurde. Aus diesem Grund wird auch die Verstetigung des Projekts im Rahmen der WGP erfolgen. Auch der ProKI-Stand auf der EMO Messe 2023 wurde in Kooperation mit der WGP organisiert.

Der Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) hat sich an mehreren Tätigkeiten des Verbundprojekts beteiligt. Hier ist insbesondere der Projektatlas zu nennen, der zur Tagung Smart Factory 2 im Verlag des VDI veröffentlicht wurde. Auch beide ProKI Hackathons wurden in Kooperation mit dem VDI durchgeführt.

Auf wissenschaftlicher Ebene ist insbesondere die Zusammenarbeit mit den ProLern-Projekten hervorzuheben. Die ProLern-Projekte beteiligten sich sowohl an der Tagung Smart Factory 2 als auch am Projektatlas. Zusätzlich gab es bei zahlreichen kleineren Maßnahmen einen Austausch bzw. eine Zusammenarbeit zwischen ProKI und ProLern-Projekten.

Da ProKI ein Transferprojekt ist, gab es zahlreiche Kooperationen mit Unternehmen im Rahmen von Transfer- bzw. Umsetzungsprojekten (vgl. II.3.4.7) sowie zahlreiche Workshops und Schulungen (vgl. II.3.3.4). Eine Übersicht über die Unternehmen und Maßnahmen findet sich in Abschnitt II.4, Bild 3 sowie Tabelle 5.

Beispielhaft werden an dieser Stelle einige besondere Maßnahmen am Standort Hannover hervorgehoben: ProKI Hannover führte den OpenLab Day Hannover durch, bei dem die Demonstratoren besichtigt werden konnten. Die Veranstaltung wurde von der IHK Hannover und von dem Mittelstand-Digital Zentrum unterstützt. Des Weiteren wurde ein gemeinsames Netzwerktreffen mit der KI.WI-Initiative durchgeführt. Auf der IHK-Veranstaltung Deutsch-polnische Zukunftsmärkte wurde eine Podiumsdiskussion zum Thema „Implementierung von KI in die Industrie 4.0 - Ein Schritt in die Zukunft“ konzeptioniert und moderiert. In Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsförderung Diepholz und der Hansalinie e.V. wurde die Veranstaltung „Zukunftsfabrik“ gestaltet (Vortrag und Podiumsdiskussion). Zusammen mit dem Mittelstand Digital Zentrum wurde eine KI-Themenwoche mit verschiedenen Online-Veranstaltungen und Workshops durchgeführt.

II.8 Veröffentlichungen, Vorträge Referate, etc.

II.8.1 Veröffentlichungen

[STO22a] Stoppel, D. (2022, 27. Oktober). Zentrum zum Thema „Künstliche Intelligenz“ gestartet. IndustryArena, https://de.industryarena.com/uni-hannover-ifw/blog/zentrum-zum-thema-kuenstliche-intelligenz-gestartet--20066.html

[STO22b] Stoppel, D. (2022, 29. November) Künstliche Intelligenz in der Produktion: ProKI-Zentrum Hannover gestartet. phi. https://phi-hannover.de/kuenstliche-intelligenz-in-der-produktion-proki-zentrum-hannover-gestartet/

[ARZ23a] Arzer, A. (2023, 31. Januar). ProKI-Zentrum Hannover startet im März. https://www.it-production.com/news/maerkte-und-trends/proki-zentrum-hannover-startet-im-maerz/

[PLA23] Platz, M. (2023, 22. Juni). KI in der Produktion: Was müssen Unternehmen beachten?. https://proki-hannover.de/ki-in-der-produktion-was-muessen-unternehmen-beachten/

[KRO23a] Krombach, P. (2023, 18 Juli). Bildklassifizierung mit PyTorch – So funktioniert’s. https://proki-hannover.de/bildklassifizierung-mit-pytorch-so-funktionierts/

[ARZ23b] Arzer, A. (2023, 27. Juli). ProKI-Hannover – Zentrum für KI in der Zerspanung. in: Zukunft Digital 01/2023, 18-19

[YOU23] Younis, R., Ahmadi, Z., Hakmeh, A., & Fisichella, M. (2023, August). Flames2graph: An interpretable federated multivariate time series classification framework. In *Proceedings of the 29th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (3140-3150).

[ARZ23c] Arzer, A. (2023 3. August). Predictive Quality – Was das ist und welche Unternehmen davon profitieren https://proki-hannover.de/predictive-quality-was-das-ist-und-welche-unternehmen-davon-profitieren/

[STO23a] Stoppel, D. (2023, 19. September) ProKI auf der Weltleitmesse der Produktionstechnologie. Mittelstand-Digital Zentrum Hannover. https://digitalzentrum-hannover.de/aktuelles/proki-emo/

[STO23b] Stoppel, D. (2023, 16. Oktober) ProKI-Tagung „Smart Factory: Wie Künstliche Intelligenz die Produktion transformiert“. IndustryArena. https://de.industryarena.com/uni-hannover-ifw/blog/proki-tagung-smart-factory-wie-kuenstliche-intelligenz-die-produktion-transformiert--21054.html

[DEN23a] Denkena, B., Klemme. H., Arzer, A., & Cofala, T. (2023, 31. Oktober). Sichtprüfungen mit Maschinellem Lernen automatisieren. https://www.ingenieur.de/fachmedien/vdi-z/qualitaetssicherung/sichtpruefungen-mit-maschinellem-lernen-automatisieren/

[DEN23b] Krombach, P., & Schmutte, R., (2023, 28. November) Werkzeugverschleiß automatisiert und kameragestützt überwachen. phi. https://phi-hannover.de/werkzeugverschleiss-automatisiert-und-kameragestuetzt-ueberwachen/

[KRO23b] Krombach, P. (2023, 14 Dezember). Automatisierte Werkzeugüberwachung mit KI Verschleißabschätzung. SPS-Magazin, Fachzeitschrift für Automatisierungstechnik, Ausgabe 13/2023, S. 92-93.

[KRO24] Krombach, P., (2024). KI überwacht Werkzeugverschleiß und reduziert Kosten, PZH (2024), Das Magazin des Produktionstechnischen Zentrums der Leibniz Universität Hannover / Jahresbericht 2023, S. 26.

[DEN24a] Denkena, B., Buhl, H., & Arzer, A. (2024): Assistenzsystem zur Fehleranalyse bei der Fräsbearbeitung, WB-Werkstatt und Betrieb, Ausgabe 07/2024

[GRÜ24] Gründel, L., Brecher, C., Herfs, W., Lohrmann, V., Hinzmann, D., Varchmin, S., Wiemer, H., Stoppel, D., Gerth, S., Puchta, A., Thielen, N., Hoffmann, A., König, V., Lang, S., Marquard, V., Hammann, G., Woll, J., Zapf, B., Lamp, S., . . . & Möhring, H. (Hrsg.). (2024) Projektatlas – Künstliche Intelligenz in der Produktion, VDI Verlag

[DEN24b] Denkena, B., Becker, J., & Krombach, P.: (2024): KI-gestützte Werkzeugkontrolle, mav April 2024, Nr. 2, S. 22-23.

[YOU24] Younis, R., & Ahmadi, Z. (2024, December). HyperTime: A Dynamic Hypergraph Approach for Time Series Classification. In *2024 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)* (pp. 570-579). IEEE.

[DEN24c] Denkena, B., Henning, B., & Stoppel, D. (2024). Mit neuronalen Netzen zur präzisen Kraftrekonstruktion beim Fräsen. Zukunft.Digital, Ausgabe 02/2024, 34-37.

[NÜB24] Nübel, M., (2024, 20. Dezember). KI-Anwendungen in der Personaleinsatzplanung. https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Microsites/KI.WI/Best_Practices/10_3_Personaleinsatzplanung.php

[DEN25a] Denkena, B., Buhl, H., Krombach, P., & Schmutte R. (2025). KI übernimmt Qualitätskontrolle für Spritzgussteile. Produktion März 2024, Nr. 3, S. 12.

II.8.2 Blogbeiträge und News auf ProKI-Hannover.de

Stoppel, D. (2023). Künstliche Intelligenz in der Produktion: ProKI-Zentrum Hannover gestartet. https://proki-hannover.de/kuenstliche-intelligenz-in-der-produktion-proki-zentrum-hannover-gestartet/

Arzer, A. (2023). ProKI-Kurzvortrag zu Qualitätskontrollen mittels Maschinellem Sehen. https://proki-hannover.de/proki-kurzvortrag-zu-qualitaetskontrollen-mittels-maschinellem-sehen/

Arzer, A. (2023). Lean & Innovation Schulung im Juni. https://proki-hannover.de/lean-innovation-workshop-im-mai/

Arzer, A. (2023). ProKI-Hannover auf der PIN-Konferenz. https://proki-hannover.de/proki-hannover-auf-der-pin-konferenz/

Schlesing, D. (2023). Freie Plätze für „Lean & Innovation: Vorbereitung auf die Einführung von KI“. https://proki-hannover.de/freie-plaetze-fuer-lean-innovation-vorbereitung-auf-die-einfuehrung-von-ki/

Platz, M. (2023). KI in der Produktion: Was müssen Unternehmen beachten?. https://proki-hannover.de/ki-in-der-produktion-was-muessen-unternehmen-beachten/

Krombach, P. (2023). Bildklassifizierung mit PyTorch – So funktioniert’s. https://proki-hannover.de/bildklassifizierung-mit-pytorch-so-funktionierts/

Arzer, A. (2023). Predictive Quality – Was das ist und welche Unternehmen davon profitieren. https://proki-hannover.de/predictive-quality-was-das-ist-und-welche-unternehmen-davon-profitieren/

Schlesing, D. (2023). ProKI-Hannover zeigt automatisierte Qualitätsprüfung auf der EMO 2023. https://proki-hannover.de/proki-hannover-auf-der-emo-2023/

Stoppel, D. (2023). ProKI-Netz – Tagung Smart Factory. https://proki-hannover.de/proki-netz-tagung-smart-factory/

Schlesing, D. (2023). KI-Power für Ihr Unternehmen. https://proki-hannover.de/ki-fuer-unternehmen/

Arzer, A. (2023). Kollaborative Robotik in der Fertigung. https://proki-hannover.de/kollaborative-robotik-in-der-fertigung/

Krombach, P. (2024). Objekterkennung auf eigenen Daten mit YOLO v8. https://proki-hannover.de/objekterkennung-auf-eigenen-daten-mit-yolo-v8/

Platz, M. (2024). 7 Potenziale von KI für die Produktion. https://proki-hannover.de/potenziale-von-ki-fuer-die-produktion/

Platz, M. (2024). Umfrage: Wie nutzen Sie Künstliche Intelligenz?. https://proki-hannover.de/umfrage-wie-nutzen-sie-kuenstliche-intelligenz/

Arzer, A. (2024). Datenerfassung bei Werkzeugmaschinen mit OPC UA und Python. https://proki-hannover.de/datenerfassung-bei-werkzeugmaschinen-mit-opc-ua-und-python/

Nübel, M. (2024). Neue Wege in der Personaleinsatzplanung. https://proki-hannover.de/neue-wege-in-der-personaleinsatzplanung/

Platz, M. (2024). Einführung von Künstlicher Intelligenz: Ein strukturierter Change-Management-Prozess. https://proki-hannover.de/einfuhrung-von-kunstlicher-intelligenz-ein-strukturierter-change-management-prozess/

Stoppel, D. (2024). Einladung zum Open Lab Day am 27. August. https://proki-hannover.de/einladung-zum-open-lab-day-am-27-august-proki-hannover/

Schlesing, D. (2024). Einladung zur Tagung »Smart Factory 2« am 9. Oktober. https://proki-hannover.de/einladung-zur-tagung-smart-factory-2-am-9-oktober/

Platz, M. (2024). Die zweite Phase des Change-Management-Prozesses bei der Einführung von KI. https://proki-hannover.de/die-zweite-phase-des-change-management-prozesses-bei-der-einfuhrung-von-ki/

Platz, M. (2024). Die dritte Phase des Change-Management-Prozesses bei der Einführung von KI. https://proki-hannover.de/die-dritte-phase-des-change-management-prozesses-bei-der-einfuhrung-von-ki-2/

Platz, M. (2024). Die vierte und letzte Phase des Change-Management-Prozesses bei der Einführung von KI. https://proki-hannover.de/die-vierte-und-letzte-phase-des-change-management-prozesses-bei-der-einfuhrung-von-ki/

Nübel, M. (2024). Interview mit Prof. Dr.-Ing. Schmidt. https://proki-hannover.de/interview-mit-prof-dr-ing-schmidt/

Stoppel, D. (2024). ProKI: Erfolgreicher Abschluss mit Zukunft bei der WGP. https://proki-hannover.de/proki-erfolgreicher-abschluss-mit-zukunft-bei-der-wgp/

II.8.3 Pressemeldungen

Stoppel, D. (2022, 21. Oktober). Zentrum zum Thema „Künstliche Intelligenz“ startet. Leibniz Universität Hannover. https://www.uni-hannover.de/de/universitaet/aktuelles/online-aktuell/details/news/zentrum-zum-thema-kuenstliche-intelligenz-startet

Stoppel, D. (2022, 26. Oktober). Zentrum zum Thema „Künstliche Intelligenz“ startet. IFW. https://www.ifw.uni-hannover.de/de/institut/news-und-veranstaltungen/news/aktuelles-detailansicht/news/zentrum-zum-thema-kuenstliche-intelligenz-gestartet

II.8.4 Vorträge

Arzer, A. (2023) KI-basierte Qualitätskontrolle in der Zerspanung. KI-Woche (2023). 27.03.2023, Online.

Arzer, A. (2023) KI-basierte Qualitätskontrolle in der Zerspanung. KI-Woche (2023). 30.03.2023, Online.

Schmutte, R., Krombach, P., Stoppel, D. (2023). Konnektivität von Werkzeugmaschinen als Basis für KI Lösungen. Smart Factory Tagung (2023). 13.11.2023, Aachen.

Stoppel, D. (2024). Demonstrations- und Transferzentrum für KI in der Produktion. Hannover Messe (2024). 24. April 2024, Hannover.

Stoppel, D. (2024). AI in Production Engineering Tackling the Challenge of Generalizability. LUH AI Day (2024). 13. August 2024, Hannover.

Stoppel, D. (2024). Einsatzmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz in der Produktion. Zukunftsfabrik – Revolution oder Risiko für die Produktion (2024). 21. August 2024, Bassum.

Stoppel, D. (2024). Überwachung von Werkzeugmaschinen – KI trifft klassischen Maschinenbau. Mindener Instandhaltungsgespräche (2024). 24. Oktober 2024, Minden.

II.9 Literaturverzeichnis

[BAU17] Bauer, H., Richter, G., Wüllenweber, J., Breunig, M., Wee, D., & Klein, H. (2017). Smartening up with Artificial Intelligence (AI)-What's in it for Germany and its Industrial Sector. McKinsey & Company.

[KRÜ19] Krüger, J., Fleischer, J., Franke, J., & Groche, P. (2019). WGP Standpunkt: KI in der Produktion. Künstliche Intelli-genz erschliessen für Unter-nehmen. WGP Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik eV, Hannover.

[POK21] Pokorni, B., Braun, M., & Knecht, C. (2021). Menschzentrierte KI-Anwendungen in der Produktion.

[SEI18] Seifert, I., Bürger, M., Wangler, L., Christmann-Budian, S., Rohde, M., Gabriel, P., & Zinke, G. (2018). Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE—Plat-forms| Additive Manufacturing| Imaging| Communication| Engineering.

[SOO23] Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Machine learning and artificial intelligence in CNC machine tools, a review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, *2*, 100009.

[TET22] Teti, R., Mourtzis, D., D'Addona, D. M., & Caggiano, A. (2022). Process monitoring of machining. *CIRP Annals*, *71*(2), 529-552.

[VDM18] VDMA. (2018). Machine Learning im Maschinen- und Anlagenbau (Software und Digitalisierung). https://www.vdma.org/documents/34570/1052572/Quick-Guide%20Machine%20Learning%20-KI.pdf

[BIT24] Bitkom Research, Künstliche Intelligenz in Deutschland – Status quo und Ausblick, Berlin 2024

[NIE24] Niederée, C., Eichelberger, H., Schmees, H., Broos, A., Schreiber, P. (2021) KI in der Produktion – Quo Vadis? [Whitepaper]. IIP-Ecosphere

[BMW20] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Auf Künstliche Intelligenz kommt es an, Berlin 2020