

Selbstlernende Assistenzsysteme für Maschinenbediener

Andre Schult, Lukas Oehm, Sebastian Carsch, Markus Windisch und Jens-Peter Majschak

1 Einleitung

Technische Entwicklungen sowie Elemente der Automatisierung führen im Maschinen- und Anlagenbau zu einer steigenden Komplexität, welche mit einem gesteigerten Gesamtwirkungsgrad (nach (DIN 8743:2014-01) der Endprodukte einhergeht. In der Bedienung kann jedoch, bspw. in der Lebensmittelverarbeitungs- und -verpackungsindustrie, eine Diskrepanz des technisch möglichen und real erzielten Wirkungsgrades im zweistelligen Prozentbereich festgestellt werden (Schult, Oehm, Klaeger & Carsch 2018). Mit den Ironies of automation wurde bereits in den 1980er Jahren eine Ursache dafür identifiziert. Die fehlende Erfahrung sowie fehlendes Prozessverständnis im Umgang mit komplexen Systemen auf Bedienenden-Seite führen zu Problemen im Umgang mit ebenjenen (Bainbridge 1983). Insbesondere bei biogenen Rohstoffen mit volatilen Eigenschaften können weit verzweigte Ursache-Wirkungs-Kausalitäten im Störfall weder verstanden noch nachhaltig behoben werden. Diese theoretische Annahme wird auch durch Analysen am Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) in Dresden bestätigt. Seit 1995 konnte in über 6.000 Stunden Maschineneffizienzanalysen in der Lebensmittelverarbeitung und -verpackung festgestellt werden, dass die Prozesse von so genannten Mikrostörungen, also Unterbrechungen kürzer als 2 Minuten, geprägt sind (Schult, Beck & Majschak 2015). Ein für die nachhaltige Problemlösung notwendiger Erfahrungsaustausch und -aufbau unter den Mitarbeitenden wird dabei häufig durch Personalfuktuation, Fachkräftemangel und Kommunikationsbarrieren behindert.

Dies wird an einem konkreten Beispiel im Bereich Joghurtverpackung deutlich. Nach der Befüllung des Joghurts in Kunststoffbecher (Form-, Füll- und Verschleißmaschine), werden diese in Sammeleinheiten in Kartontrays für

den Einzelhandel verpackt (Traypacker) und anschließend auf Paletten verladen (Palettierer). Während einer Effizienzanalyse an der neu aufgestellten Anlage kam es in der Beobachtungszeit von 72 Stunden wiederholt zu Problemen an einem Teil der Transportstrecke von Förderbändern zwischen Traypacker und Palettierer. Kollisionen und Stau der befüllten Kartontrays führten immer wieder zu ungeplanten Produktionsunterbrechungen mit signifikanter Ausschussmenge und Verlust an Produktionszeit. Die Ursache dieser Störungen war dem Bedienpersonal nicht bekannt. Es wurden zahlreiche Maßnahmen wie bspw. Justierung der Produktführung ergriffen um das Problem zu beheben. Erst mit Schicht- und Personalwechsel konnte die Ursache gefunden und behoben werden. Bei der automatischen Herstellung der Kartontrays der vorgelagerten Maschine werden diese an Klebelaschen mit Heißleimdüsen verklebt. Eine dieser Düsen war leicht verschmutzt, woraufhin sich einzelne Laschen während des Transportes stochastisch wieder öffneten. In der Folge führte das zu einem Verkanten und Verdrehen und damit zum Stau und zur Kollision der Kartontrays. Eine einfache, kurze Reinigung der betroffenen Heißleimdüse konnte die Störung nachhaltig beseitigen. Der nur bedingt komplexen Lösung liegt jedoch umfangreiches Erfahrungs- und Prozesswissen zu Grunde. Ist dieses im Störfall nicht vorhanden kann der Prozess nicht qualitätsgerecht geführt werden.

Zur Lösung der beschriebenen Problematik können zwei zentrale Strategien verfolgt werden. Einerseits kann eine verstärkte Automatisierung den Menschen als potentielle Fehlerquelle aus dem Prozess verdrängen. Maschinen sollen damit befähigt werden, selbstständig die entsprechenden Arbeitsprozesse auszuführen. Am konkreten Beispiel könnte die Verschmutzung der Klebedüsen sensorisch erfasst und ggf. automatisch gereinigt werden. Dieser Ansatz wird verstärkt in der Automobilindustrie verfolgt. Im Umgang mit biogenen Rohstoffen, bspw. in der Lebensmittelindustrie, ist hingegen eine Vollautomatisierung häufig weder wirtschaftlich noch technisch sinnvoll bzw. möglich. Hauptgrund dafür sind die volatilen, oftmals nicht oder nur begrenzt messbaren Eigenschaften von Naturstoffen, deren Bestimmung jedoch für die Automatisierung von zentraler Bedeutung sind. Deshalb zielt eine zweite Strategie auf die Nutzung der sensorischen, motorischen und kognitiven Fähigkeiten der Menschen an den Maschinen ab. Durch analoge und digitale

Wissenspeicher soll dabei sowohl Erfahrungsaufbau als auch -weitergabe zur optimalen Bedienung von Produktionsmaschinen unterstützt werden.

Beobachtungen des Fraunhofer IWV Dresden zeigen, dass in der Industrie häufig manuelle Störungs- oder Schichtprotokolle geführt werden. In diesen Protokollen werden Eintrittszeitpunkt, Dauer, Art der Störung und durchgeführte Lösung notiert. Diese Aufzeichnungen dienen in der Regel der Werks- und Produktionsleitung zum Monitoring und zur Identifikation aktueller und akuter Schwachstellen in der Produktion. Auf Basis dieser Protokolle werden kurzfristige Lösungskonzepte entwickelt. Eine nachhaltige Nutzung der Dokumentation, auch zum Wissenstransfer zwischen Mitarbeitenden, findet kaum statt.

Für Maschinenbedienende ist ein Zugriff, vor allem in der Stresssituation der Störungsbeseitigung, auf solche Aufzeichnungen nahezu ausgeschlossen, da die Suche aufgrund der Ablage der Notizen in Schichtbüchern oder lokal gespeicherten Textdokumenten nur sehr aufwändig möglich ist. Weiterhin sind Inkonsistenzen der Bezeichnungen nur schwer zu vermeiden. Folglich hat diese Art der Erfahrungsspeicherung und -weitergabe bei operativem Personal wenig Akzeptanz und kann häufig nur durch unternehmensinterne Vorgaben aufrechterhalten werden. Unter solchen Zwangsbedingungen werden Systeme zur Wissensspeicherung aber nicht als Unterstützung, sondern als Last wahrgenommen und können somit nicht den gewünschten Mehrwert generieren. Auch die Weitergabe und der Austausch von Erfahrungswissen beschränkt sich demnach häufig nur auf den persönlichen Kontakt. Dieser ist jedoch in Folge kurzer Übergabezeiten zwischen Schichten, häufigem Personalwechsel, Sprachbarrieren sowie einer Reduzierung der Bedienendenanzahl pro Maschine limitiert.

2 Die Vision

Der Institutsteil Verarbeitungstechnik des Fraunhofer IWV in Dresden löst dieses Problem durch das selbstlernende Assistenzsystem für Maschinenbedienende (SAM). Die Software SAM ist auf einem externen PC über Datenschnittstellen mit der Anlage verbunden und nutzt Methoden des Maschinellen Lernens zum Trainieren und Wiedererkennen von Maschinenzuständen. In Kombination mit einem digitalen Erfahrungswissenspeicher wird eine automatische Suchfunktion, von bspw.

Störungseinträgen in einer Datenbank, ermöglicht. Dadurch entfällt zum einen das zeitaufwändige, manuelle Suchen. Zum anderen werden Nutzende zur Generierung von neuen Inhalten motiviert. Durch die situationsgerechte, proaktive Präsenz von Erfahrungswissen haben sie die Möglichkeit, dieses Wissen auf einfache Art und Weise zu ergänzen, zu kommentieren oder zu korrigieren. Durch eine intuitive Eingabe soll eine hohe Akzeptanz und Freiwilligkeit der Nutzung erreicht werden, um das unternehmensinterne Wissen u. a. aus den Bereichen Instandhaltung, Prozesstechnik und Maschinenbedienung zu aggregieren und eine Weiternutzung aufzubereiten.

SAM soll demnach zu einer Art virtuellem Mitarbeitenden und einer Austauschplattform werden, die Erfahrungswissen sammelt und gezielt zwischen Maschinenbedienenden und technischen Fachkräften verteilt bzw. verfügbar hält. Dieser Austausch erfolgt, je nach Kundenwunsch, ausschließlich lokal an der Maschine, im werksinternen Intranet oder weltweit über ein Cloud-System.

Neben der kurzfristig eintretenden, nachhaltigen Steigerung des Engagements und der Motivation des Personals durch eine Berücksichtigung und gezieltere Einbindung des eigenen Erfahrungswissens, soll SAM mittelfristig die Dokumentation der Prozesse vereinfachen und die Prozesseffizienz steigern. Dabei grenzt sich SAM explizit von Expertesystemen ab, in denen nur wenige Mitarbeitende Einträge erstellen dürfen. SAM ermöglicht der kompletten Belegschaft in den vorgesehenen Abteilungen mit Fragen, Ideen und Anregungen an Diskussionen teilzunehmen. Durch das breite Feld potentieller Nutzender wird SAM konsequent vor dem Hintergrund einer maximalen Anwenderfreundlichkeit und Bedienendenakzeptanz entwickelt.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Funktionalitäten und der Aufbau der Software erläutert, welcher auf Abbildung 1 zu sehen ist. Die Lösungsansätze basieren dabei zumeist auf bereits erprobten Teilsystemen des Assistenzsystems. Darüber hinaus werden Entwicklungsansätze beschrieben, welche in nachfolgenden Arbeiten umgesetzt, untersucht und validiert werden.

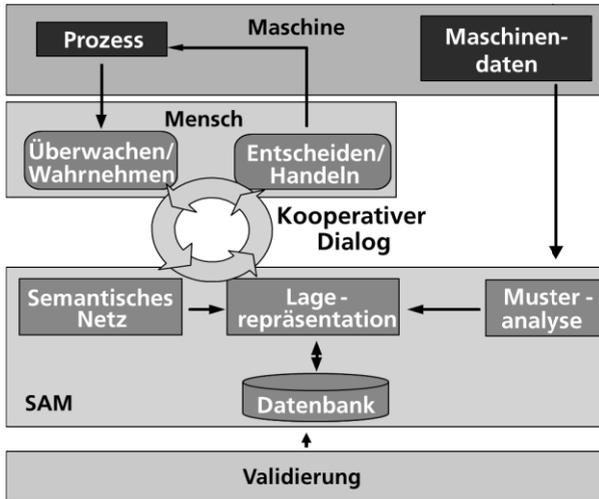


Abbildung 1: Aufbau des selbstlernenden Assistenzsystems für Maschinenbediener (SAM)

3 Lösungsansatz

3.1 Entwicklung der lernenden Zustandsdiagnose

Ein zentraler, innovativer Bestandteil des Assistenzsystems ist die lernende Zustandsdiagnose. Sie stellt die Funktion zur Wiedererkennung von Störungen zur Verfügung. In Forschungsarbeit am Fraunhofer IVW Dresden wurden und werden verschiedene Ansätze untersucht und umgesetzt. Grundlage sind unterschiedliche Daten zum jeweils betrachteten Prozess, den Verarbeitungsgütern, der Umgebung oder der Maschine. Diese Daten können einzeln oder in Kombination zur Beschreibung und Wiedererkennung von Zuständen genutzt werden. Sie unterscheiden sich allerdings in der Verfügbarkeit, im Erfassungsaufwand, Analyseaufwand und auch im Nutzungspotenzial zum Teil deutlich. In Tabelle 2 sind verschiedene Arten von Daten und ihre Schnittstellen aufgelistet. Der Aufwand zur Erfassung, Analyse sowie das Nutzungspotenzial wurde auf Grundlage eigener Erfahrungen abgeschätzt und auf einer Skala von 1 (sehr einfach/ sehr niedrig) bis 5 (sehr aufwändig/ sehr hoch) bewertet.

Art der Daten und Datenquelle	Aufwand Erfassung	Aufwand Analyse	Nutzungspotenzial
Fehlercodes der Maschine	1	1	1
Soll- und Ist-Werte der Prozessregel- und -steuerungen	2	2	2
Hochfrequente Sensorschaltzeiten	4	5	4
Bild- und Videodaten	1	4	4
Produktionsdaten aus Manufacturing Execution Systems (MES)	2	1	3
Menschliche Situationsbeschreibung mit „mobile Devices“	4	2	4
Zusätzliche Daten zur Zustandsbeschreibung von Produkt und Maschine (ext. Sensoren)	3	3	3

*Tabelle 1: Datenquellen und -schnittstellen zur Zustandsdiagnose
(1 sehr einfach/ sehr niedrig; 5 sehr komplex/ sehr hoch)*

Die allgemeine Vorgehensweise sieht vor, dass diese Daten mit Algorithmen des Maschinellen Lernens auf sich wiederholende Muster geprüft und diese Muster mit menschlichen Störungsbeschreibungen aus einer Datenbank verknüpft werden. Die zentrale Herausforderung ist die Schaffung verlässlicher Modelle zur Zustandsanalyse. Diese Modelle werden mit Hilfe von Daten und Algorithmen des Maschinellen Lernens trainiert. Dazu sind Eingangsdaten (bspw. Signalschaltzeiten, Produkteigenschaften und Geschwindigkeitswerte) sowie zugehörige Ausgangsdaten (bspw. Produktqualität und Störungsarten) notwendig. Dadurch können bisher unbekannte Korrelationen im laufenden Produktionsbetrieb identifiziert und für die Störungsdiagnose herangezogen werden. Im konkreten Fallbeispiel der Störungen auf der Transportstrecke ist bspw. die leicht verzögerte Schaltzeit von Lichtschranken infolge offener Klebelaschen der Kartontrays charakteristisch.

Das Ziel dieses Vorgehens besteht darin, möglichst zuverlässige Modelle in sehr kurzer Zeit bzw. mit wenig Trainingsdaten realisieren zu können. Dazu müssen zwei wesentliche Problemstellungen gelöst werden.

Problemstellung 1: Verlässliche Trainingsdaten zur Verfügung stellen

Insbesondere in sehr schnelllaufenden, diskreten Prozessen ist die manuelle Zuordnung von Qualitätsproblemen zu konkreten Datensätzen oft nicht möglich. Gelöst werden kann dieses Problem über automatisierte Inline-Qualitätserfassung und Zuordnung von fehlerhaften Produkten zu präzisen Zeitstempeln. Sollte diese Möglichkeit nicht gegeben sein, werden Methoden der Anomalie-Erkennung angewendet. Mit Hilfe dieser Methoden werden die anomalsten Datensätze in einem definierten Zeitbereich identifiziert und mit der erkannten Störung verknüpft. Je eindeutiger die Eingabedaten mit tatsächlich zusammenhängenden Ausgabedaten verknüpft werden können, desto zuverlässiger sind die entstehenden Modelle (Klaeger, Schult & Oehm 2019).

Problemstellung 2: Anzahl notwendiger Trainingsdaten minimieren

Die Anzahl notwendiger Trainingsdaten zur Bereitstellung zuverlässiger Modelle bestimmt, wie viele Störungssituationen der gleichen Art eintreten müssen, bis das Assistenzsystem diese zuverlässig wiedererkennt. Das Fraunhofer IW Dresden verfolgt den Ansatz einer Merkmalsextraktion aus der spezifischen Prozessbeschreibung. Damit sollen vorhandene und bekannte technische Kausalitäten bereits in den Algorithmen berücksichtigt werden und den Lernaufwand damit reduzieren. Dabei sollen konfigurierbare Treiber für verschiedene Maschinenkomponenten und Prozesse konfigurierbare Treiber entwickelt werden. Diese sollen den Aufwand der späteren, kundenspezifischen Systemanpassung deutlich reduzieren. Eine weitere Möglichkeit, das Anlernen zu verkürzen und für Maschinenbedienende zu vereinfachen ist die Nutzung von Software zur Virtuellen Inbetriebnahme (VIBN). Dabei soll die relevante Anlage als virtuelles Modell erstellt und in einem Software-in-the-Loop-Ansatz mit der realen Steuerung verbunden werden. Dadurch können virtuelle Schaltmuster der Anlage generiert, und anschließend zum Trainieren der Modelle genutzt werden. Dieses Vorgehen wird im Projekt „KoMMDia“ („Kooperative Mensch-Maschine-Dialoge in der Diagnose und Beseitigung von Störungen in Verarbeitungsanlagen“ (FKZ: 02K16C070-3), siehe auch (Rahm et al. 2018)) erforscht. Auch wenn bisher keine abschließenden Forschungsergebnisse zur Nutzbarkeit der VIBN vorliegen, so ist aktuell bereits erkennbar, dass der zu Grunde liegende Starr-Körper-Ansatz die Möglichkeiten limitiert. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass dennoch

eine gewisse Anzahl potentieller Störungen vortrainiert und der Implementierungsaufwand dadurch reduziert werden kann.

3.2 Entwicklung der Bedienoberfläche

Für eine korrekte Funktion der lernenden Zustandsdiagnose und damit des Gesamtsystems sind korrekt trainierte Modelle sowie sinnvolle Störungs- und Lösungsbeschreibungen der Nutzenden erforderlich. Das Assistenzsystem kann demnach nur eine sinnvolle Unterstützung liefern, wenn eine entsprechend aktive Anwendung durch die Nutzenden vorliegt. Ziel ist, dass die Anwendung einen persönlichen Mehrwert für die Nutzenden generiert und diese somit intrinsisch zur Nutzung motiviert. Externer Druck durch unternehmensinterne Vorgaben ist in diesem Fall weniger sinnvoll. Um dieses Ziel zu erreichen wurde in Kooperation mit Partnern aus den Disziplinen Ingenieurpsychologie, User-Experience und Interface-Design ein Vorgehen in elf Schritten zur Entwicklung einer entsprechenden Oberfläche entwickelt (siehe Tabelle 2).

Zu Beginn wurden Nutzungs- und Interessensgruppen identifiziert und in die Entwicklung und Analyse mit einbezogen (Schritte 1, Tabelle 2). Neben den Maschinenbedienenden als Hauptnutzungsgruppe wurde auch technisches Personal im Bereich Wartung und Instandsetzung involviert. Darüber hinaus wurden Mitarbeitende der Führungsebene (Geschäftsführung, technische Leitung, usw.) als potentielle Nutzende bzw. Entscheidende identifiziert. Auch Montagepersonal von Maschinenherstellern wurden mit einbezogen. Diese Gruppe hat ein sehr großes Erfahrungswissen, ist verantwortlich für Personalschulungen und gibt Informationen an die Entwicklungsabteilung zurück. Neben diesen direkten Nutzungsgruppen wurden auch Betriebsratsmitglieder, mit speziellem Fokus auf die Vereinbarkeit der persönlichen Datenerhebung und -nutzung mit Datenschutzaspekten, interviewt. Dabei ist eine Schärfung des Ziels bei der Anwendung von SAM verdeutlicht worden. Die Nutzung soll keinesfalls zur Reduktion von Arbeitsplätzen beitragen, sondern vielmehr neue Mitarbeitende unterstützen und zur gegenseitig höheren Wertschätzung beitragen. Dadurch sollen Rationalisierungs- und Verlustängste vermieden werden.

Schritt	Inhalt
1	Identifikation und Beschreibung von Rollenszenarien und Nutzungsgruppen
2	Entwicklung eines Fragebogens zur Analyse der personenspezifischen Anforderungen und Wünsche
3	Durchführung von Interviews von verschiedenen Zielgruppen
4	Auswertung der Interview-Ergebnisse und Herausarbeitung von Gemeinsamkeiten sowie branchen-, personen- und unternehmensspezifischer Unterschiede hinsichtlich der Anforderungen und Wünsche
5	Ableitung einer ersten Lastenheft-Version
6	Entwicklung eines Funktions- und Designkonzeptes sowie Papier-Prototypen
7	Überführung in ein Software-Mockup für ein „mobile Device“
8	Durchführung von Test mit Versuchspersonen außerhalb der Produktion und Untersuchung der Nutzungsart sowie Befragung zur allgemeinen Akzeptanz und spezifischen Optimierungsvorschlägen
9	Erstellung eines finalen Lastenheftes (Anforderungen und Wünsche)
10	Priorisierung von Funktionen für verschiedene Entwicklungsgenerationen; Beschreibung Funktionsumfang für ein Minimal Viable Product (MVP)
11	Überführung in eine funktionsfähige Bedienoberfläche und Zusammenführung zu einem funktionsfähigen Gesamtsystem für den Produktionseinsatz

Tabelle 2: Vorgehen zur Entwicklung der Bedienoberfläche

Anschließend wurde ein Fragebogen für Einzelinterviews entwickelt (Schritt 2, Tabelle 2). Schwerpunkt dabei war die Ermittlung folgender Informationen:

- Ängste und Interessen,
- Ausbildungshintergründe,
- bevorzugte Endgeräte,
- eigene Dokumentationsarbeiten während der Arbeit,
- private IT-Nutzung bzw. IT-Affinität,
- Akzeptanz von Wissensspeichern im dienstlichen und privaten Umfeld,
- aktuelle Prozesse zur Erfahrungsspeicherung und -weitergabe,
- spezifische, unternehmensinterne Randbedingungen sowie
- Dokumentationsvorgaben seitens der Unternehmensführung.

Zielgruppe	Anzahl Einzelgespräche
Montage-Personal Maschinenhersteller	5
Technische Leitung/ Geschäftsführung	5
Maschinenbedienende	12
Wartungspersonal Maschinenbetreiber	2
Prozessüberwachung	2
Betriebsräte	4

Tabelle 3: Durchgeführte Interviews

In fünf Unternehmen aus dem Food- und Non-Food-Bereich wurden daraufhin 40 Einzelinterviews durchgeführt (siehe Tabelle 3) und die erarbeitenden Fragen beantwortet (Schritt 3, Tabelle 2).

In den Interviews zeigte sich in allen Interviews eine große Bereitschaft zur Dokumentation von Erfahrungswissen (Schritt 4, Tabelle 2). Einerseits um bisherige, obligatorische Dokumentationsprozesse nachhaltiger zu gestalten, andererseits aber auch um die sich häufig wiederholenden Erklärungen gegenüber Mitarbeitenden, insbesondere mit Blick auf hohe Personalfuktuation, zu reduzieren. Dies trifft auch auf Montage-Personal des Maschinenherstellers zu, welches sich insbesondere zur Maschinenabnahme und -übergabe strukturierte Dokumentationsprozesse wünscht. Die Ergebnisse der Befragungen zeigten, dass durch die Substitution der aktuell bestehenden Prozesse eine initiale Bereitschaft zur Nutzung des Systems besteht. In der Führungsebene (Geschäftsführung, technische Leitung usw.) konnte ebenfalls eine hohe Akzeptanz festgestellt werden. Zum einen wird eine höhere Maschineneffizienz erwartet, zum anderen sollen Einführungsprozesse von neuem Personal verkürzt und die Dokumentationsbasis zur Ableitung von Optimierungsschritten verbessert werden. In der Auswertung der Antworten zeigten sich sowohl personen- als auch unternehmens- und branchenspezifische Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Darauf aufbauend wurde ein erstes Lastenheft mit Anforderungen und Wünschen formuliert (Schritt 5, Tabelle 2).

Anschließend erfolgte die Entwicklung eines Funktions- und Designkonzeptes in verschiedenen Workshops mit Mitarbeitenden der Fachdisziplinen Ingenieurpsychologie, User-Experience, Interface-Design und Maschinenbau

(Schritt 6, Tabelle 2). Iterativ wurden so mögliche Szenarien, Klickpfade und Informationsinhalte visualisiert. Eine wesentliche Herausforderung war die Darstellung von komplexen Zusammenhängen über Kausalitätsketten. Dadurch sollen Nutzende nicht nur eine spezifische Lösung für eine Störung angeboten bekommen, sondern vielmehr die Zusammenhänge der Ursachen der aktuellen Störung verstehen. Im konkreten Fallbeispiel wäre das die Kollision der Kartontrays am spezifischen Ort der Transportstrecke, bspw. infolge der offenen Kartonlasche, infolge der fehlerhaften Verklebung sowie infolge der verschmutzten Leimdüse. Mit diesem Hintergrundwissen und Blick auf die eigenen Fähigkeiten und Kompetenzen können Bediener selbst entscheiden, welche der möglichen Lösungsstrategien durchgeführt werden soll. Je nach aktueller Produktionsplanung können sowohl kurzfristige als auch nachhaltige Lösungsstrategien sinnvoll sein. Dieses Training-on-the-Job-Prinzip sowie die Möglichkeit zur freien Entscheidung hat zahlreiche psychologische und pädagogische Vorteile. Nutzende sehen sich keiner „allwissenden“ Software ausgesetzt, sondern empfinden SAM als Unterstützung. Das Verstehen und Lernen wird also in den Vordergrund gesetzt.

Zur Überprüfung des entstandenen Konzeptes wurde ein Software-Mockup für ein „mobile Device“ entwickelt (Schritt 7, Tabelle 2). Dazu wurde mit den Teilnehmenden der vorangegangenen Einzelinterviews außerhalb der Produktionsumgebung Tests durchgeführt (Schritt 8, Tabelle 2). Diese teilten sich in eine autarke und eine betreute Phase. Hintergrund der betreuten Phase war, dass die Software auf Grund des komplexen Sachverhaltes nicht vollumfänglich selbsterklärend sein muss, wie bspw. bei privater Unterhaltungssoftware. Vielmehr wurde untersucht, ob einzelne Funktionsweisen mit kurzer Einführung nachvollziehbar und nutzbar sind. Anschließend erfolgte noch eine umfangreiche Befragung zur persönlichen Meinung sowie zu Optimierungsvorschlägen. Im Ergebnis entstand eine umfangreiche, persönliche Bewertung zur intuitiven Nutzung, zu Funktionalitäten, zur Eignung von Symbolen und zur Eindeutigkeit von Klickpfaden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden anschließend in ein umfangreiches Lastenheft mit allgemeingültigen sowie spezifischen Anforderungen und Wünschen zusammengetragen und priorisiert (Schritt 9, Tabelle 2).

Der nächste Entwicklungsschritt erfolgt durch die Realisierung eines funktionsfähigen Minimal Viable Product (MVP) für den Einsatz in Produktionsumgebungen. Dazu werden zu Beginn Funktionen im Lastenheft priorisiert und der MVP (1. Generation) konzipiert (Schritt 10, Tabelle 2). Anschließend erfolgt die Umsetzung der Software für den Einsatz unter Industriebedingungen (Schritt 11, Tabelle 2). Damit sollen die identifizierten Anforderungen und Wünsche im realen Einsatz weiter konkretisiert, bestätigt oder korrigiert werden. Ein MVP bietet hierzu eine ideale Gelegenheit, Korrekturen einfließen zu lassen und unter realen Bedingungen testen zu können. Der MVP wird ein industrietaugliches, mobiles Standardgerät mit Texteingabe sein.

4 Entwicklung Gesamtsystem und Ausblick

Ausgehend vom beschriebenen MVP werden Funktionen sukzessive (weiter-)entwickelt und nachgerüstet. Hierbei wird der Gedanke einer modularen Plattform verfolgt. Dadurch können branchen- und unternehmensspezifische Unterschiede durch bedarfsgerecht bereitgestellte Funktionalitäten berücksichtigt werden.

Die Weiterentwicklung und Vermarktung des Systems erfolgt ab 2020 über eine Ausgründung aus dem Fraunhofer IVV Dresden. Durch die unmittelbare und intensive Zusammenarbeit mit der Industrie können Kundenbedarfe perspektivisch noch besser identifiziert, neue Funktionalitäten permanent unter Industriebedingungen getestet und Forschungsarbeit direkt in den Markt transferiert werden. Das Entwicklerteam arbeitet bereits mit einem 19 Unternehmen umfassenden, industriellen Beraterkreis zusammen. Die Mitglieder unterstützen die Entwicklung durch Beratung und Bereitstellung von Versuchspersonen.

Während im Rahmen der Ausgründung an einer ersten, marktfähigen Basis-Software und Validierung in Pilotprojekten gearbeitet wird, erfolgt im Bereich der Forschung die Untersuchung neuer Ein- und Ausgabemethoden und der Integration weiterer Datenquellen sowie die Analyse mit Algorithmen des Maschinellen Lernens. Am Fraunhofer IVV Dresden wird bspw. bereits der Einsatz von dialogbasierter Kommunikation (im KoMMDia-Projekt) sowie der Einsatz von Augmented Reality untersucht. Darüber hinaus erfolgt die Analyse optischer Anomalien durch Objekt- und Trajektorienerkennung innerhalb der Verarbeitungsanlage (Klaeger, Schroth, Schult & Oehm 2019). Ein

weiteres, bisher unbeachtetes Potential bildet die Nutzung der Plattform und des gesammelten Erfahrungswissens für die bedarfs- und situationsgerechte Aus- und Weiterbildung von Maschinenbedienenden. Die spezifische Betrachtung einzelner Teilprobleme ermöglicht dabei die zielgerichtete Einbindung von Fachkräften aus den Bereichen Psychologie, Pädagogik und Wissensmanagement.

5 Zusammenfassung

Das vorgestellte Assistenzsystem SAM kann potentiell Prozesseffizienzen in der Anwendung von Verarbeitungs- und Verpackungsmaschinen erhöhen, Dokumentationsprozesse verbessern und das Engagement und die Wertschätzung von Mitarbeitenden erhöhen.

Dabei werden, entgegen dem Automatisierungstrend, Maschinenbedienende und deren Potentiale fokussiert. Die Kombination von Datenerfassungs- und -analysemethoden mit dem domänenübergreifenden Erfahrungswissen der jeweiligen Kollegschaft kann dabei die Trends des demographischen Wandels und Fachkräftemangels abschwächen.

Danksagung

Teile der Inhalte wurden im Rahmen des Förderprojekts „KoMMDia - Kooperative Mensch-Maschine-Dialoge in der Diagnose und Beseitigung von Störungen in Verarbeitungsanlagen“ (FKZ: 02K16C070-3) erarbeitet. Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung sowie Dr. Romy Müller und Rica Bönsel (TU Dresden, Prof. Ingenieurpsychologie und angewandte Kognitionsforschung) und Raja Mollitor (Fa. tyclipso.net).

Literaturverzeichnis

- Bainbridge, L. 1983: Ironies of Automation. In: Proceedings of the IFAC/IFIP/IFORS/IEA Conference, 129–135, Baden-Baden: Elsevier.
- DIN 8743:2014-01: Verpackungsmaschinen und Verpackungsanlagen - Kennzahlen zur Charakterisierung des Betriebsverhaltens und Bedingungen für deren Ermittlung im Rahmen eines Abnahmelaufs. Beuth.

- Klaeger, T., Schroth, M., Schult, A. & Oehm, L. 2019: Applying SSD to Real World Food Packaging Environments. In: Computer Aided Systems Theory - Extended Abstracts, S. 216–217, Las Palmas de Gran Canaria: IUCTC Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Klaeger, T., Schult, A. & Oehm, L. 2019: Using Anomaly Detection to Support Classification of Fast Running Packaging Processes (In Review). In: Transactions on Industrial Informatics.
- Rahm, J., Graube, M., Müller, R., et al. 2018: KoMMDia: Dialogue-Driven Assistance System for Fault Diagnosis and Correction in Cyber-Physical Production Systems. In: IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 999–1006.
- Schult, A., Beck, E. & Majschak, J.-P. 2015: Steigerung der Effizienz von Verarbeitungs- und Verpackungsanlagen durch Wirkungsgradanalysen. In: Pharma + Food 18(7), 66–68.
- Schult, A., Oehm, L., Klaeger, T. & Carsch, C. 2018: Selbstlernende Bedienerassistenzsysteme in Verarbeitungsmaschinen. In: VWD - Tagung Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik, Dresden/ Radebeul: Technische Universität Dresden.

Kontakt

Dipl.-Ing. Andre Schult
Dr.-Ing. Lukas Oehm
Dipl.-Ing. Sebastian Carsch
Dipl.-Ing. Markus Windisch
Prof. Dr.-Ing. Jens Peter Majschak
Fraunhofer IVV
Heidelberger Str. 20
01189 Dresden
www.ivv.fraunhofer.de