

Schlussbericht vom 14.02.2024

zu IGF-Vorhaben Nr. 21268 N

Thema

Störungsmanagement in der Einzel- und Kleinserienmontage von großskaligen Produkten (StoMaXXL)

Berichtszeitraum

01.11.2020-31.10.2023

Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.

Forschungseinrichtung(en)

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Gefördert durch:

Inhaltverzeichnis

Thema.....	1
Berichtszeitraum.....	1
Forschungsvereinigung	1
Forschungseinrichtung(en).....	1
1. Ausgangssituation	3
2. Zielstellung	3
3. Gegenüberstellung angestrebter Teilziele und erzielter Ergebnisse.....	4
Teilziel 1: Modell zur Charakterisierung von Störungen	4
Teilziel 2: Dokumentationskonzept für auftretende Störungen	5
Teilziel 3: Erstellter Softwaredemonstrator.....	5
4. Vorgehensweise	5
AP1: Identifikation relevanter Modellelemente zur Charakterisierung von Störungen.....	5
AP2: Entwicklung und Bewertung von Informationsflusskonzepten.....	8
AP3: Vorgehen zur operativen Dokumentation von Störungen sowie Datenaufnahme	10
AP4: Entwicklung eines Verfahrens zur Identifikation ähnlicher Störungen	10
AP5: Entwicklung eines analytischen Vorgehens zur Auswahlunterstützung von Störungsbehebungsmaßnahmen.....	12
AP6: Entwicklung und Validierung eines Softwaredemonstrators.....	14
5. Angaben zu der Zuwendung finanziert Ausgaben	17
6. Erläuterung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	18
7. Darstellung des wissenschaftlichen-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse	18
8. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft.....	19
9. Durchführende Forschungsstelle.....	21
10. Förderhinweis.....	21
Literaturverzeichnis	22

1. Ausgangssituation

Großskalige Produkte zeichnen sich durch große Abmessungen und hohes Gewicht aus [1]. Sie werden oft kundenindividuell in Einzel- und Kleinserien gefertigt, in der Montage wird häufig die Baustellenorganisation genutzt [2,3]. Diese Montageform ist bei großskaligen Produkten von hoher Produktkomplexität bei geringen Stückzahlen gekennzeichnet [4]. In der Einzel- und Kleinserienmontage von großskaligen Produkten ist der Montageprozess aufgrund der aufwändigen Prozessplanung sowie durch Arbeitspläne mit einem niedrigen Detaillierungsgrad häufig von Störungen betroffen. Obwohl die Methode des Störungslogbuches bekannt ist, werden Störungen in der Praxis oft nicht systematisch dokumentiert. Grund hierfür ist der hohe zeitliche und kapazitive Aufwand für die Datenaufnahme und der unbekannte Nutzen sowie das Fehlen von generellen Informationen über die Elemente einer Störung und deren Relationen (z. B. Ursache, Dauer, Maßnahme). Die operative Erfahrung des Montagepersonals wird bei einer Störung oftmals genutzt, jedoch selten aufbereitet und systemtechnisch gespeichert. Störungen treten daher häufig unbemerkt wiederholt auf. Aufgrund der hohen Produkt- und Prozesskomplexität und geringen Prozessstandardisierung und Informationsgüte sind die Wirkungen von Maßnahmen zudem nicht transparent. Die Wirkungen von Maßnahmen sind daher schwer miteinander vergleichbar. Aufgrund fehlender Informationen über die Auswirkungen einer Störung auf den Prozessablauf (Verkettungsgrad) sowie der Wirkungen von Maßnahmen, ist häufig nicht erkennbar, welche Informationen in welcher Form weitergeben werden müssen und an welche Person bzw. welchen Funktionsbereich.

Vor diesem Hintergrund sollte im Rahmen des Forschungsprojektes ein Ansatz für ein unkompliziertes Störungsmanagement für die systematische Aufbereitung von Montagefehlern entwickelt werden. Neben einer möglichst aufwandsarmen Erfassung, sollten automatisiert ähnliche Störungen aus der Vergangenheit identifiziert und die logistisch sinnvollsten Störungsbehebungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

2. Zielstellung

Das Ziel des Forschungsprojekts bestand darin, einen Ansatz für ein unkompliziertes Störungsmanagement für die systematische Aufbereitung von Montagefehlern zu entwickeln. Neben einer möglichst aufwandsarmen Erfassung sollten automatisiert ähnliche Störungen aus der Vergangenheit identifiziert und die logistisch sinnvollsten Störungsbehebungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Um dieses Ziel im Forschungsprojekt zu erreichen, wurde zunächst ein Modell zur Charakterisierung von Störungen in der Einzel- und Kleinserienmontage von großskaligen Produkten entwickelt. Hierfür wurden Informationen aus der Literatur verwendet, um die relevanten Informationen zur Beschreibung einer Störung (Modellelemente) zu definieren. Durch Experteninterviews bei den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses wurden weitere relevante Modellelemente und die jeweiligen Informationsquellen identifiziert. Hieraus wurde ein Datenmodell zur Charakterisierung einer Störung entwickelt. Darüber hinaus wurden auf Grundlage des Datenmodells ein Konzept für einen koordinierten Informationsfluss entwickelt.

Anschließend wurde eine Methode zur Identifikation ähnlicher Störungen sowie zur Unterstützung bei der Auswahl von Störungsbehebungsmaßnahmen entwickelt. Hierfür wurde zunächst ein Vorgehen zur operativen Dokumentation auf Basis des Datenmodells erstellt. Später wurde auf Basis des CBR-Zyklus (Retrieve, Reuse, Revise und Retain) der Algorithmus zur Ähnlichkeitsprüfung entwickelt. Im Algorithmus wurden zwei unterschiedliche Ähnlichkeitsmaße

definiert. Zunächst wird die Ähnlichkeit der Störungen anhand der Elemente des Datenmodells, welche in einer Stördatenbank gespeichert sind, analysiert. Anschließend erfolgt eine Ähnlichkeitsüberprüfung mittels einer semantischen Freitextsuche. Dabei werden die Störungsbeschreibungen des Montagepersonals überprüft, welche während der operativen Datenaufnahme angegeben wurden. Das analytische Vorgehen zur Auswahl von Störungsbehebungsmaßnahmen besteht zum einen aus Berechnungsvorschriften, welche die Auswirkungen einer Störung beschreiben. Zum anderen wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem sich die Wirkung von Störungsbehebungsmaßnahmen bestimmen lassen. Abschließend wurden die entwickelten Methoden in einem Softwaredemonstrator zusammengefasst und dieser zur Validierung an die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses übergeben.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

3. Gegenüberstellung angestrebter Teilziele und erzielter Ergebnisse

Die diesem Forschungsvorhaben zugrundeliegende Arbeitshypothese bestand darin, dass durch den Einsatz eines unkomplizierten Störungsmanagementansatzes der Aufwand für die systematische Aufbereitung deutlich reduziert werden kann. Dies setzt jedoch voraus, dass der Ansatz in der Lage sein muss ähnliche Störungen automatisiert zu erkennen und sinnvolle Störungsbehebungsmaßnahmen vorzuschlagen.

Das Ziel des Forschungsvorhabens bestand darin, Methoden zur Dokumentation und systematischen Aufbereitung des personalgebundenen Erfahrungswissens, zur Ähnlichkeitsprüfung von Montagestörungen auf Basis von Vergangenheitsdaten sowie für die Entscheidungsfindung einer Störungsbehebungsmaßnahme zu entwickeln. Die entwickelten Methoden sollten anschließend in einem Softwaredemonstrator umgesetzt werden. Die Innovation des Vorhabens ergibt sich aus der kombinierten Verwendung von Verfahren zur Ähnlichkeitssuche und analytischen Verfahren zur situativen Auswahl einer Störungsbehebungsmaßnahme sowie der Gewährleistung eines koordinierten Informationsflusses.

Teilziel 1: Modell zur Charakterisierung von Störungen

Angestrebtes Teilziel aus dem Forschungsantrag

Erstes Teilziel war die Entwicklung eines Modells zur Charakterisierung von Störungen sowie die Identifikation sinnvoller Informationsflüsse. Es sollten relevante Modellelemente identifiziert, kategorisiert, in Beziehung zueinander gesetzt und in ein Datenmodell integriert werden. Dabei sollte personalgebundenes Erfahrungswissen berücksichtigt und die Datenaufnahme erleichtert werden. Zusätzlich sollten Modellelemente in "muss" und "kann" differenziert werden. Konzepte für koordinierten Informationsfluss und die Organisationsform "Projektverantwortlicher" sollten entwickelt werden.

Korrespondierende Ergebnisse des Vorhabens

- Modell zur Charakterisierung von Störungen
- Kategorien innerhalb des Modells und Beziehungen der Kategorien
- Identifikation von relevanten Informationsflüssen

- Aufbereitung in einem Datenmodell.

Teilziel 2: Dokumentationskonzept für auftretende Störungen

Angestrebtes Teilziel aus dem Forschungsantrag

Das zweite Teilziel war die Entwicklung eines Dokumentationskonzepts für auftretende Störungen sowie die Entwicklung einer Methode zur Identifikation ähnlicher Störungen und zur Auswahl von Störungsbehebungsmaßnahmen. Dies umfasste die Entwicklung eines Ähnlichkeitsprüfungsverfahrens, eines analytischen Auswahlverfahrens für Störungsbehebungsmaßnahmen und einer Stördatenbank. Die Datenaufnahme sollte über ein mobiles Endgerät erfolgen. In Workshops sollten Stör-Szenarien definiert und subjektiv bewertet werden. Ein Algorithmus mit Ähnlichkeitsmaßen sollte funktional validiert werden.

Korrespondierende Ergebnisse des Vorhabens

- Erstelltes Dokumentationskonzept für die Aufnahme von Störungen
- Methode zur Identifikation ähnlicher Störungen
- Methode zur automatisierten Berechnung von Störungsbehebungsmaßnahmen

Teilziel 3: Erstellter Softwaredemonstrator

Angestrebtes Teilziel aus dem Forschungsantrag

Das dritte Teilziel war die Bereitstellung der Forschungsergebnisse für KMU durch einen benutzerfreundlichen Softwaredemonstrator. Dies beinhaltete die Umsetzung der Projektergebnisse in einem Softwaredemonstrator und Erstellung eines Anwenderleitfadens. Die Validierung der Methode erfolgte in Zusammenarbeit mit dem projektbegleitenden Ausschuss (PA) durch die Integration von dokumentierten Störungen.

Korrespondierende Ergebnisse des Vorhabens

- Umsetzung der Methoden in einem browserbasierten Softwaredemonstrator
- Tests des Softwaredemonstrators in Unternehmen des PA

4. Vorgehensweise

AP1: Identifikation relevanter Modellelemente zur

Charakterisierung von Störungen

Durchgeführte Arbeiten

Das erste Arbeitspaket bestand in der Entwicklung eines Datenmodells zur Charakterisierung von Störungen für die Einzel- und Kleinserienmontage. Es wurden Umfragen und Experteninterviews sowie umfangreiche Literaturrecherchen durchgeführt. Es wurden relevante Modellelemente, die notwendig sind um eine Montagestörung vollumfassend zu beschreiben, identifiziert. Die identifizierten Modellelemente wurden in einem erweiterten Datenmodell zusammengefasst, welches die Grundlage für die zu entwickelnde Stördatenbank darstellt.

Erzielte Ergebnisse

Es wurde eine anonyme Umfrage zu den Ursachen von Montagestörungen erstellt und an 123 Unternehmen aus verschiedenen Bereichen des Maschinenbaus (u. a. Aggregatebau,

Anlagenbau, Schiffsbau, Windkraftanlagen sowie Sondermaschinenbau) verschickt. Insgesamt wurde die Umfrage von sechs Unternehmen vollständig ausgefüllt. Drei der Unternehmen gaben am Ende der Umfrage ihre Kontaktdaten an und erklärten sich bereit, an vertiefenden Experteninterviews zu dem Thema teilzunehmen.

Alle teilnehmenden Unternehmen der Umfrage gaben an, dass in Ihrem Unternehmen Störungen während der Montage aus Kapazitäts- sowie Materialgründen auftreten. Zu den Kapazitätsgründen zählten Personalmangel, Überlastung und Überforderung der Montagemitarbeitenden sowie der Projektleitungen als auch Motivationsverluste bei Mitarbeitenden. Ebenso traten kapazitätsbedingte Störungen aufgrund von Verschleiß, Wartungsarbeiten, Beschädigungen oder fehlerhaften Bedienungen von Betriebsmitteln auf.

Materialbedingte Störungen ließen sich laut der Umfrage in Probleme bezüglich der Bereitstellung des Materials sowie Beschädigungen des Materials unterteilen. Unter einer fehlerhaften Bereitstellung ist zu verstehen, dass das benötigte Material in falscher Menge bereitgestellt wird, oder das falsche Material bereitgestellt wird, oder benötigtes Material nicht bereitgestellt wird.

Zwei Drittel der teilnehmenden Unternehmen gaben an, dass informationsbedingte Störungsursachen auftreten. Dazu zählten Mängel und kurzfristige Änderungen in Arbeitsplänen, fehlerhafte Konstruktionszeichnungen sowie fehlerhaft geplante Durchführungszeiten von Arbeitsschritten.

Weitere mögliche Störungsursachen waren laut der Umfrage die Bereiche Transport, Kommunikation und auftragsbezogene Ursachen. Zu den Transportproblemen zählten Lieferprobleme wie verspätete oder unvollständige Lieferungen, Irrläufer innerhalb des eigenen Unternehmens sowie mangelnde Zugänglichkeiten von Baustellen. Auftragsbezogene Ursachen resultierten größtenteils aus geänderten Kundenwünschen während der Montage. Fehlerhafte Kommunikationsabläufe waren laut Umfrage ein Grund für kommunikationsbedingte Störungen. Die Häufigkeitsverteilung der Störungsursache gemäß der Umfrageergebnisse ist in Bild 1 dargestellt.

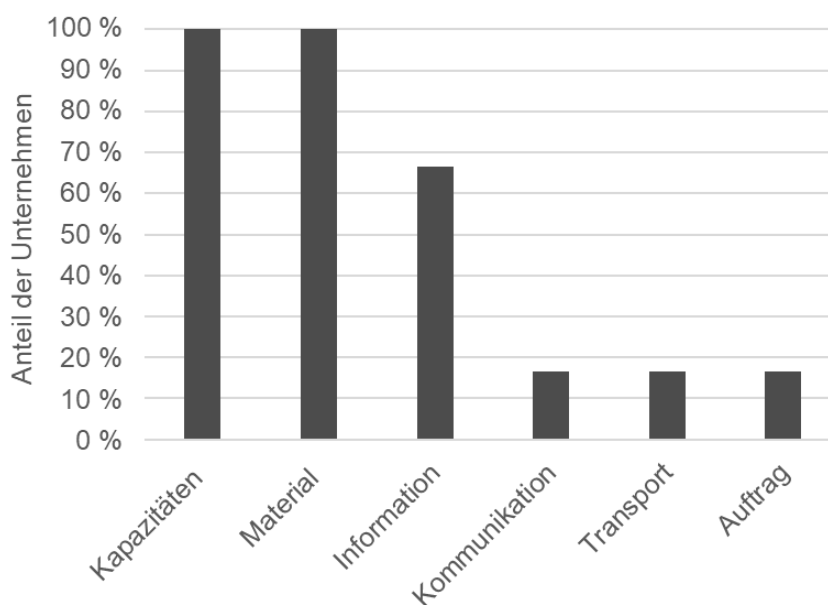


Bild 1: Häufigkeitsverteilung der Störungsursachen gemäß der durchgeführten Studie

Aufbauend auf der Umfrage wurden vertiefende Experteninterviews durchgeführt. Ziel der Interviews war es, die Auswirkungen von Störungen sowie ihre Behebungsmaßnahmen genauer zu betrachten. Hierbei ergab sich, dass Störungen am häufigsten entweder Terminüberschreitungen oder ungeplante Kosten bewirkten. Terminüberschreitungen konnten

entweder durch die eingeplanten Sicherheitszeiten ausgeglichen werden oder führten letztlich zur Verspätung im Liefertermin. Ungeplante Kosten entstanden bspw. durch Sonderschichten, ungeplante Beschaffungen, Expresslieferungen oder Vertragsstrafen. Weitere Auswirkungen einer Montagestörung konnten sich im Bereich der Kapazitäten des Personals sowie der Betriebsmittel ergeben.

Störungsbehebungsmaßnahmen wurden laut den Experten situativ ausgewählt. Hierbei zeigte sich das Muster, dass alle Interviewpartner angaben, dass die Behebung von Störungen nach einem ähnlichen Eskalationsstufenmodell durchgeführt wurde. Dabei versuchten zunächst die Montagemitarbeitenden eigenständig die Störung zu beheben. Konnten sie dies nicht, wurde je nach Betriebsorganisation entweder die zuständige Montageleitung (MeisterIn) oder direkt die Projektleitung hinzugezogen. Waren auch diese nicht in der Lage, die Störung zu beheben, wurden weitere Personen oder Abteilungen hinzugezogen. Dies waren entweder weitere, ggf. erfahrenere, Projektleitungen oder Führungskräfte höherer Positionen. Dies kann je nach Größe der Störung bis hin zur Geschäftsführung eskaliert werden. Zusätzlich ergab sich aus den Interviews, dass die Maßnahmen in der Regel in Maßnahmen zur Behebung einer Störung oder in Maßnahmen zur Minimierung der Folgen der Störung eingeteilt werden konnten. Dies wurde situativ von der Tragweite der Störung abhängig gemacht. Folgende Standardmaßnahmen wurden von allen Interviewpartnern bestätigt: Änderungen in der Reihenfolge der geplanten Montageschritte, Durchführung von Sonderschichten, um Terminverzögerungen auszugleichen, Expresslieferungen von dringend benötigten Materialien oder Betriebsmitteln sowie Materialkannibalismus und Abziehen von Kapazitäten aus anderen Projekten.

Die Ergebnisse der Umfrage und der Experteninterviews wurde in Form von Modellelementen in das Modell zur Charakterisierung von Störungen übertragen. Das Modell ist in Bild 2 dargestellt.

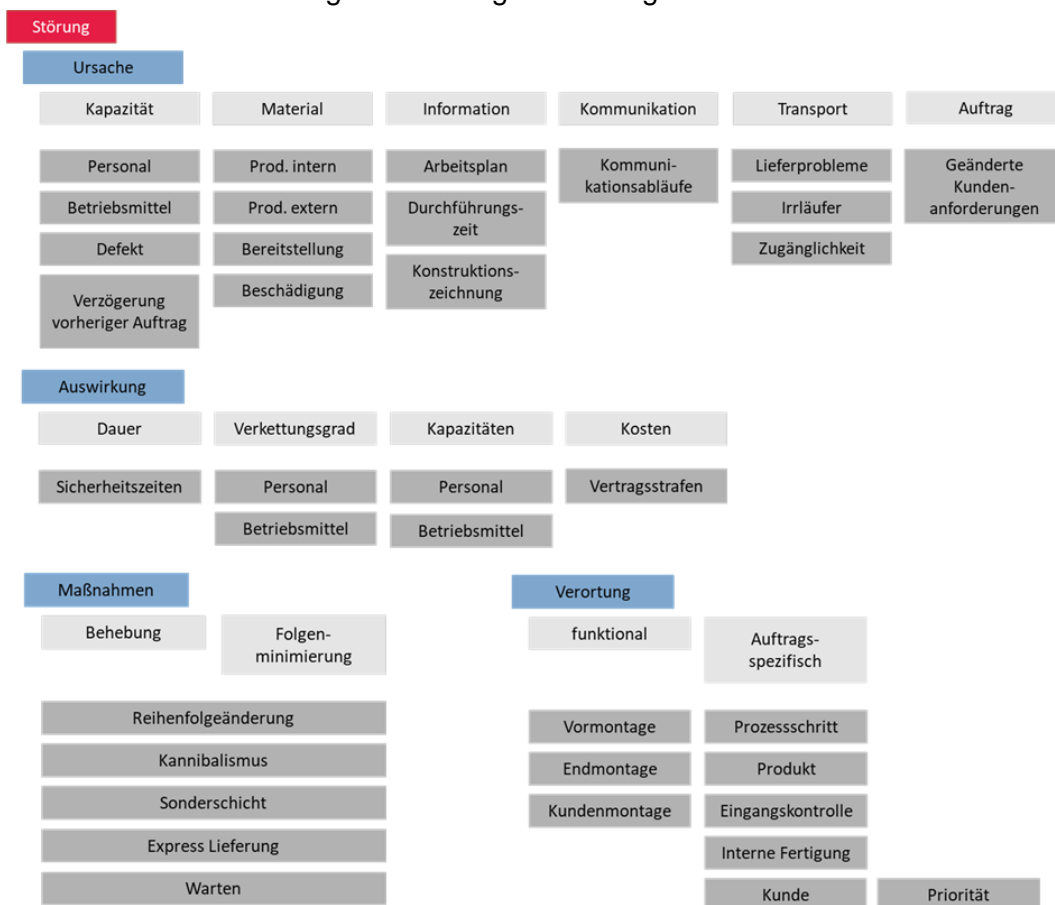


Bild 2: Modellelemente des Modells zur Charakterisierung von Störungen

AP2: Entwicklung und Bewertung von Informationsflusskonzepten

Durchgeführte Arbeiten

Das zweite Arbeitspaket bestand in der Entwicklung und Bewertung von Konzepten für die Koordination des Informationsflusses im Störfall. Es wurden Literaturrecherchen durchgeführt und die Thematik in Interviews mit Mitgliedern des PA besprochen.

Erzielte Ergebnisse

Es wurde eine Literaturrecherche zu Informationsflusskonzepten in der Montageplanung durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass die Datenlage für den betrachteten Anwendungsfall sehr gering ist. Es wurden Erfahrungsberichte gefunden, die eine Optimierung von Informationsflusskonzepten mittels Value Stream Mapping und Lean Management Ansätzen beschreiben. Zusätzlich zu der Literaturrecherche wurden Interviews mit den Mitgliedern des PA zu den Informationsflüssen in ihren Unternehmen durchgeführt. Darauf aufbauend wurden die Informationsflüsse der Unternehmen des PA visualisiert. Diese unterschieden sich vor allem dadurch, dass die konkreten, im Störfall zu informierenden Personen in allen Unternehmen unterschiedliche Positionen innehatten. Gleichzeitig gab es jedoch auch starke Überschneidungen zwischen den einzelnen Informationsflusskonzepten. So informierte in jedem Unternehmen der Mitarbeitende der Montage nach dem Eintreten einer Störung zunächst eine vorgesetzte Person. Diese vorgesetzte Person leitete anschließend entweder direkt Störungsbehebungsmaßnahmen ein oder informiert die für die aufgetretene Fehlerart zuständige Abteilung. Ebenso wurden in allen Unternehmen neben den zur Lösung der Störung notwendigen Abteilungen auch weitere Abteilungen wie Logistik oder Einkauf über die Störung informiert. Im Anschluss an die Entwicklung einer Störungsbehebungsmaßnahme wurden in allen Unternehmen jeweils die vorgesetzten Personen der Montagemitarbeitenden informiert, welche die Informationen über die Maßnahme an die Montagemitarbeitenden weitergeben. Dieses Vorgehen bezog sich vor allem auf Störungen, die nicht eigenständig durch die Mitarbeitenden der Montage gelöst werden konnte. Bei kleineren Problemen mit offensichtlichen Störungsbehebungsmaßnahmen, die schnell umgesetzt werden konnten, wurden die Informationen zu der Störung erst nach der Störungsbehebung bspw. in täglichen Team-Meetings an die Projektleitung kommuniziert. Die Dokumentation von Störungsbehebungsmaßnahmen erfolgte in den Unternehmen sehr unterschiedlich. Die Ansätze reichten von digitalen Systemen zur Störungserfassung über analoge Karteikarten-Systeme hin zu keiner erfolgreichen Dokumentation. Bei dem genutzten digitalen Dokumentationssystem handelte es sich um eine sehr rudimentäre Datenbanklösung ohne Automatisierungsansätze. Auch ist die verwendete Lösung anfällig für Fehler wie versehentliche Löschungen oder falsche Einträge.

Auf Basis der Interviews in Absprache mit den Projektpartnern wurde ein ideales Informationsflusskonzept erstellt. Dieses ist in Bild dargestellt und berücksichtigt lediglich eine Form des Informationsflusses und ist unabhängig von der Organisationsform des Projektleitenden. Das erstellte Informationsflusskonzept wurde so ausgelegt, dass es mit geringem Aufwand an die Bedürfnisse von Unternehmen angepasst werden kann.

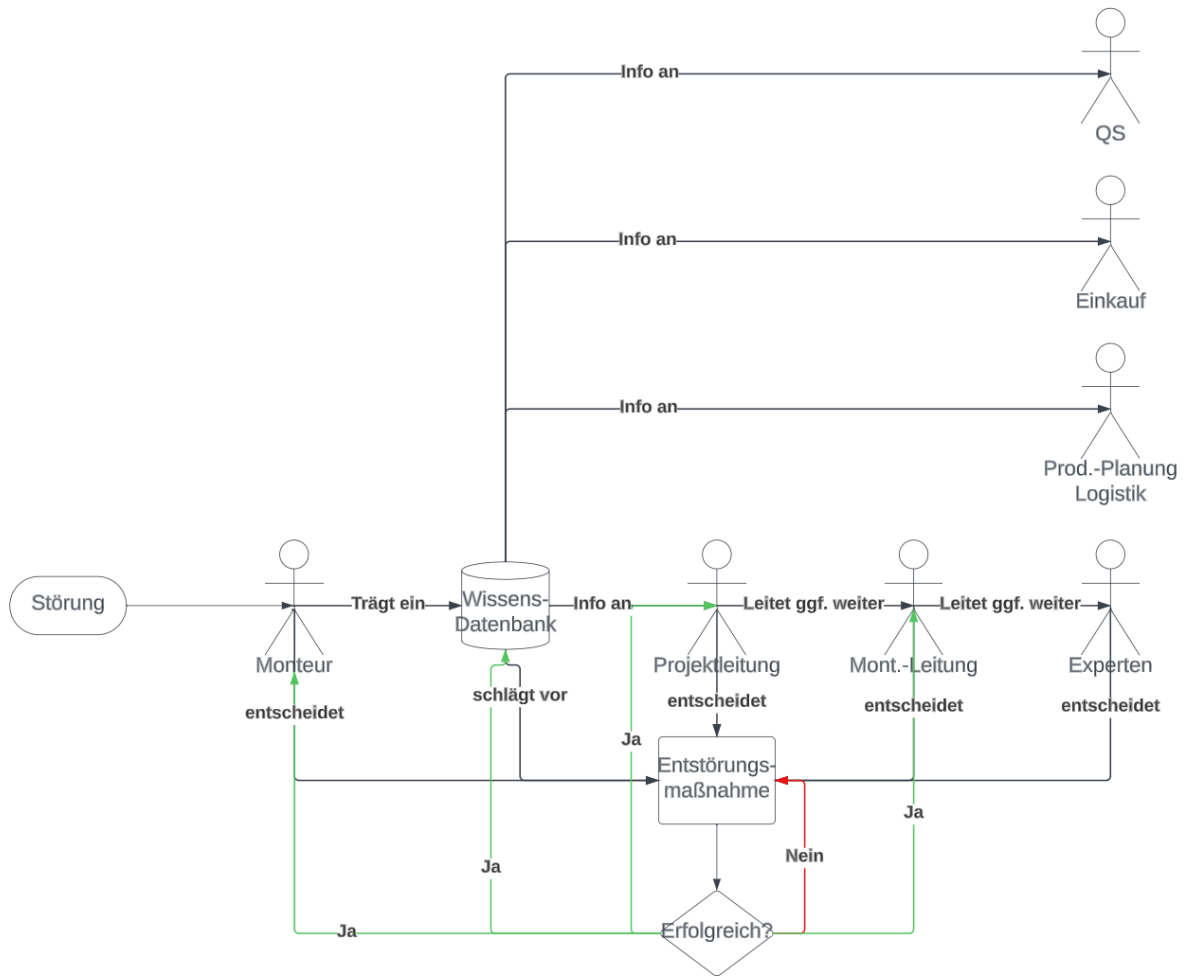


Bild 3: Ideales Informationsflusskonzept

Das erarbeitete Informationsflusskonzept mit den vorgesehenen Prozessen ist im folgenden Beschrieben. Bei der Entdeckung einer Störung im Fertigungsprozess nimmt die montierende Person eine zentrale Rolle ein. Sobald eine Störung identifiziert wird, ist es von essenzieller Bedeutung, dass die montierende Person unverzüglich handelt. Dies beinhaltet nicht nur die Dokumentation der Störung, sondern auch deren unmittelbare Behebung innerhalb der Möglichkeiten der montierenden Person. Bei der digitalen Dokumentation der Störung werden relevante Informationen (Art der Störung, Ort, betroffene Maschine oder Prozess) sowie eine kurze Problembeschreibung erfasst. Die Digitalisierung des Prozesses ermöglicht automatische Benachrichtigungen an den Vorgesetzten oder Teamleiter. Diese Benachrichtigungen, die die Dringlichkeit der gemeldeten Störung einschließen, ermöglichen es, schnell entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Falls die Störung nicht auf Teamebene behoben werden kann, gelangen die Informationen auf höhere Ebenen. Hier erfolgt eine erneute Bewertung der Situation, und es wird entschieden, ob zusätzliche Ressourcen oder Experten hinzugezogen werden müssen. Komplexere Störungen erfordern die Involvierung der Instandhaltungsabteilung oder spezialisierter Experten. Diese Abteilung überprüft die vorliegenden Details, plant notwendige Maßnahmen und koordiniert die Behebung der Störung. Auswirkungen auf den Produktionsplan führen zu einer Benachrichtigung der Produktionsplanungs- oder Logistikabteilung. Diese Abteilung kann alternative Pläne entwickeln, um sicherzustellen, dass Kundenlieferungen weiterhin pünktlich erfolgen. Die Qualitätskontrollabteilung wird informiert, um sicherzustellen, dass die behobene Störung keine negativen Auswirkungen auf die Produktqualität hat. Bei Bedarf

werden zusätzliche Qualitätskontrollmaßnahmen ergriffen. Sämtliche Schritte und Maßnahmen werden sorgfältig dokumentiert, und eine anschließende Analyse der Störung sowie der ergriffenen Maßnahmen kann durchgeführt werden. Diese Analyse dient der Identifikation von langfristigen Verbesserungsmöglichkeiten im Fertigungsprozess.

AP3: Vorgehen zur operativen Dokumentation von Störungen sowie Datenaufnahme

Durchgeführte Arbeiten

Das dritte Arbeitspaket bestand in der Entwicklung eines Konzeptes zur operativen Dokumentation von Montagestörungen. Auf Basis der Ergebnisse von Arbeitspaket 1 wurde ein Modell für eine Stördatenbank erstellt. Zusätzlich wurden Konzepte für die operative Dokumentation und Datenaufnahme erstellt, miteinander verglichen und in Absprache mit dem PA ein geeignetes Konzept ausgewählt. Im nächsten Schritt wurde die Stördatenbank mit beispielhaften Störszenarien gefüllt, die in Absprache mit dem PA erstellt wurden.

Erzielte Ergebnisse

Für das Vorgehen zur operativen Dokumentation und der Datenaufnahme wurden mehrere Konzepte erstellt und mit dem PA besprochen. Eine kombinierte Zuständigkeit für Dokumentation, bei der die initiale Dokumentation zunächst durch die Mitarbeitenden der Montage erfolgt und die Projektleitung die Dokumentation im Anschluss bei Bedarf erweitert bzw. vervollständigt, wurde als sinnvollste Variante ausgewählt. Dokumentation und Datenaufnahme sollen erfolgen, indem auftretende Störungen zunächst durch die Mitarbeitenden der Montage aufgenommen werden. Dabei soll die Ursache der Störung in Form einer Kategorie angegeben werden (vgl. Bild 2). Anschließend wird die Störung bzw. ihre Ursache in Form eines Freitextes weiter präzisiert. Wenn möglich, werden auch die Auswirkungen der Störung dokumentiert. Zudem werden bestimmte Stammdaten der Störung erfasst. Dazu zählen der Entdeckungs- sowie Wirkungszeitpunkt der Störung, die Verortung (Vor-, End- oder Kundenmontage) sowie der Name des Störungsmelders und eine Auftragsnummer. Anschließend wird die Projektleitung automatisch über die neue Störung informiert. Die Angaben zur Störung werden durch die Projektleitung geprüft und ggf. ergänzt. Nachdem die Störung behoben wurde, trägt die Projektleitung die Störungsbehebungsmaßnahmen analog zu den Ursachen und Auswirkungen ein.

AP4: Entwicklung eines Verfahrens zur Identifikation ähnlicher Störungen

Durchgeführte Arbeiten

Das vierte Arbeitspaket bestand in der Entwicklung eines Verfahrens zur Identifikation von ähnlichen Störungen. Es wurden entsprechende Literaturrecherchen durchgeführt und verschiedene Ansätze getestet. Nach der Auswahl eines Verfahrens wurde dieses im Softwaredemonstrator implementiert.

Erzielte Ergebnisse

Es wurden verschiedene Prüfabläufe getestet, die nachfolgend stichpunktartig beschrieben sind. Es wurde Version 3 ausgewählt, weil diese die besten Ergebnisse lieferte.

Die verschiedenen Prüfabläufe werden im Folgenden Stichpunktartig erläutert.

1. Version:

- Filtern nach Kategorie
- Freitextsuche
- Ähnlichkeiten in Freitexten ermitteln (Vektorermittlung)
- Nach Ähnlichkeiten ranken

Dieses Vorgehen wäre sinnvoll gewesen, wenn bereits ein großer Datensatz mit Daten in sehr guter Datenqualität vorläge.

2. Version:

- Direkte Freitextanalyse ohne Berücksichtigung der Kategorien
- Ermittlung und Ranking nach Ähnlichkeiten im Text
- Beim Ranking die Kategorien angeben zum Abgleich

Dieses Vorgehen hat Vorzüge bei kleinen Datensätzen und bei nicht klar eingegrenzten Kategorien.

3. Version:

- Filtern nach Kategorie
- Freitextsuche
- Ähnlichkeiten in Freitexten suchen
- Checken, ob Ähnlichkeitswerte oberhalb von Grenzwert liegen (testweise 0,5)
- Wenn ja: Ranking nach Ähnlichkeitswerten innerhalb der Kategorie
- Wenn nein: Freitextsuche und Ermittlung Ähnlichkeitswerte für alle Einträge ohne Berücksichtigung der Kategorie wiederholen. Bei Ausgabe, die Kategorie der ähnlichsten Störungen ausgeben

Dieses Vorgehen konnte sowohl bei großen Datensätzen mit guter Qualität als auch bei kleinen Datensätzen mit schlechter Qualität angewandt werden.

Im Projekt wurde auf eine Vektor-Datenbank umgestellt, um die Methode im Demonstrator zu implementieren.

Im Folgenden werden die Abläufe und die Umsetzung und Funktionsweise im Demonstrator beschrieben. Zunächst wird eine Störung durch ihre Ursache, Auswirkung, Verortung und weiteren Stammdaten charakterisiert. Das Verfahren zur Suche von ähnlichen Störungen basiert auf einem mehrstufigen Ähnlichkeitsalgorithmus. Zum einen werden die Kategorien aus dem Modell zur Störungscharakterisierung in der Ähnlichkeitssuche herangezogen und zum anderen erfolgt eine semantische Suche im Rahmen der eingegebenen Freitexte. Zusätzlich werden in Anlehnung an den PageRank-Algorithmus Verlinkungen zwischen ähnlichen Störungen geschaffen. Wird eine vom Softwaredemonstrator vorgeschlagene Störung vom Personal als ähnliche Störung identifiziert, so wird dies in einem Auswahlfeld ausgewählt. So entstehen mit der Zeit immer mehr Verlinkungen zwischen den ähnlichen Störungen.

Die Suche teilt sich im Softwaredemonstrator in zwei Teile auf:

1. Abschnitt: semantische Suche + Suche nach Kategorie und Auftrittshäufigkeit
2. Abschnitt: nur semantische Suche

Zu Beginn der Nutzung des Softwaredemonstrators wurde nur die semantische Suche genutzt. Die Berücksichtigung von Störungskategorien war zu diesem Zeitpunkt noch nicht sinnvoll, da nicht ausreichend Störungseinträge in der Datenbank vorhanden waren. Die Berücksichtigung der Störungskategorie hätte den Suchraum weiter begrenzt.

Die Grundlage der semantischen Suche bildet ein vortrainiertes Sprachmodell, das als Open Source Modell zur Verfügung steht. Der Freitext der Störungsbeschreibung wird durch das Modell in einen 384-dimensionalen dense vector überführt und in der Datenbank gespeichert. Die Vektoren der einzelnen Texteingaben werden über das Kosinus-Ähnlichkeitsmaß verglichen. Bei gleichen Texten ergibt sich zwischen den Vektoren ein Winkel von Null. Als Kosinus-Ähnlichkeit liegt in diesem Fall ein Wert von eins vor. D. h. ein Wert, der näher an eins liegt, deutet auf eine höhere Ähnlichkeit im Text hin und wird höher gewichtet.

Anhand einer Test-Störungsdatenbank mit ca. 2.500 Störungseinträgen konnten ähnliche Störungen identifiziert werden. Die Informationen zum Aufbau der Testdatenbank stammten aus den Mitgliedsunternehmen des PA. In den Freitexten zeigte sich, dass häufig unterschiedliche Begriffe und Abkürzungen für die gleichen Bauteile verwendet wurden (z. B. Werkzeug und WZ). Bei Abkürzungen die korrekte Ähnlichkeitsbewertung zu erreichen, war für den Ähnlichkeitsalgorithmus in der aktuellen Form noch nicht vollständig möglich. Hier wurde Verbesserungspotenzial des Algorithmus erkannt, beispielsweise durch das Anlegen einer Datenbank üblicher Abkürzungen oder die Verwendung von KI-Modellen.

AP5: Entwicklung eines analytischen Vorgehens zur Auswahlunterstützung von Störungsbehebungsmaßnahmen

Durchgeführte Arbeiten

Das fünfte Arbeitspaket bestand in der Entwicklung eines analytischen Vorgehens zur Auswahlunterstützung von Störungsbehebungsmaßnahmen. Es wurden entsprechende Literaturrecherchen durchgeführt und darauf aufbauend an eine Vorgehensweise entwickelt. Das Verfahren wurde im Softwaredemonstrator implementiert.

Erzielte Ergebnisse

Das analytische Vorgehen zur Auswahlunterstützung von Störungsbehebungsmaßnahmen ist in zwei Ebenen gegliedert.

Strategisch-taktische Ebene: Bewertung einer Störung nach ihren Auswirkungen.

Operative Ebene: Vergleich von Behebungsmaßnahmen miteinander.

Startpunkt des Vorgehens ist die Identifikation einer Störung durch das Personal (Bild 4). Die Störung wird zunächst im Softwaredemonstrator charakterisiert.

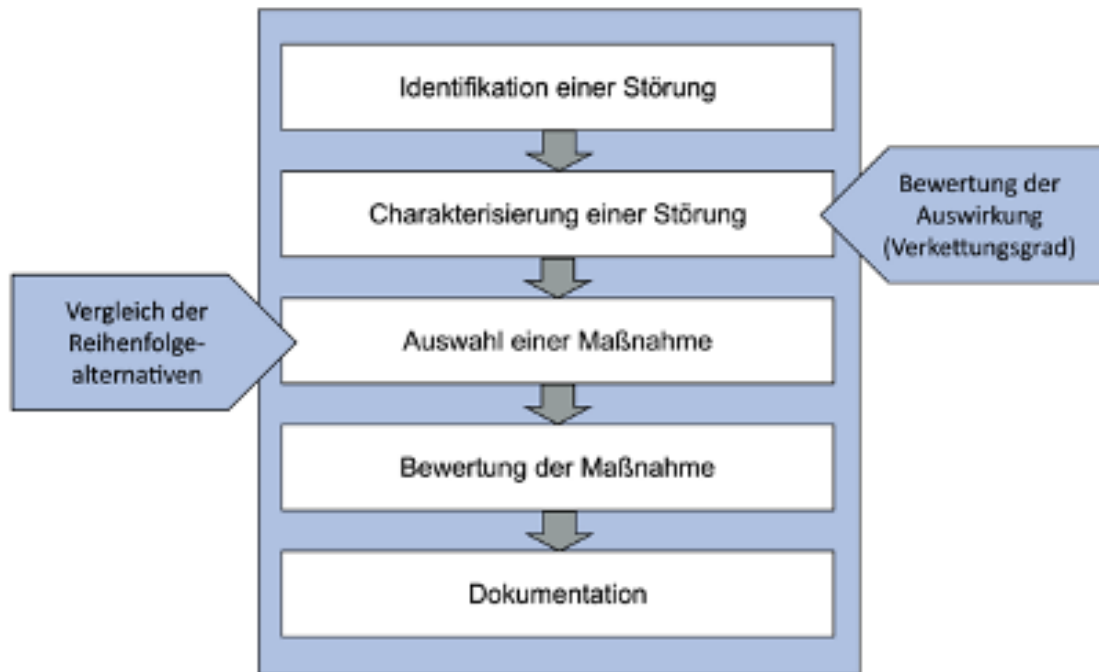


Bild 4: Ablauf zum Auswahlunterstützung für eine Störungsbehebungsmaßnahme

Dann werden Informationen abgefragt, die zur Berechnung des Verkettungsgrads benötigt werden. Eine Störung kann Auswirkungen auf

- einen oder mehrere Montageschritte,
- einen oder mehrere Montageaufträge,
- die Ressource Personal,
- die Ressource Betriebsmittel

haben. Wie stark die einzelnen Größen von einer Störung betroffen sind, wird in dem jeweiligen Verkettungsgrad ausgedrückt. Somit ergeben sich vier einzelne Verkettungsgrade VG_i , aus welchen der Gesamtverkettungsgrad VG_{ges} berechnet wird.

$$VG_{ges} = \frac{\sum VG_i}{VG_{max}}$$

Mit: VG_{ges} Verkettungsgrad [-]
 VG_i Verkettungsgrade der einzelnen Betrachtungsparameter [-]
 VG_{max} maximal möglicher Wert des Verkettungsgrads [-]

Der Verkettungsgrad liegt im Wertebereich zwischen Null und Eins. Hohe Werte deuten auf eine höhere Verkettung der Störung und damit ein höheres Störungsauswirkungspotenzial hin.

Weiterhin wird im Störungsfall der Restschlupf der nachfolgenden Montageschritte zur Abschätzung des Aufholpotenzials herangezogen. Der Restschlupf ist die verbleibende Zeit, die nicht der Durchführung- und Mindestübergangszeit zugeordnet wird und berechnet sich zu [6]:

$$\text{Restschlupf} = TAE_{\text{Plan}} - TS_0 - \sum_{i=\text{AktAVG}}^{\text{AnzAVG}} ZDF_i - \sum_{i=\text{AktAVG}+1}^{\text{AnzAVG}} ZUE_{\text{min},i}$$

Mit:	<i>Restschlupf</i>	Schlupfzeit [BKT]
	<i>TAE_{Plan}</i>	Planbearbeitungsende [BKT]
	<i>TS₀</i>	Störungszeitpunkt [BKT]
	<i>ZDF_i</i>	Durchführungszeit des <i>i</i> -ten Arbeitsvorgangs [BKT]
	<i>ZUE_{min,i}</i>	Mindestübergangszeit des <i>i</i> -ten Arbeitsvorgangs [BKT]
	<i>AktAVG</i>	Index des aktuellen Arbeitsvorgangs [-]
	<i>AnzAVG</i>	Anzahl der Arbeitsvorgänge des Auftrags [-]

Aus der Differenz zwischen geschätzter Störungsdauer und Restschlupf kann die voraussichtliche Terminabweichung (Verzögerung) bestimmt werden. Ein negativer Wert der Terminabweichung bedeutet, dass trotz Störung eine verfrühte Fertigstellung erreicht werden könnte. Bei einem Wert gleich Null wird das geplante Bearbeitungsende eingehalten und bei einem positiven Wert wird das Produkt verspätet fertiggestellt.

Über diese Berechnung kann die Dringlichkeit der Durchführung von Störungsbehebungsmaßnahmen bewertet werden.

Auf operativer Ebene wird das Personal unterstützt, indem im Störfall alternative Montageschritte untersucht und bewertet werden. Die Bewertung erfolgt auf Basis des monetären Bewertungsmodells aus dem IGF-Vorhaben 17707 N. Die logistischen Zielgrößen Durchlaufzeit, Termintreue und Auslastung werden in eine Kostengröße überführt [7]. Jede Störungsbehebungsmaßnahme verursacht zusätzliche Kosten. Diese variieren je nach gewählter Maßnahme und können verglichen werden. Die Gesamtkosten, die eine Maßnahme verursacht, können retrospektiv auf strategisch-taktischer Ebene untersucht werden, um Präventionsmaßnahmen einzuleiten.

AP6: Entwicklung und Validierung eines Softwaredemonstrators

Durchgeführte Arbeiten

Das sechste Arbeitspaket bestand in der Entwicklung und Validierung eines Softwaredemonstrators. Dieser sollte die zuvor entwickelten Methoden zur Störungsdokumentation, zur Ähnlichkeitserkennung sowie zur Berechnung von projektübergreifenden Auswirkungen verschiedener Störungsbehebungsmaßnahmen beinhalten. Im Anschluss an die Erstellung des Softwaredemonstrators sollte dieser in Unternehmen des PA getestet und validiert werden.

Erzielte Ergebnisse

Im Verlauf des Projektes wurden zunächst drei unterschiedliche Konzepte zur Umsetzung des Softwaredemonstrators entwickelt. Bei den ersten beiden Konzepten handelte es sich jeweils um native Android Apps, die sich vor allem durch die Anbindung der Datenbank (lokal, zentral) unterschieden. Das dritte Konzept sah eine browserbasierte Lösung vor, die von nahezu allen internetfähigen Endgeräten, unabhängig von ihrem Betriebssystem, verwendet werden kann. Auch für dieses Konzept wurde eine zentrale Datenbank im firmeneigenen Netzwerk oder auf einem Cloudspeicher vorgesehen.

In Absprache mit dem PA wurde das browserbasierte Konzept des Softwaredemonstrators umgesetzt. Dieses ermöglicht eine einfache Dokumentation von neuen Störungen, eine Suche nach vergangenen ähnlichen Störungen aus einer Störungsdatenbank sowie eine Berechnung von projektübergreifenden Auswirkungen verschiedener Störungsbehebungsmaßnahmen. Die Programmierung des Softwaredemonstrators erfolgte in Python, da es sich dabei um eine frei verfügbare, leicht erlernbare Programmiersprache handelt, mit der gleichzeitig auch komplexe Anwendungen erstellt werden können.

Aus Gründen der Datensicherheit wurde für jedes Unternehmen des PA eine eigene Subdomain eingerichtet, über die die Unternehmen auf den Softwaredemonstrator zugreifen können. Über diese personalisierten Subdomains wurde sichergestellt, dass die eingetragenen Störungen eines Unternehmens nur in der eigenen Störungsdatenbank eingetragen werden und es nicht zu einer Vermischung aus Daten unterschiedlicher Unternehmen kommt.

Auf der Startseite des Demonstrators hat der Nutzer zunächst die Möglichkeit zwischen den unterschiedlichen Tools zur Störungsdokumentation, zur Ähnlichkeitsprüfung sowie zur Berechnung der projektübergreifenden Auswirkungen von Störungsbehebungsmaßnahmen wählen. Hierbei wurde auf ein übersichtliches und intuitives Design geachtet (Bild 5).

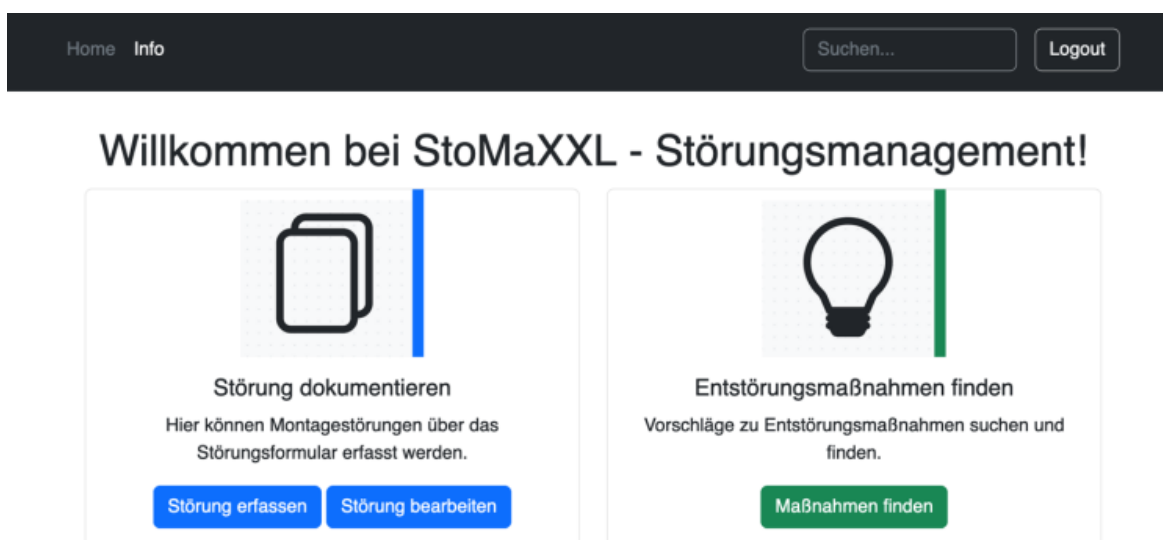


Bild 5: Startseite des Softwaredemonstrators

In Bild 6 ist die Maske zur Störungserfassung dargestellt. Die Angaben zu Entstörungsmaßnahmen sind in dieser Maske optional. Zusätzlich zur Beschreibung der Störung können hier Fotos und Dateien hochgeladen werden, um die Beschreibung für den Projektleiter verständlicher zu machen. Im Bereich „Ursache der Störung“ ist beispielhaft die Kategorie „Material“ ausgewählt. Im Bereich „Unterkategorie wählen“ kann die Kategorie der Störungsursache weiter verfeinert werden. In Gesprächen mit den Unternehmen des PA stellte sich heraus, dass die Ursache einer Störung bei deren Entdeckung oftmals noch nicht einwandfrei zugeordnet werden und erst im weiteren Verlauf der Störungsbehebung identifiziert werden kann. Aus diesem Grund ist beim Eintragen einer neuen Störung zunächst standardmäßig die Kategorie „Unbekannt“ als Störungsursache vorausgewählt.

Home Info Logout

Störungsdokumentation

Stammdaten

Auftragsnummer:

Störungsort:

Entdeckungszeitpunkt:

Wirkungszeitpunkt:

Störungsbeschreibung

Störungsbeschreibung:

Entstörungsmaßnahmen (optional):

Foto anhängen (optional): Keine ausgewählt

Datei anhängen (optional): Keine ausgewählt

Ursache der Störung

Welcher Kategorie kann die Ursache zugeordnet werden?

Unterkategorie wählen:

Material

Bitte zunächst wählen:

Fertigung:

Welche Störung liegt vor?

falsche Menge

falsches Material

fehlendes Material

Verschleiß

defekt

Bild 6: Maske zur Erfassung von Störungen

In Bild 7 wird der Admin-Bereich des Softwaredemonstrators dargestellt. Dieser Bereich ist die Hauptarbeitsfläche für Projektleitende. Hier können neue Benutzer angelegt und Störungen erfasst und bearbeitet werden. Zusätzlich steht den Projektleitenden ein Dashboard zur Verfügung, das eine Übersicht über die eingetragenen Störungen zeigt. Die hier aufgeführten Störungen können nach Erstellungsdatum, Störungsort, Störungsursache, Auftragsnummer und Bearbeitungsstand gefiltert und sortiert werden.

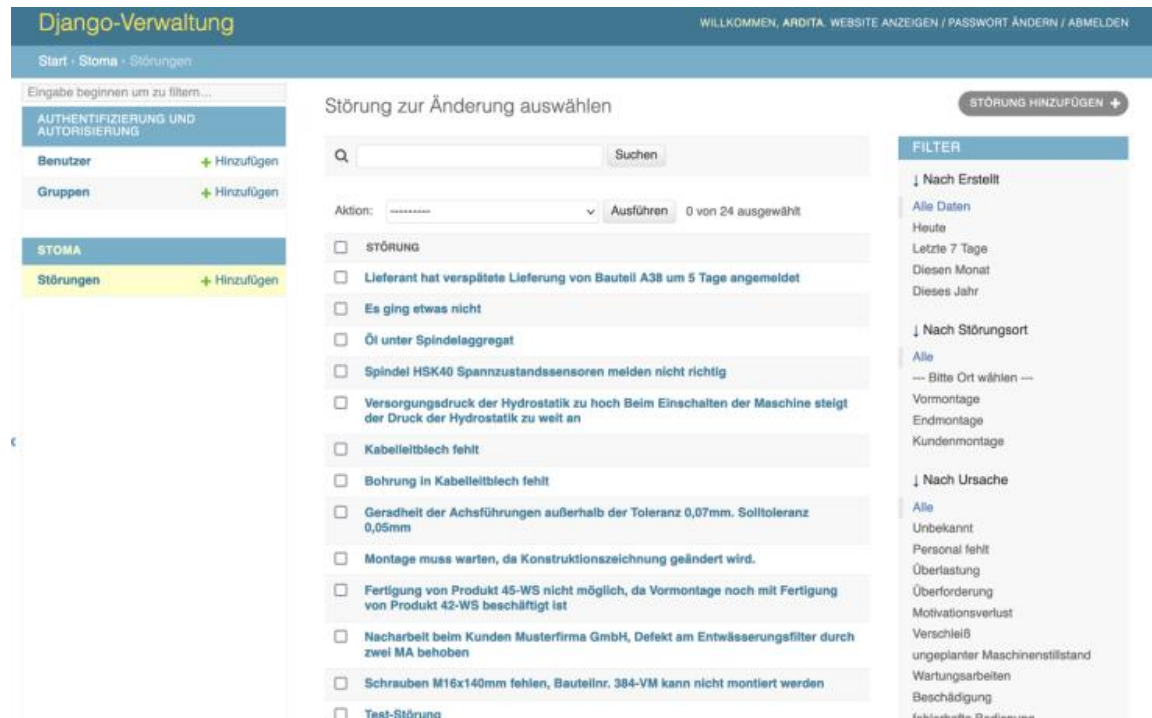


Bild 7: Admin-Ansicht

Nach der Entwicklung des Softwaredemonstrators wurde dieser den Unternehmen des PA zu Testzwecken zur Verfügung gestellt.

Der Softwaredemonstrator wurde vom PA getestet. Positives Feedback gab es für die strukturierte Möglichkeit, Störungen zu erfassen sowie für den vereinfachten Informationsfluss bei Auftreten einer Störung. Jedoch war die Anzahl der während des Testzeitraums aufgetretenen Störungen so gering, sodass die Ähnlichkeitssuche noch nicht viele Störungen vergleichen konnte. Das volle Potenzial zur Ähnlichkeitssuche kann erst bei einem größeren Datensatz an Störungen ausgeschöpft werden. Die Unternehmen sehen in der Anwendung des Softwaredemonstrators viele Vorteile gegenüber den bisher eingesetzten Methoden. Einige wollen die Methode im Unternehmen etablieren und weiterentwickeln.

5. Angaben zu der Zuwendung finanziert Ausgaben

- wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
 - 22 PM wiss. Mitarbeiter (HPA A) mit bes. Kenntnissen in der Montageplanung
 - 6 Wiss./Techn. Mitarbeiter
 - 1.690 Stunden bzw. 25.747,97 € Wiss. Hilfskräfte
- Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
 - Keine Geräte angeschafft
- Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
 - Keine Leistungen Dritter in Anspruch genommen

6. Erläuterung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit der geleisteten Arbeit begründet sich durch eine große Praxisrelevanz. Nach Gesprächen mit dem PA wurde deutlich, dass speziell KMU große Potenziale bei der systematischen Aufarbeitung von Montagestörungen haben. Dies lag vor allem daran, dass die Aufbereitung kompliziert und zeitaufwändig ist. Durch den Einsatz eines unkomplizierten Störungsmanagementansatzes konnte der Aufwand für Aufbereitung deutlich reduziert werden. Voraussetzung für einen solchen Ansatz ist die Möglichkeit, Störungen sicher und unkompliziert charakterisieren zu können. Dies ist nur möglich, wenn ein entsprechendes Modell entwickelt und eine Möglichkeit zur unkomplizierten Datenaufnahme geschaffen wird.

Die Angemessenheit der einzelnen Arbeitsschritte ergibt sich aus der sachgemäßen Bearbeitung der Arbeitspakete. Als Ergebnis wurde ein Softwaredemonstrator bereitgestellt, welcher Unternehmen bei der Dokumentation von Störungen in der Einzel- und Kleinserienmontage von großskaligen Produkten sowie Auswahl von Störungsbehebungsmaßnahmen unterstützt und damit direkt in der Industrie angewendet werden kann. Für die Entwicklung des Softwaredemonstrators war die gründliche Bearbeitung der Arbeitspakete und das Verwenden von wissenschaftlichen Methoden ein wichtiger grundlegender Faktor. Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete wurden so aufgearbeitet, dass sie im Rahmen der Implementierung des Softwaredemonstrators programmiert werden konnten. Die geleistete Arbeit entspricht größtenteils dem begutachteten sowie bewilligten Antrag. Abweichungen wurden mit dem PA abgestimmt. Die geleistete Arbeit war für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

7. Darstellung des wissenschaftlichen-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse

Die Forschungsergebnisse liefern praxisorientierte Lösungen für produzierende Unternehmen aus dem Bereich der Einzel- und Kleinserienmontage von großskaligen Produkten. Durch die Nutzung der entwickelten Methode beziehungsweise des Softwaredemonstrators als Mittel für das Störungsmanagement werden KMU in die Lage versetzt, Montagestörungen schnell und effizient zu dokumentieren und zu beheben. Hierdurch können Einsparungen erzielt und die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens erhöht werden. Der Vorteil der neuen Methode liegt im reduzierten Aufwand für die Störungsdokumentation sowie der schnelleren Ermittlung von geeigneten Störungsbehebungsmaßnahmen. Dadurch wird die Wirtschaftlichkeit von Montageprozessen erhöht. Des Weiteren ist ein Einsatz zur Berechnung von projektübergreifenden Auswirkungen von Störungsbehebungsmaßnahmen möglich, wodurch die Planungssicherheit bei der Ermittlung von Störungsbehebungsmaßnahmen weiter erhöht wird.

Des Weiteren ermöglicht die Dokumentation der Softwarearchitektur und die quelloffene Bereitstellung des Softwaredemonstrators dessen Weiterentwicklung bzw. Weiterverwendung. So können durch andere Forschungsinstitute oder Unternehmen mit geringem Aufwand weitere Anwendungsfelder für das Störungsmanagement, wie z. B. die interne Produktion, implementiert und validiert werden.

8. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Tabelle 1: Umgesetzter Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Maßnahme	Ziele	Rahmen	Zeitraum
Projektbeileiten der Ausschuss (PA)	Fortlaufende Beratung über die geplanten und erzielten Projektergebnisse zur Gewährleistung der Praxisrelevanz	Erstes Treffen des PA	13.12.2022
		Zweites Treffen des PA	22.05.2013
		Drittes Treffen des PA	04.10.2023
Versorgung der interessierten Fachöffentlichkeit mit Informationen insbesondere KMU	Ergebnistransfer in die Wirtschaft Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Informationen auf der Internetseite des IPH	Während der gesamten Projektlaufzeit
		Einrichtung einer Projekthomepage stomaxl.iph-hannover.de	09/2021
		Pressemitteilung auf der Institutshomepage des IPH, Pressemitteilungen bei https://idw-online.de sowie weiteren Onlineportalen wie bspw. https://www.pressebox.de/	09/2021
		Beitrag in Praxisnaher Zeitschrift (ZWF) - https://doi.org/10.1515/zwf-2021-0158 .	10/2021
		Beitrag in Fachzeitschrift (Wissen hoch N) - https://www.wissenhochn.de/de/themen/auswahl-uebersicht/einzelansicht/baustellenmontage-stoerungen-per-app-beheben	09/2022
		Vorstellung des Projektes bei einem Arbeitskreistreffen des Arbeitskreis XXL	28. - 29.09.2022
		Vorstellung des Projektes im Rahmen des Formates „Auf den Punkt gebracht!“ des Mittelstand-Digital Zentrum Hannover	15.12.2022
		Systematische Ansprache von potenziell interessierten Unternehmen auf dem Stand des IPH auf der Hannover Messe 2023	17. – 21.04.2023
Weiterbildung	Akademische Ausbildung	Betreuung der Projektarbeit: Entwicklung eines Konzeptes zur Charakterisierung von Montagestörungen	04/2022 – 10/2022
		Betreuung der Projektarbeit: Entwicklung eines Softwaredemonstrators für die operative Dokumentation und die Datenaufnahme von Montagestörungen	10/2022 – 04/2023
		Betreuung der Masterarbeit:	02/2023 – 08/2023
		Betreuung der Masterarbeit	06/2023 – 12/2023

Tabelle 2: Geplanter Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Maßnahme	Ziele	Rahmen	Zeitraum
----------	-------	--------	----------

Versorgung der interessierten Fachöffentlichkeit mit Informationen insbesondere KMU	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Beiträge in Fachzeitschriften wie z. B. Werkstatttechnik, ZWF, VDI-Z, Industriemanagement	Etwa zur Hälfte und zum Ende der Projektlaufzeit
		Erstellung eines Anwenderleitfadens zur Nutzung der Methode	Abschluss der Projektlaufzeit
		Abschlussbericht auf der BVL-Webseite	Quartal nach Projektabschluss
		Systematische Ansprache von potenziell interessierten Unternehmen außerhalb des PA auf Veranstaltungen/Messen durch Werbematerialien	Besuch auf der Hannover Messe, Arbeitskreis XXL-Produkte, Aachener Montagetag
Weiterbildung	Akademische Ausbildung	Integration der Erkenntnisse in das Vorlesungs- und Seminarprogramm der Leibniz Universität Hannover	Während der Projektlaufzeit
		Betreuung projektbezogener Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten	Während der gesamten Projektlaufzeit
Ausgründung eines Start-Ups aus dem IPH	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Ausgründung aus dem IPH mit Ziel, den Software-demonstrator bis zur Marktreife weiterzuentwickeln und zu vertreiben	2024

Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts

Die Methode zur aufwandsarmen Dokumentation von Montagestörungen sowie zur Ähnlichkeitserkennung und zur Berechnung von Störungsbehebungsmaßnahmen bietet KMU die Möglichkeit, aufwandsarm ein einfaches und effektives Störungsmanagement für ihre Einzel- und Kleinserienmontage von großskaligen Produkten im Unternehmen einzuführen. Dies kann dazu beitragen, Abweichungen und Stillstände während der Montage zu reduzieren. Die Anwendung der entwickelten Methode ist für KMU einfach. Für die Nutzung sind keine zusätzlichen Investitionen (z. B. Gerätebeschaffungen, Beratungsleistungen) nötig. Der in diesem Vorhaben entwickelte Softwaredemonstrator ermöglicht eine aufwandsarme Anwendung der Ergebnisse. Zur Nutzung ist lediglich die Installation des betriebssystemunabhängigen Softwaredemonstrators notwendig. Dies ist insbesondere für KMU mit begrenzten Ressourcen relevant. Da das IPH bezüglich Forschung und Beratung für die Montageplanung bekannt ist, fragen KMU regelmäßig hinsichtlich einer Unterstützung an. Das IPH wird auf Anfrage sowohl den Softwaredemonstrator als auch die projektbezogene Unterstützung Montageplanungen anbieten. Der Softwaredemonstrator wird auf der Projekthomepage zum barrierefreien Download zur Verfügung gestellt. Des Weiteren wird eine Ausgründung aus dem IPH angestrebt, die das Ziel verfolgt, den im Projekt entwickelten Softwaredemonstrator bis zur Marktreife weiterzuentwickeln und anschließend gewerblich zu vertreiben. In Projektgesprächen wurde

diesbezüglich bereits ein positives Feedback von den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses gegeben.

9. Durchführende Forschungsstelle

Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung, die eng mit der Leibniz Universität Hannover kooperiert. Die Gesellschafter des IPH, Prof. Behrens, Prof. Overmeyer und Prof. Nyhuis, sind gleichermaßen Inhaber produktionstechnischer Lehrstühle an der Leibniz Universität Hannover. Die Gliederung des IPH in die drei Abteilungen „Prozesstechnik“, „Produktionsautomatisierung“ und „Logistik“ spiegelt die Ausrichtung dieser Lehrstühle wider.

Leiter der Forschungsstelle

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Dr.-Ing. Malte Stonis

Koordinierender Geschäftsführer des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-111

Projektleiter

M. Sc. Arne Jagodzinski

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Prozesstechnik des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

10. Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 21268 N der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für die Förderung sei an dieser Stelle gedankt.

Literaturverzeichnis

- [1] B. Behrens, L. Overmeyer, P. Nyhuis und R. Nickel, „XXL-Produkte - ein Trend in der Produktionstechnik,“ *VDI-Z Integrierte Produktion*, Bd. 7/8, Nr. 151, pp. 56-58, 2009.
- [2] B.-A. Behrens, P. Nyhuis und L. Overmeyer, „Produktionstechnik XXL,“ *Phi-Produktionstechnik Hannover informiert*, Bd. 10, Nr. 10-11, 2009.
- [3] P. Rochow, P. Burggraef, C. Reuter, H. Prinzhorn, J. Wagner and T. Schmitz, "Identification of alternative assembly sequences for large-scale products," in *Production and Operations Management Society - POMS 26th Annual Conference, May 8-11, 2015, Washington D.C., USA, 2015*.
- [4] B. Lotter und H.-P. Wiendahl, *Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis.*, Berlin: Springer, 2012.
- [5] Liu, B. (2011): *Web Data Mining, Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data*, 2. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer, S. 218.
- [6] Lödding, H. (2005): *Verfahren der Fertigungssteuerung, Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration*. Berlin: Springer.
- [7] Burggräf, P.; Reuter, C.; Böning, C.; Wagner, J.; Schmitz, T.; Prinzhorn, H.; Ebertz, J. (2016): Monetäre Bewertung von Montageplänen. In: *wt Werkstattstechnik online*, Springer-VDI-Verlag, 106. Jg. (2016), Heft 4, S. 236-242.