

Methode zur Bewertung des Detaillierungsgrades von Arbeitsplänen

Method for Evaluating the Level of Detail in Route Sheets

Tom Strating
Malte Stonis

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Die Zusammenstellung von Informationen zur Bearbeitung innerbetrieblicher Produktionsaufgaben erfolgt oftmals auf Basis wenig hinterfragter Arbeitsplanvorlagen. Die Auswahl der optimalen Informationsmenge und -tiefe erfordert dabei eine Positionierung in einem Spannungsfeld aus Arbeitsaufwand in der Arbeitsplanung und Informationsnutzen in der Arbeitsausführung. Daher wird eine Methode vorgestellt, mit der Detaillierungsgrade unterschiedlicher Informationen individuell quantifiziert und bewertet werden können. Dadurch wird eine Grundlage geschaffen, um den optimalen Detaillierungsgrad von Arbeitsplänen bestimmen zu können.

[Arbeitspläne, Arbeitsvorbereitung, Detaillierungsgrad, Informationsbereitstellung, MES-Einführung]

The compilation of information for the processing of internal production tasks is often based on less-queried route sheet templates. The selection of the optimal amount and depth of information requires a positioning in an area of conflict between the amount of work in the planning process and the benefit in the execution. Therefore, a method to quantify and evaluate the level of detail of different information individually is presented. Thus a basis is created to determine the optimal level of detail in route sheets.

[route sheets, work preparation, level of detail, provision of information, MES-implementation]

1 EINLEITUNG

Das Forschungsprojekt „Entwicklung eines Modells zur Bestimmung des optimalen Detaillierungsgrades von Arbeitsplänen“ (IGF-Vorhaben 21158 N/1) beschäftigt sich mit der Bewertung von Informationsweitergaben aus der Arbeitsvorbereitung an Mitarbeiter der Produktion hinsichtlich des Aufwandes und des entstehenden Nutzens. Die Wahl der richtigen Informationsmenge und -tiefe stellt vor allem kleine und mittlere Unternehmen aufgrund des

meist geringen Standardisierungsgrades vor eine große Herausforderung. Insbesondere bei der Einführung von neuen Digitalisierungsansätzen wie Enterprise-Resource-Planning (ERP-) oder Manufacturing Execution (ME-)Systemen muss dabei hinterfragt werden, welche Informationen für die Bearbeitung innerbetrieblicher Produktionsaufgaben aufbereitet und den Mitarbeitern zur Verfügung gestellt werden sollten [Str20].

Um die optimale Kombination aus möglichst geringem Aufwand in der Arbeitsplanung auf der einen und möglichst hohem Nutzen in der Arbeitsdurchführung auf der anderen Seite zu ermitteln, muss zunächst eine Bewertungsgrundlage geschaffen werden, mit der eine differenzierte Betrachtung verschiedener Detaillierungsgrade von Arbeitsplänen möglich ist. Dazu wird in einem mehrstufigen Verfahren der Informationsgehalt eines Arbeitsplanes untersucht und so eine Beschreibung spezifischer Detaillierungsgrade ermöglicht. In einem ersten Schritt wird überprüft, ob die vorliegenden Informationen grundsätzlich ausreichen, um die geplanten Arbeitsaufgaben fachgerecht und ohne größere zusätzliche Informationsbeschaffungen ausgeführt werden können (siehe Absatz 4.1). Es folgen die Vorstellung einer Methode zur Informationsgewichtung, mit der die Relevanz der Informationselemente eingeschätzt werden kann (siehe Absatz 4.2) sowie die eines Bewertungssystems für unterschiedliche Informationsausprägungen (siehe Absatz 4.3).

2 STAND DER FORSCHUNG

Um in der Produktion einen Auftrag physisch umsetzen zu können, sind zunächst einige einmalig auftretende Planungsmaßnahmen notwendig, welche unter dem Begriff Arbeitsplanung zusammengefasst werden [Wie19]. Die Arbeitsplanung ist als Teilgebiet der Arbeitsvorbereitung zwischen der Konstruktion und Herstellung von Erzeugnissen einzuordnen und somit zeitlich vom eigentlichen Produktionsprozess entkoppelt [Wie19]. Unter ständiger Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit werden

die zur Fertigung eines Erzeugnisses oder zur Ausführung einer Dienstleistung erforderlichen Verfahren, Abläufe und Betriebsmittel ausgewählt und festgelegt [Arn17]. Die Arbeitsvorbereitung hat einen wesentlichen Einfluss auf die zeitliche Effizienz eines produzierenden Unternehmens umfasst bspw. in der Fertigung von Einzel- und Kleinserien Zeitanteile von ca. 16 % der Lieferzeit [Mie98].

2.1 DIE ARBEITSPLANERSTELLUNG ALS PLANUNGSAUFGABE

Eine wesentliche Aufgabe der Arbeitsplanung stellt die Arbeitsplanerstellung dar, in welcher im Ergebnis ein Arbeitsplan zur innerbetrieblichen Bearbeitung von Produktionsaufgaben entsteht. Dieser kann ggf. durch auftragsabhängige Informationen ergänzt werden, um neben der Unterstützung des jeweiligen Mitarbeiters in der Produktion auch Funktionen in der Produktionssteuerung abzubilden. Die Arbeitsplanerstellung ist innerhalb der Aufgaben der Arbeitsplanung hinsichtlich ihres Planungshorizontes als kurzfristige Planungsaufgabe einzuordnen [Eve80], wodurch aktuelle Betriebsumgebungen wie Bestände oder Kapazitätsauslastungen mitberücksichtigt werden können. Der Aufwand zur Erstellung eines Arbeitsplanes hängt unter anderem stark vom Neuheitsgrad der Fertigungsaufgabe ab. Hier wird zwischen Wiederholplanung, Variantenplanung, Ähnlichkeitsplanung und Neuplanung differenziert [Gla92], wobei der Erstellungsaufwand eines Arbeitsplanes zunimmt, je geringer die Ähnlichkeit des Fertigungsauftrags zu bereits durchgeführten Aufträgen ausfällt [Wie19].

Trotz bzw. aufgrund des mitunter hohen Aufwands zur Erstellung eines Arbeitsplanes, kann eine Verbesserung der verwendeten Arbeitspläne die Effizienz eines Unternehmens nachhaltig steigern. So stellt insbesondere die Verringerung von nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten, welche in der Arbeitsdurchführung Zeitanteile von bis zu 40 % erreichen können und dadurch in vielen produzierenden Unternehmen einen Großteil der innerbetrieblichen Aufgaben ausmachen, eine große Herausforderung dar [Poh14]. Gemeint sind Tätigkeiten, von denen keine Steigerung des Wertes der Güter ausgeht und somit kein Mehrwert für den Kunden entsteht [Zha03]. Dies beinhaltet bspw. unter dem Begriff der Verschwendung zusammengefasste Such- und Wartezeiten, Leerläufe, unnötig lange Transportzeiten, zusätzliche Informationsbeschaffungen oder Nachbesserungen bei Fehlern und Defekten ([Göp16], [Dom09], [Siy12]). Die zielgerichtete Informationsaufbereitung in Arbeitsplänen kann einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion dieser Verschwendungen leisten.

2.2 INHALTE VON ARBEITSPLÄNEN

Arbeitspläne gehören zusammen mit Stücklisten und Konstruktionszeichnungen zu den wichtigsten Arbeitsunterlagen für die Produktion [Wes06]. Sie enthalten Vorgaben zur Fertigung oder Montage, durch die unter anderem

die Bearbeitungsverfahren festgelegt und Arbeitsplätze zugewiesen werden [War95]. Eine Arbeitsdurchführung ohne derartige Informationsbereitstellung führt häufig zu Abweichungen von der geplanten Umsetzung. Der Informationsgehalt von Arbeitsplänen variiert allerdings je nach Unternehmen stark ([Nie96], [Ste87]) und hängt maßgeblich vom Ermessen des Erstellers ab, da meist wenig Standards und kaum Kriterien zur optimalen Gestaltung existieren. Während im Maximalfall jeder einzelne Handgriff zur Bearbeitung der Produktionsaufgabe explizit beschrieben ist, kommen im Minimalfall auch Arbeitspläne zum Einsatz, die nicht mehr als eine technische Zeichnung enthalten. Zwischen diesen Extrema sind jedoch verschiedenste Abstufungen möglich, die eine zielgerichtete Umsetzung von Produktionsaufgaben ermöglichen.

Die Arbeitsplaninhalte können grundsätzlich in die vier nachfolgenden Datengruppen untergliedert werden [War95]:

- Allgemeine Daten
- Eingabedaten
- Ausgabedaten
- Ablaufdaten

Zu den allgemeinen Daten zählen dabei organisatorische Informationen wie die Arbeitsplannummer oder ein Erstellungsdatum. Diese häufig auch als „Kopfdaten“ bezeichneten Informationen sind im Wesentlichen auftragsbezogen und haben nur einen geringen Einfluss auf den optimalen Detaillierungsgrad bzgl. des Aufwands und Nutzens von Arbeitsplänen. Sie stehen daher in der vorgestellten Methode sowie dem dazugehörigen Forschungsprojekt nicht im Fokus.

Die Eingabedaten beinhalten Informationen zum Ausgangs- bzw. Rohmaterial und können bspw. mit Maß-, Mengen- oder Gewichtsangaben versehen werden. Bei den Ausgabedaten handelt es sich um Informationen zum Endzustand des Erzeugnisses, welcher unter anderem durch Konstruktions- oder Montagezeichnungen ausgedrückt wird. Die Ablaufdaten enthalten Beschreibungen sowie Reihenfolgen einzelner Arbeitsvorgänge.

Im Hinblick auf die Anlernzeit von Arbeitskräften kann die Auswahl der Gestaltungsmöglichkeiten von Arbeitsplänen (z. B. textbasiert, bildbasiert oder videobasiert) die Inhalte eines Arbeitsplanes als wesentlicher Faktor unterstützen [Jes14]. Mit erhöhter medialer Aufbereitung steigt demnach der Informationsgehalt, wobei der Abstraktionsgrad gleichzeitig sinkt und somit die Lernfähigkeit der Arbeitskräfte unterstützt wird.

Es existieren bereits Ansätze zur Bestimmung des optimalen Inhaltes von Arbeitsplänen aus unterschiedlichen Forschungsperspektiven. Im Rahmen von Rationalisierungsmethoden wurde unter anderem die zweckmäßige

Planungstiefe zur wirtschaftlichen und effizienten Gestaltung der Fertigung untersucht [Höt86]. Dabei wird in einer fünfstufigen Skala eine Zuordnung der Planungstiefe vorgenommen. Dieser Ansatz sieht unter anderem vor, dass die jeweils höhere Planungsstufe alle Inhalte der vorherigen Planungsstufe enthält und diese zusätzlich erweitert, wodurch eine Betrachtung einzelner Detaillierungsstufen für die jeweiligen Informationen nicht möglich ist. Insbesondere unternehmensspezifische Anforderungen an Einzelinformationen können daher nicht berücksichtigt werden.

3 METHODE ZUR BESTIMMUNG DES DETAILLIERUNGSGRADES VON ARBEITSPLÄNEN

Der Einfluss des Arbeitsplans auf Tätigkeiten innerhalb des Produktionsprozesses zeigt die Bedeutung der passenden Informationsauswahl für die ausführenden Mitarbeiter. Dabei fehlt es bislang an Bewertungsmöglichkeiten für die notwendige Quantität sowie die Qualität bzw. Informationstiefe, welche als Detaillierungsgrad eines Arbeitsplanes zusammengefasst werden können. Um eine Aussage über den Detaillierungsgrad eines Arbeitsplans treffen zu können, wird daher die Informationsquantität über ein Mindestmaß an Informationselementen sichergestellt. Eine Gewichtung der Informationen sowie ein Bewertungsschema für einzelne Informationsausprägungen ermöglichen die Betrachtung der Informationsqualität und die anschließende Zusammenfassung zu Detaillierungsgraden.

3.1 MINDESTANFORDERUNGEN AN ARBEITSPLANINFORMATIONEN

Ein klassischer (analoger) Arbeitsplan bietet Platz für eine Vielzahl von Informationselementen. Dabei sind jedoch nicht immer alle Platzhalter und Eingabefelder notwendig, um dem Mitarbeiter in der Produktion seine relevanten Informationen zu übergeben. Insbesondere auftragsabhängige Informationen sind dabei in erster Linie ein Instrument der Fertigungssteuerung und haben wenig Einfluss auf das Aufwand-Nutzen-Verhältnis eines Arbeitsplanes. Die Betrachtung der zur Verfügung gestellter Informationen kann aus diesem Grund auf auftragsunabhängige Informationen reduziert werden. Hier liefert die Differenzierung von Informationen einen wesentlichen Ansatz, um durch eine gezielte Auswahl der optimalen Detaillierungsgrade zeitliche Einsparungen zu erreichen. Informationen über Vorgabezeiten bspw. sind in vielen Fällen sinnvoll, um dem Mitarbeiter eine Orientierung über den zeitlichen Umfang seiner Arbeitsaufgaben zu bieten und so für einen reibungslosen innerbetrieblichen Ablauf zu sorgen. Die jeweilige über den Arbeitsplan beschriebene Aufgabe ist jedoch in vielen Fällen auch ohne eine zeitliche Vorgabe durchführbar. Das Fehlen einer Materialangabe in der Fertigung hingegen führt meist dazu, dass ein Arbeits-

plan ohne zusätzliche Informationsbeschaffung, unabhängig von seiner sonstigen Informationsmenge und -qualität, nicht brauchbar ist.

Die Auswahl der tatsächlich relevanten Informationen hängt dabei unter anderem von branchen-, unternehmens- oder auftragspezifischen Faktoren ab. Dabei ist die Bedeutung der einzelnen Informationen stark heterogen. Die Mindestanforderungen an die Arbeitsplaninformationen werden daher auf zwei Ebenen betrachtet. Neben der Analyse von Einzelinformationen werden zusätzlich Informationsgruppen betrachtet, die verschiedene Informationen zu einem Sachverhalt (z. B. Zeitangaben) zusammenfassen. In einem ersten Schritt werden daher Informationsgruppen definiert, die für eine Bearbeitung zwingend notwendig sind. Sind diese Informationsgruppen nicht enthalten, so ist der Arbeitsplan in der Praxis nicht brauchbar und eine weiterführende Betrachtung des Detaillierungsgrades nicht notwendig. Diese Art der Betrachtung von Mindestanforderungen ist rein quantitativ und zielt ausschließlich auf das Vorhandensein der Information, nicht jedoch auf die Art der Informationsausprägung ab. Außerdem können über die Mindestanforderungen hinaus auch weitere Informationen einen positiven Einfluss auf den Detaillierungsgrad eines Arbeitsplanes und den Nutzen in der Produktion haben, wodurch eine weiterführende Betrachtung auch anderer Informationen notwendig bleibt.

Da eine Vielzahl potenzieller Informationselemente zur Informationsübergabe mittels Arbeitsplänen in Frage kommt, verliert der bearbeitende Planer schnell den Überblick. Insbesondere bei Unternehmen, die bspw. aufgrund einer hohen Produktvarianz oder eines breiten Dienstleistungsportfolios über stark heterogene innerbetriebliche Aufgaben verfügen, ist die einmalige Auswahl von Mindestanforderungen für das Unternehmen nicht ausreichend. Um auch in diesen Fällen eine übersichtliche Auswahl von Informationselementen zu ermöglichen, empfiehlt sich ein Clustering von Informationselementen in Informationsgruppen. Wie in Tabelle 1 exemplarisch dargestellt, kann etwa die Angabe von Werkzeuginformationen der Informationsgruppe „Arbeitsstätten und -mittel“ zugeordnet werden. Gleichzeitig ist die Werkzeugangabe selbst nochmal in unterschiedlicher Informationstiefe möglich (siehe Absatz 3.3).

Tabelle 1: Informationsgruppen, -elemente und -ausprägungen

Informationsgruppe	Informations-element	Informations-ausprägung
Arbeitsstätten und -mittel	Werkzeugangaben	keine Angaben
		benötigtes Spezialwerkzeug
		benötigte Werkzeuge
		spezifische Werkzeugeinstellungen

Die Zuordnung von Informationselementen zu Informationsgruppen sollte entsprechend der unternehmensinternen Prozesse einmalig vorgenommen werden. Die Beschreibung bzw. Bezeichnung der Informationsgruppen ist dabei flexibel wählbar und sollte in enger Abstimmung mit den Mitarbeitern erfolgen, die den Arbeitsplan benutzen. Zur Orientierung können die in Tabelle 2 aufgeführten Informationsgruppen genutzt werden. Die Informationsgruppe „allgemeine Daten“ enthält im Wesentlichen auftragsabhängige Informationen und wird daher nur aus Gründen der Vollständigkeit angegeben, in der vorgestellten Methode jedoch nicht zur Bestimmung des Detaillierungsgrades berücksichtigt.

Tabelle 2: Informationsgruppen mit exemplarischen Informationselementen

Informationsgruppe	Bsp. Informationselemente
Allg. Daten	Zuständigkeit, Arbeitsplannummer
Material und Ausgangszustand	Rohmaterial, Ausgangsgewicht
Konstruktion und Endzustand	Konstruktionszeichnung, Toleranzen
Arbeitsvorgänge und -abläufe	Vorgangsbeschreibungen, Prioritäten
Arbeitsstätten und -mittel	Arbeitsplatz, Maschine
Zeitangaben	Vorgabezeiten, Rüstzeiten

3.2 INFORMATIONSGEWICHTUNG

Über die Erfüllung der Mindestanforderungen hinaus, können Arbeitspläne in ihrem Detaillierungsgrad stark variieren. Während ein Arbeitsplan, der die Mindestanforderungen gerade erfüllt, eine generelle Umsetzbarkeit des innerbetrieblichen Produktionsauftrages ermöglicht, kann ein anderer Arbeitsplan mit mehr Informationen dazu führen, dass die jeweiligen Arbeitsaufgaben mit deutlich geringerem Arbeitsaufwand bearbeitet werden können. Aus diesem Grund ist eine Betrachtung zusätzlicher Informationsinhalte unabdingbar, um die tatsächliche Informationsqualität bewerten zu können.

Ein Mitarbeiter in der Produktion profitiert dabei nicht zwangsläufig von einer Vielzahl an Informationen. Zu viele Informationen können dazu führen, dass der Fokus auf wesentliche Informationen (bspw. wichtige Änderungen oder Besonderheiten bei Aufträgen, die in ähnlicher Form zu den Routineaufgaben des Bearbeiters gehören) verloren geht. Entscheidend für die Qualität des Arbeitsplans ist daher nicht die Anzahl an Informationselementen, sondern die Relevanz der ausgewählten Informationen. Diese Relevanz kann branchenübergreifend sowie unternehmensintern stark variieren und hängt unter anderem von Einflussfaktoren wie der Planungsart, der Komplexität der Aufträge oder der Qualifikation der Mitarbeiter ab. Um

dennoch einen Anhaltspunkt für die Relevanz einzelner Informationselemente mit möglichst hoher Allgemeingültigkeit zu erhalten, beinhaltet die in diesem Paper vorgestellte Methode eine Experten- und Unternehmensbefragung zur Gewichtung einzelner Informationselemente. Dazu werden aus Gründen der Übersichtlichkeit Informationen innerhalb ihrer Informationsgruppen, wie in Tabelle 3 gezeigt, in einem paarweisen Vergleich gegenübergestellt. So kann anschließend festgestellt werden, wie hoch der Einfluss einer Information auf den Nutzen in der Praxis eingeschätzt werden kann. Ein durch den paarweisen Vergleich mit hoher Gewichtung $g_{i,gr}$ versehenes Informationselement i , welches der Informationsgruppe gr angehört geht bei der Berechnung des Detaillierungsgrades stärker in die Bewertung ein. Gleichzeitig liefern durchgehend geringe Bewertungen einen Ansatz zur Reduzierung der Gesamtanzahl von Informationselementen.

Tabelle 3: Exemplarische Gewichtung über paarweisen Vergleich

	Gültigkeit	Vorgabezeiten	Rüstzeiten	Gewichtung $g_{i,gr}$
Gültigkeit	x	1	1	0,33
Vorgabezeiten	1	x	0	0,50
Rüstzeiten	1	2	x	0,17
Summe	2	3	1	1

Die mithilfe dieser Methode berechnete Gewichtung dient als erste Orientierung zur Einschätzung der Relevanz von Informationen auf dem Arbeitsplan. Im weiteren Projektverlauf sollen Aufwands- und Nutzentreiber in Form von branchen- oder unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen betrachtet werden, die als Einflussfaktoren eine Verschiebung der Gewichtung erzwingen. So werden beispielsweise bei einem Unternehmen mit starkem Fokus auf die Montage bereits gefertigter Baugruppen die Informationselemente bzgl. der Montagehinweise in Ihrer Relevanz hochgestuft, während bei einem Unternehmen mit viel spannender Bearbeitung die Bedeutung von Materialangaben oder Einstellparametern höher einzustufen ist. Darüber hinaus kann eine manuelle Anpassung der Gewichtung jederzeit vorgenommen werden, wodurch eine Berücksichtigung unternehmensindividueller Präferenzen möglich ist.

3.3 BEWERTUNG VON INFORMATIONSAUSPRÄGUNGEN

Einen wesentlichen Einfluss auf den Aufwand zur Erstellung sowie den Nutzen bei der Ausführung eines Arbeitsplanes hat die Informationstiefe. Es ist daher nicht nur entscheidend, ob eine Information im Arbeitsplan enthalten ist oder nicht, sondern insbesondere in welcher Detaillie-

rungsstufe diese Information vorliegt. In der in diesem Paper vorgestellten Methode werden die unterschiedlichen Detaillierungsstufen einer Information als Ausprägungen bezeichnet. Dabei sind einige Informationen binär, da sie entweder auf dem Arbeitsplan angegeben sind oder nicht. Es gibt jedoch auch Informationen, bei denen die Anzahl der möglichen Abstufungen höher ist. Während Vorgangsbeschreibungen in Stichpunkten einem Mitarbeiter meist mehr Unterstützung bieten als keinerlei diesbezügliche Informationen, sind insbesondere für unerfahrene Mitarbeiter zusätzlich detailliertere Einzelbeschreibungen oder Bearbeitungstipps hilfreich. In diesem exemplarischen Fall sind daher zusätzliche Abstufungen der Ausprägungen von Einzelinformationen sinnvoll, um sowohl den Aufwand bei der Erzeugung als auch den Nutzen der Arbeitsplaninhalte in der Produktion bewerten und optimal bestimmen zu können. Die Anzahl möglicher Ausprägungen ist dabei von der jeweiligen Information abhängig und kann zusätzlich unternehmensindividuell abweichen. Exemplarische Informationsausprägungen sind in Tabelle 4 dargestellt und können zur Bewertung der tatsächlich vorliegenden Ausprägung genutzt werden. So können beispielsweise die Angaben zu Hilfsmitteln nur auf sicherheitsrelevante Hilfsmittel beschränkt sein (min.) oder eine Hilfsmittelbezeichnung (wenig) genannt werden. Die Angabe spezifischer Hilfsmittel (viel) oder zusätzlich den Beschaffungsort für das Hilfsmittel (max.) können darüber hinaus das Verständnis des Mitarbeiters erhöhen und damit eine aufwandsarme und fehlerfreie Umsetzung sicherstellen.

Tabelle 4: Beispiele für Informationsausprägungen

Informations- element	Informationsausprägungen			
	nicht angegeben		angegeben	
Arbeitsplanart				
Maschinenzu- ordnung	niedrig	mittel	hoch	
Hilfsmittel	min.	wenig	viel	max.

Um eine Bewertung des Detaillierungsgrades quantitativ durchführen zu können, werden mögliche Informationsausprägungen in einem morphologischen Kasten zusammengetragen und anschließend die nach ihrer Informationstiefe sortierten Ausprägungen in Zahlenwerte überführt. Die Position der Ausprägung im morphologischen Kasten wird dabei durch $n_{i,gr}$ eindeutig beschrieben. Dabei enthält die erste ($n_{i,gr}=1$) und damit geringste Detaillierungsstufe (keine Information) der Information i in Informationsgruppe gr immer den Wert 0, während die jeweils detaillierteste Ausprägung ($n_{i,gr}=N_{i,gr}$) mit dem Zahlenwert 1 versehen wird. Die Schrittweite $S_{i,gr}$ zwischen dem Minimal- und Maximalwert werden in Abhängigkeit der Anzahl $N_{i,gr}$ an möglichen Ausprägungen für

die jeweilige Information bestimmt. Die jeweilige Bewertung $B_{i,gr,n_{i,gr}}$ einer Ausprägung wird anhand ihrer Rangfolge $n_{i,gr}$ innerhalb der Ausprägungen des Informations-elementes bestimmt.

$$S_{i,gr} = \frac{1}{N_{i,gr} - 1}$$

$$B_{i,gr,n_{i,gr}} = (n_{i,gr} - 1) * S_{i,gr}$$

Die in Tabelle 4 aufgeführte exemplarische Darstellung verschiedener Ausprägungen kann auf diese Weise, wie in Tabelle 5 dargestellt, quantifiziert werden.

Tabelle 5: Bewertung von Informationsausprägungen

Informations- element	Informationsausprägungen			
	0		1	
Arbeitsplanart				
Maschinenzu- ordnung	0	0,5	1	
Hilfsmittel	0	0,33	0,66	1

Die dargestellte Berechnung der Bewertungen anhand der möglichen Ausprägungen beruht auf der Annahme, dass die Unterschiede zwischen den Ausprägungsstufen hinsichtlich des Aufwands und des Nutzens innerhalb eines Informations-elementes gleich groß sind. Dies würde bspw. bedeuten, dass bei einem Informationselement mit drei Ausprägungen der Detaillierungsgrad der mittleren Ausprägung genau halb so groß ist, wie bei der Maximalausprägung des jeweiligen Informationselementes. In der Praxis muss dies natürlich nicht pauschal zutreffen. Aus diesem Grund werden die gleichmäßigen Abstufungen lediglich als Ausgangspunkt verwendet und können auf Basis eigener Erfahrungswerte individuell angepasst werden.

3.4 ZUSAMMENFÜHRUNG GESAMTMETHODE

In den vorangegangenen Abschnitten wurden Einzelmethoden zur Betrachtung von Mindestanforderungen, der Informationsgewichtung und der Bewertung einzelner Informationsausprägungen vorgestellt. Die Mindestanforderungen stellen dabei ein Abbruchkriterium dar, wodurch bei unzureichender Informationsquantität weiterführende Analyseschritte des Detaillierungsgrades eines Arbeitsplanes nicht durchzuführen sind. Eine Übersicht wird in Abbildung 1 dargestellt. Die Betrachtungsebene wird dabei vom gesamten Arbeitsplan über Informationsgruppen zu Einzelinformationen immer weiter verringert.

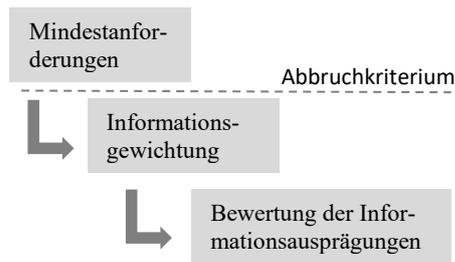


Abbildung 1: Schritte der Gesamtmethode

Die quantitative Bewertung des Arbeitsplanes erfolgt nun auf umgekehrtem Weg. Zunächst werden die Bewertungen $B_{i,gr}$ der vorliegenden Informationsausprägungen mit der jeweiligen Gewichtung des Informationselementes $g_{i,gr}$ multipliziert.

$$GewB_{i,gr} = g_{i,gr} * B_{i,gr, n_{i,gr}=vort.}$$

Anschließend werden die gewichteten Bewertungen der Informationselemente $GewB_{i,gr}$ innerhalb der jeweiligen Informationsgruppe gr aufsummiert, um einen Detaillierungsgrad DG_{gr} für die Informationsgruppe zu erstellen.

$$DG_{gr} = \sum_{i=1}^I GewB_{i,gr}$$

Der Detaillierungsgrad einer Informationsgruppe kann als Messgröße verwendet werden, um gezielte Anpassungen der Arbeitsplaninhalte vorzunehmen und so Aufwand und Nutzen der Arbeitspläne zu beeinflussen. Eine visualisierte Darstellung der Detaillierungsgrade wie in Abbildung 2 liefert einen exemplarischen Überblick darüber, wie stark die Detaillierungstiefe in den einzelnen Informationsgruppen ausfällt. Bei einer späteren unternehmensspezifischen Betrachtung können die Detaillierungsgrade der Informationsgruppen verwendet werden, um erste Handlungsansätze abzuleiten.

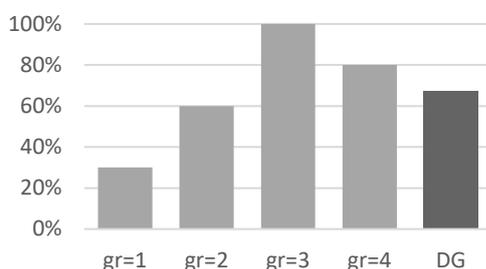


Abbildung 2: Visualisierung des Detaillierungsgrades

In Abbildung 2 ist außerdem ein Gesamtdetaillierungsgrad DG dargestellt, welcher sich aus dem Mittelwert der Detaillierungsgrade der einzelnen Informationsgruppen ergibt.

$$DG = \frac{\sum_{gr=1}^{GR} DG_{gr}}{GR}$$

Da durch den Gesamtdetaillierungsgrad kaum Aussagen über Aufwand und Nutzen eines Arbeitsplanes getroffen werden können, ist sein Beitrag zur Bestimmung der optimalen Informationsinhalte eines Arbeitsplanes als gering einzustufen. Der Gesamtdetaillierungsgrad dient im Wesentlichen der Visualisierung des Gesamtergebnisses. Empfehlungen zur Anpassung von Arbeitsplaninhalten werden jedoch auf Basis der Informationsgruppen abgeleitet, weshalb in der in diesem Paper vorgestellten Methode auf eine genauere Betrachtung des Gesamtdetaillierungsgrades (z. B. durch Gewichtung der Informationsgruppen zueinander) nicht eingegangen wurde.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ziel des vorliegenden Papers war es darzustellen, wie der Detaillierungsgrad von Arbeitsplänen bewertet werden kann. Dazu wurde eine mehrstufige Methode erstellt, die im ersten Schritt eine Überprüfung der Arbeitsplaninhalte auf Erfüllung individueller Mindestanforderung enthält. Durch einen paarweisen Vergleich verschiedener Informationselemente wird eine Gewichtung hinsichtlich der Relevanz einzelner Informationen erstellt. Zur quantitativen Bewertung der unterschiedlichen Ausprägungen einzelner Informationen wurde ein Bewertungsschlüssel vorgestellt, der eine Betrachtung unterschiedlicher und individuell gestaltbarer Ausprägungen ermöglicht. Durch die Berechnung der Detaillierungsgrade für Informationsgruppen sowie eines Gesamtdetaillierungsgrades wird eine Visualisierung ermöglicht, die gleichzeitig als Charakteristik zur Beschreibung des jeweiligen Arbeitsplanes genutzt werden kann.

Die Einstufung des Detaillierungsgrades eines Arbeitsplanes als Ergebnis der vorgestellten Methode kann im nächsten Schritt genutzt werden, um Aufwand und Nutzen der Informationsbereitstellung bewerten zu können. Aufbauend auf diesem Vorgehen soll dann das Gesamtziel des Forschungsprojektes mit der Bestimmung des jeweils optimalen Detaillierungsgrad eines Arbeitsplanes in der entsprechenden Betriebsumgebung erreicht und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, diesen zu erreichen.

LITERATUR

[Arn17] Arndt, K.-D.: Arbeitsvorbereitung und Arbeitsplanung. In: Böge, A.; Böge, W. (Hrsg.): Handbuch Maschinenbau. Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik. Unter Mitarbeit von Arndt, D. et al. 23. Aufl., Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden 2017, ISBN 978-3-658-12529-5, S. 1735–1772.

- [Dom09] Dombrowski, U.; Herrmann, C.; Lacker, T.; Sonnentag, S.: Modernisierung Kleiner und mittlerer Unternehmen – Ein ganzheitliches Konzept. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2009, <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92927-7>.
- [Eve80] Eversheim, W.; Fischer, W.; Streudel, M.: Modulare Systemvarianten zur automatischen Arbeitsplannerstellung. In: Minister für Wissenschaft und Forschung (Hrsg.): Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Fachgruppe Maschinenbau/Verfahrenstechnik. Bd. 2948, Westdeutscher Verlag, Opladen 1980.
- [Gla92] Glas, J.; Koeper, T.; Strohmayer, R.: Tätigkeiten und Hilfsmittel in der Arbeitsplanung. In: Milberg, J. (Hrsg.): Von CAD/CAM zu CIM: [Leitfaden zum Erfolg]. Springer, Berlin Heidelberg 1992, ISBN 978-3-540-53244-6, S. 61–88.
- [Göp16] Göpfert, I.; Braun, D.; Schulz, M.: Automobillogistik – Stand und Zukunftstrends. 3. Aufl., Springer-Gabler-Verlag, Wiesbaden 2016.
- [Höt86] Höth, H.; Wienand, L.: Rationalisierungsmethoden für die Arbeitsplanung. Eine Anleitung für metall-verarbeitende Betriebe. Rationalisierung-Kuratorium d. Dt. Wirtschaft, Eschborn 1986.
- [Jes14] Jeske, T.; Meyer, F.; Schlick, C. M.: Einfluss der Gestaltung von Arbeitsplänen auf die Anlernzeit sensumotorischer Tätigkeiten. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Springer, Heidelberg, ISSN 2366-4681, 68. Jg. (2014), Heft 1, S. 1–6.
- [Mie98] Miebler, G.: Zeitcontrolling indirekter Prozessketten. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1998, <https://doi.org/10.1007/978-3-322-99528-5>.
- [Nie96] Nietsch, T.: Erfahrungswissen in der computerunterstützten Angebotsbearbeitung. Erfassung, Darstellung und Anwendung mit Hilfe fallbasierter Methoden. Dissertation Universität Münster. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1996.
- [Poh14] Pohlmann, J.: Kosteneffizienz durch Wertschöpfung – Wo liegt das Potenzial für den Mittelstand? factorP managementberatung GmbH, Berlin 2014.
- [Siy12] Siyam, G. I.; Kirner, K.; Wynn, D. C.; Lindemann, U.; Clarkson, P. J.: Relating Value Methods to Waste Types in Lean Product Development. In: Marjanovic, D. et al. (Hrsg.): Proceedings of DESIGN 2012, the 12th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia 2012, S. 93 - 102.
- [Ste87] Steinmetz, G.: Grunddatenverwaltung. In: Geitner, U. W. (Hrsg.): CIM-Handbuch. Wirtschaftlichkeit durch Integration. Friedr. Vieweg&Sohn Verlag, Braunschweig Wiesbaden 1987, ISBN 978-3-528-04522-7, S. 50–63.
- [Str20] Strating, T.; Müller, M.; Stonis, M.: Effizienzsteigerung durch ideale Arbeitspläne. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 115. Jg. (2020), H. 6, S. 387-390, ISSN 0947–0085.
- [War95] Warnecke, H.-J.: Der Produktionsbetrieb 1. Organisation, Produkt, Planung. In: ders. (Hrsg.): Der Produktionsbetrieb. Bd. 1, 3. Aufl., Springer, Berlin u.a. 1995.
- [Wes06] Westkämper, E.: Einführung in die Organisation der Produktion. Unter Mitarbeit von Markus, D. und Jendoubi, L., Springer, Berlin Heidelberg New York 2006.
- [Wie19] Wiendahl, H.-P.; Wiendahl, H.-H.: Betriebsorganisation für Ingenieure. 9., vollständig überarbeitete Aufl., Carl Hanser, München 2019.
- [Zha03] Zhao, Y.; Chua, D.: Relationship between productivity and non value-adding activities (2003). Online unter <http://www.https://iglc.net/Papers/Details/278> [Letzter Abruf am 02.12.2020]
-
- Tom Strating, M.Sc.**, born in 1993, studied mechanical engineering at the Leibniz-University in Hanover. Since 2019 he has been working at IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH as a project engineer in research of logistics.
- Dr.-Ing. Malte Stonis**, born in 1979, is managing director of the IPH – Institute of Integrated Production Hannover (non-profit limited company).
- Address:
IPH gGmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Germany,
Phone: +49 511 27976-446, Fax: +49 511 27976-888,
E-Mail: strating@iph-hannover.de