

Empirische Studie zur Bestandstransparenz in der Industrie mit Handlungsempfehlungen

Bestandstransparenz praxisorientiert verbessern

L. Klinger, M. Favier, Ch. Leipoldt

ZUSAMMENFASSUNG Trotz des Big Data Trends mangelt es vielen Unternehmen an Transparenz über Lager- und Produktionsbestände zur Fertigungssteuerung und -optimierung. Eine empirische Studie erhebt auf dem theoretischen Grundgerüst der Zustände von Lager- und Produktionsbeständen den aktuellen Umsetzungsgrad und die Herausforderungen digitaler Bestandstransparenz in Produktionsunternehmen. Neben den wichtigsten Studienergebnissen werden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung digitaler Bestandstransparenz ausgesprochen.

STICHWÖRTER

Materialfluss, Produktionsmanagement,
Informationsmanagement

Empirical Study on Inventory Transparency in the Industry with Recommendations – Improving Inventory Transparency in Practice

ABSTRACT Despite the big data trend, many companies lack transparency regarding their warehouse and production inventories needed for production control and optimization. Based on the theoretical framework of an inventory classification, an empirical study examines the current degree and challenges of digital inventory transparency in manufacturing companies. In addition to the most important study results, recommendations for action to improve digital inventory transparency are given.

1 Motivation

Mit Fortschreiten der Digitalisierung in der Produktion liegt in produzierenden Unternehmen eine Vielzahl an Daten über Produktion und Lager vor. Dieser Datenbestand aus automatisch generierten und manuell erhobenen Daten soll in der Regel zur Verbesserung der operativen Prozesse genutzt werden. [1]

Der Fokus dieses Beitrags liegt auf Bestandsdaten zur Fertigungssteuerung und -optimierung, genauer auf Lager- und Produktionsbeständen. Denn trotz zahlreicher digitaler Werkzeuge scheint es vielen Unternehmen an Bestandstransparenz zu mangeln. So werden in der Praxis zum Beispiel immer wieder Aufträge freigegeben, bei denen nicht alle notwendigen Materialien verfügbar sind. Dies führt zu Terminverschiebungen und damit Turbulenzen im Fertigungsablauf. [2]

Transparenz über Bestände ist besonders in der Fertigungssteuerung für richtige Steuerungsentscheidungen essentiell. Jedoch werden in der Praxis Bestände zum Teil gar nicht oder nur unzureichend im System abgebildet. Der Fertigungssteuerer ist dann blind für die reale Ist-Situation. Auch ungenügende Datenqualität, zum Beispiel aufgrund von verspäteten, manuellen Bestandsrückmeldungen, ist ein typischer Stolperstein und führt zu Abweichungen zwischen System und Realität [3]. Dies hat erhöhte Steuerungsaufwände zur Folge, wie zum Beispiel visuelle physische Verfügbarkeitsprüfungen zur Auftragsfreigabe [4]. Mangelnde Transparenz hat ebenso zur Folge, dass Produktionsbestände unentdeckt bleiben oder sich aufstauen, gegebenenfalls mit langen Liegezeiten. Dies führt zu langen und streuenden

Durchlaufzeiten. In der Folge leiden oft die interne und externe Termintreue (vgl. Teufelskreis der Fertigungssteuerung [5]). Das Produktionssystem arbeitet weniger planmäßig und wird unzuverlässig.

Zudem führen überhöhte Bestände dazu, dass Potenziale zur Fertigungsoptimierung unentdeckt bleiben. Hohe Bestände sind keine Seltenheit in Unternehmen, da sie ein beruhigendes Gefühl durch ausreichende Versorgung schenken. Entsprechend dem Lean Gedanken gelten Bestände jedoch als Verschwendungen. Einerseits verdecken sie Problemstellen in der Produktion. Die Leistung kann nur schwer verbessert werden, wenn nicht zu sehen ist, wo Leistungsverluste auftreten. Andererseits verursachen sie hohe Kosten durch die Kapitalbindung der Waren sowie den Betrieb der Lager. Es gehen Kosteneinsparpotenziale verloren. Auch aus diesem Grund ist die Transparenz über die tatsächlichen Bestände von hoher Bedeutung für die Produktion und Logistik [6, 7, 8].

Die Trends rund um Digitalisierung, Big Data und Industrie 4.0 führen oftmals zu Annahme, dass Unternehmen heutzutage eine Vielzahl an Lager- und Produktionsdaten messen und nutzen. Jedoch zeigen die genannten Probleme in der Praxis ein anderes Bild. Wie der wirkliche Status Quo in produzierenden Unternehmen speziell für Lager- und Produktionsbestände aussieht und an welchen Stellen Stolpersteine und Herausforderungen auftreten, soll im Rahmen einer empirischen Studie ermittelt werden. Zudem sollen Unternehmen bei der Verbesserung ihrer Bestandstransparenz durch geeignete Handlungsempfehlungen unterstützt werden.

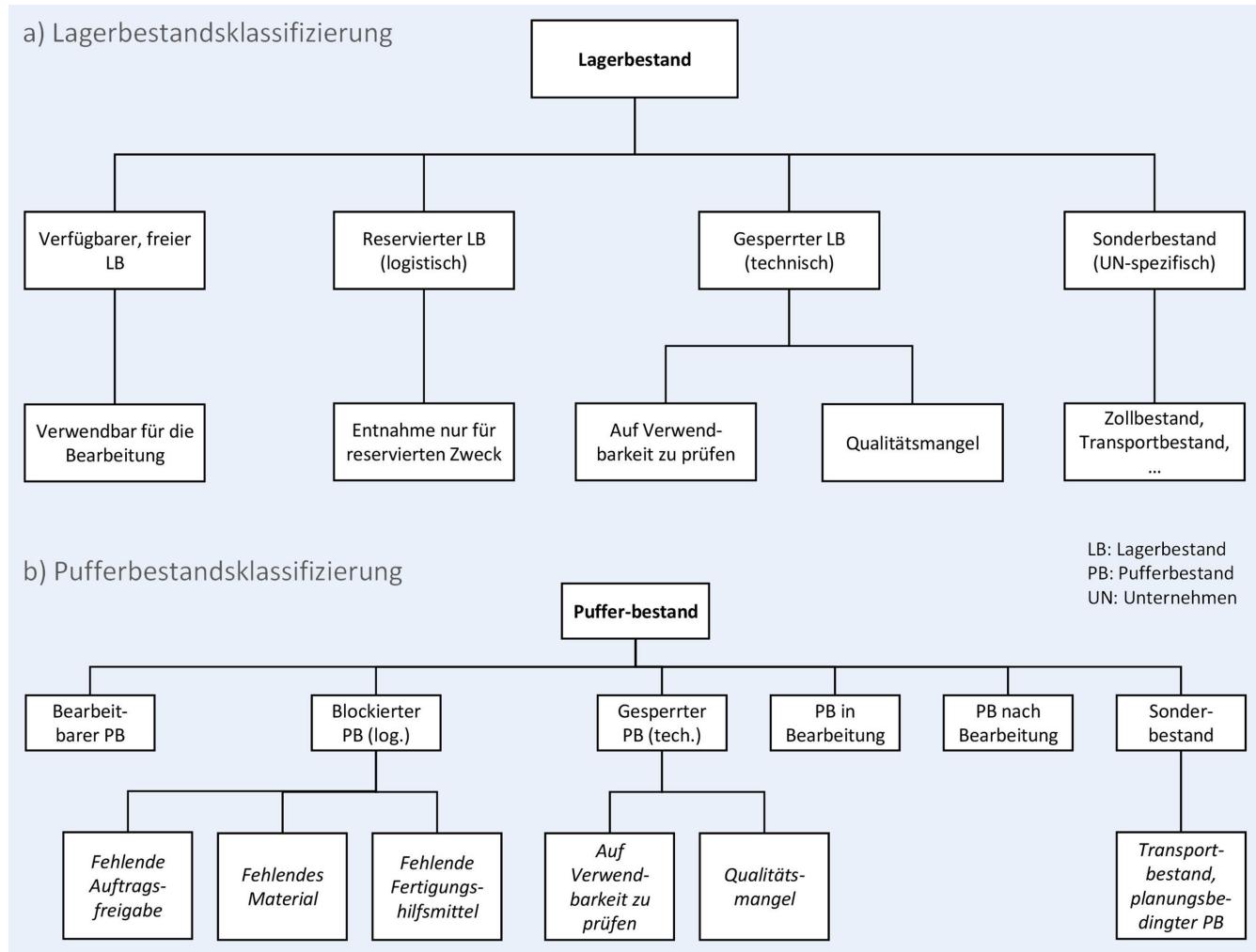


Bild 1. Klassifikation der Bestandszustände für Lager- und Pufferbestände. *Grafik: Fraunhofer IPA*

Es ergibt sich zusammenfassend folgende Fragestellung: Wie können produzierende Unternehmen ihre digitale Transparenz über Lager- und Produktionsbestände für die Fertigungssteuerung und -optimierung verbessern?

Daher wird für die Betrachtung ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt. Dieser spiegelt sich im Aufbau dieses Beitrags wider:

- Kapitel 2 Klassifikation: Welche Bestandszustände sind für Produktion und Logistik relevant und müssen zur Erlangung von Transparenz betrachtet werden?
- Kapitel 3 Empirische Studie: Wie ist der aktuelle Stand der digitalen Bestandstransparenz in der Industrie? Wo liegen Verbesserungsbedarfe?
- Kapitel 4 Handlungsempfehlungen: Welche bewährten Methoden werden von Vorreitern eingesetzt und können zur Verbesserung der Bestandstransparenz angewandt werden?

2 Klassifikation für transparente Lager- und Produktionsbestände

Dieses Kapitel stellt aus produktionslogistischer Sicht eine Klassifikation (2.3) zur Beschreibung der Lager- und Produktionsbestände eines Unternehmens (**Bild 1**) vor. Dabei geht die Bestandsklassifikation von einer Stückgüterproduktion aus. Die Klassifikation basiert auf der Synthese einiger grundlegender

Theorien aus der Produktionsplanung- und -steuerung sowie der Wertstrommethode. Neben der Vorstellung der Klassifikation wird nachfolgend zunächst eine terminologische Abgrenzung des Lager- und Produktionsbestands vorgenommen. Weiterhin wird der Transparenzbegriff definiert.

2.1 Abgrenzung Lager- und Produktionsbestand

Lagern bezeichnet die langfristige Bevorratung großer Bestandsmengen von Artikeln [9]. Den Lagerbestand bilden Rohmaterialien, Halbfabrikate und Fertigwaren [10]. Der Ort zur Bevorratung wird Lager genannt [11].

Der Produktionsbestand (auch Umlaufbestand, Pufferbestand) wird zur Pufferung im Produktionsablauf genutzt. Als Puffern wird die Bereithaltung von geringen Arbeitsvorräten, also den Aufträgen zugeordneten Artikeln, für die Bearbeitung an Arbeitssystemen bezeichnet [7, 10]. Produktionsbestand ist demzufolge jener Bestand, welchen Arbeitssysteme zur Leistungserbringung benötigen [3, 12]. Ort der Bereithaltung ist der Puffer. Anhand der Zuordnung zu Aufträgen lässt sich der Produktions- vom Lagerbestand abgrenzen [2].

In der Produktionslogistik erhält der Bestand aufgrund seiner Funktion nach [10] als Zielgröße (Wirkung auf die Finanzen eines Unternehmens), logistische Regelgröße (Einfluss auf Aus-

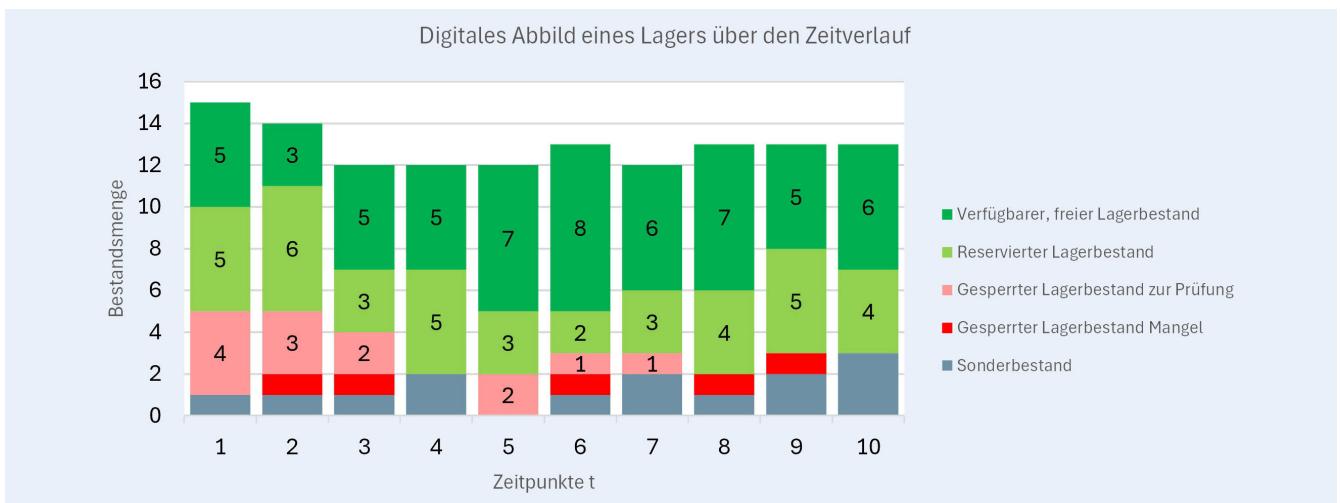


Bild 2. Visualisierung des Lagerbestands eines Lagers zu verschiedenen Zeitpunkten nach Bestandszustand. *Grafik: Fraunhofer IPA*

lastung der Fertigung und Durchlaufzeit der Aufträge), RegelgröÙe in kontinuierlichen Verbesserungsprozessen (Reduzierung des Bestands zur Aufdeckung von Problemen) sowie BewertungsgröÙe für andere ZielgröÙen (vgl. Lagerkennlinien) seine Relevanz.

Für eine termingerechte Auftragszuordnung ist die genaue Kenntnis der Mengen und Verfügbarkeiten der Lager- und Pufferbestände sowie eine Differenzierung des jeweiligen Bestandszustands notwendig. Neben dem digitalen Abbild im System sollte auch die eindeutige Identifikation auf dem Shopfloor ermöglicht werden. [2, 3]

2.3 Klassifikation von Bestandszuständen

Der Bestandszustand hat eine zentrale bestandstrennende Eigenschaft [14]. Bestandszustände sind in der Literatur nicht eindeutig definiert, sowohl Nomenklatur als auch Anzahl der Bestandszustände variieren. Außerdem mangelt es an einer klaren Differenzierung zwischen Zuständen des Lager- und Produktionsbestands. [3, 15, 16, 17, 18, 19]

Für die Lagerbestandszustände werden die verschiedenen Zustände nach *Wehking* [19] verwendet:

- Verfügbarer, freier Lagerbestand: Bestand, welcher unmittelbar für die Auftragsbearbeitung in der Fertigung genutzt werden kann.
- Reservierter Lagerbestand: Bestand, welcher physisch vorhanden, aber nur für den vorhergesehenen Verwendungszweck entnommen werden darf.
- Gesperrter Lagerbestand: Bestand, welcher aufgrund von Qualitätsmängeln oder notwendigen Qualitätskontrollen nicht verwendet werden kann.
- Unternehmensspezifischer Sonderbestand: Bestand, welcher nur unter bestimmten Voraussetzungen für die Auftragsbearbeitung in der Fertigung genutzt werden darf (zum Beispiel Zollbestand)

Zur Entwicklung von Zuständen des Produktionsbestands werden bestehende Ansätze mit dem Durchlaufelement verbunden [2, 3, 10, 12, 13, 19]:

- Bearbeitbarer Produktionsbestand: Bestand, welcher direkt am Arbeitssystem für die Auftragsbearbeitung zur Verfügung steht.
- Blockierter Produktionsbestand: Bestand, welcher aufgrund logistischer Ursachen nicht von einem Arbeitssystem bearbeitet

werden darf (zum Beispiel fehlende Auftragsfreigabe, fehlendes Material, fehlende Fertigungshilfsmittel).

- Gesperrter Produktionsbestand: Bestand, welcher aufgrund technischer Ursachen nicht von einem Arbeitssystem bearbeitet werden darf (zum Beispiel Qualitätsmängel, notwendige Verwendbarkeitsprüfung).
- Produktionsbestand in Bearbeitung: Bestand, welcher durch das Arbeitssystem im Rahmen der Auftragserfüllung bearbeitet wird.
- Produktionsbestand nach Bearbeitung: Bestand, welcher physisch fertig bearbeitet am Arbeitssystem vorliegt.
- Unternehmensspezifischer Sonderbestand: Bestand, welcher nur unter bestimmten Voraussetzungen für die Auftragsbearbeitung in der Fertigung genutzt werden darf (zum Beispiel Transportbestand, planungsbedingter Produktionsbestand)

In Bild 1 sind die Klassifikationen für die Lagerbestände (vgl. Bild 1 a) und Pufferbestände (vgl. Bild 1 b) visualisiert.

Eine umfassende digitale Repräsentation ist unerlässlich, um digitale Transparenz zu schaffen [20]. Hierfür muss die physische Realität zeitsynchron erfasst und reproduziert werden [21]. Für ein digitales Abbild ist somit eine Informationsübermittlung nötig. Für jedes Lager und jeden Puffer wird ein digitales Abbild kreiert. Für den Nutzer wird Transparenz vor allem durch Visualisierungen nutzbar. Die Darstellung der Bestandsmengen und -zustände kann zum Beispiel über ein Balkendiagramm über den Zeitverlauf erfolgen, vgl. **Bild 2**.

Die entwickelte Bestandsklassifikation bietet ein umfassendes Grundgerüst für die empirische Untersuchung. Es gibt einen theoretischen Rahmen vor und liefert relevante Zustände für die Betrachtung von Beständen. Auf Grundlage der Klassifikation lassen sich die relevanten Fragestellungen für die im nächsten Kapitel vorgestellte Studie ableiten.

3 Digitaler Bestand und Transparenz in Unternehmen

Die empirische Studie wurde entsprechend der Bestandsklassifikation erstellt. Aufgrund der häufigen örtlichen Bestandswechsel im Fertigungsdurchlauf werden die Arten der Bestandserfassung und Rückmeldungsauslöser erfragt. Zudem wurde die Nutzung der Bestandsfunktionen im Rahmen der Fertigungssteuerung

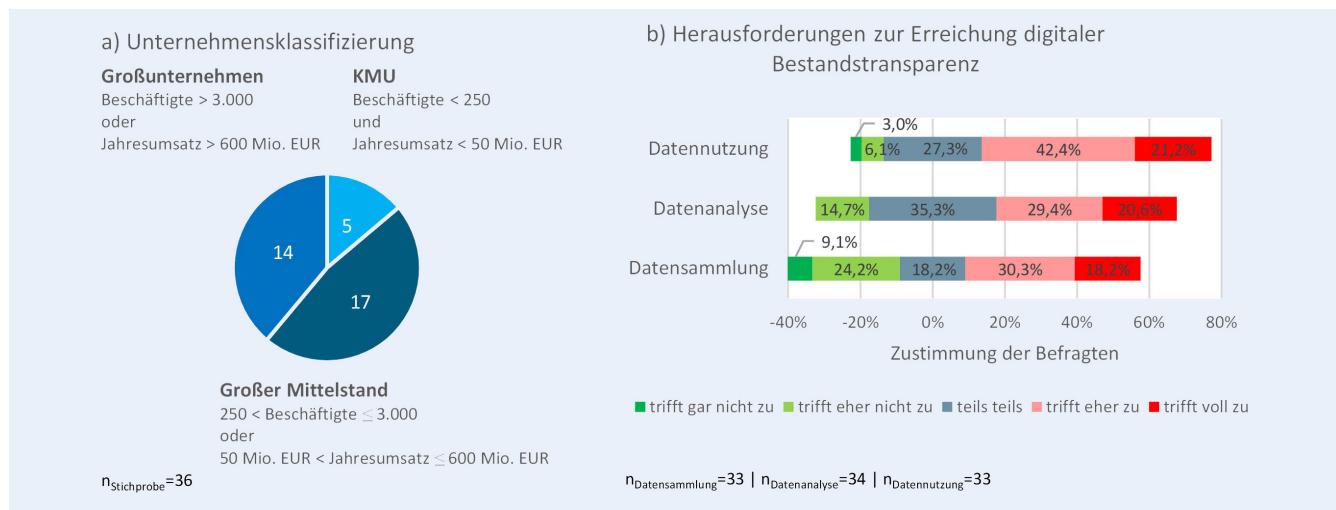


Bild 3. Rückläufer nach Unternehmensklassen und Herausforderungen zur Erreichung digitaler Bestandstransparenz. *Grafik: Fraunhofer IPA*

untersucht. Hierfür wurde im Detail die Unterscheidung und Erfassung der Bestandszustände sowie die visuelle Darstellung von Beständen aufgenommen.

3.1 Rahmenbedingungen der Studie

Ziel der quantitativen Studie war die Identifizierung des Umsetzungsgrades und der Herausforderungen digitaler Transparenz im Bereich Lager- und Produktionsbestände in der Stückgutindustrie der DACH-Region. Im Rahmen der Studie wurden 1820 Fachleute zur Teilnahme an einer Online-Umfrage eingeladen. Zur Steigerung der Reichweite wurde die Umfrage zudem über Social Media verbreitet. Die Umfrage wurde im Zeitraum vom 06. November 2023 bis zum 17. November 2023 durchgeführt.

3.2 Studienergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der quantitativen Studie vorgestellt, beginnend mit den eingegangenen Rückläufern und ihrer strukturellen Einordnung nach Unternehmensklasse, weiterführend mit allgemeinen Aussagen zu digitaler Bestandstransparenz und der Identifikation von Vorreitern und abschließend mit der einzelnen Betrachtung der Fertigungssteuerungsphasen Datensammlung, -analyse und -nutzung.

Beschreibung der Rückläufer und allgemeine Aussagen zu digitaler Bestandstransparenz: Insgesamt haben 36 Teilnehmende den Fragebogen vollständig und, entsprechend den Anforderungen der durchgeführten Datenbereinigung, in zulässiger Qualität abgeschlossen. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 1,98 %.

Mit über 40 % stammt der Hauptteil der Stichprobe aus dem Maschinen- und Anlagenbau. Ansonsten ist eine Vielzahl an Branchen in kleineren Anteilen (<15 %) vertreten, unter anderem Metallerzeugung und -bearbeitung, Life Sciences und Automotive. In **Bild 3 a** sind die Rückläufer nach Unternehmensklassen strukturiert. Der große Mittelstand sowie Großunternehmen sind stark vertreten, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bilden die Minderheit.

Als einheitliches Ergebnis über alle Unternehmensklassen hinweg wird Transparenz sowohl über Lager- als auch über Produktionsbestände als wichtig angesehen. Jedoch sind lediglich 40 % der Unternehmen aus der Stichprobe mit der Genauigkeit und

42 % mit der Aktualität, das heißt der Rückmeldefrequenz, ihrer bestehenden Bestandstransparenz zufrieden.

Bild 3 b zeigt deutlich, dass der Großteil der Unternehmen in der Datensammlung, -analyse und -nutzung Herausforderungen zur Erreichung digitaler Bestandstransparenz sehen oder damit konfrontiert sind. Dabei stellt die Datennutzung das größte Problemfeld dar. Die Ergebnisse gelten für alle Unternehmensklassen; eine differenzierte Auswertung zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Bestehende Probleme der Unternehmen bei der Erreichung von Bestandstransparenz liegen im Bereich der Datensammlung insbesondere in der Bestandserfassung, der manuellen Rückmeldung sowie in fehlerhaften oder verzögerten Buchungen. Die Datenanalyse wird durch unzureichende Systemunterstützung und -performance erschwert. Zu den Problemfeldern von Systemen zählen weiterhin die Abbildung und Abrufbarkeit von Produktionsbeständen. Hinsichtlich der Datennutzung stellen die Maßnahmenableitung sowie das Konfliktpotenzial auf Grund kognitiver Dissonanz Herausforderungen dar. Im Umgang mit Daten bereiten schlechte Qualität, mangelnde Aktualität und die Unvollständigkeit der Daten Probleme.

Identifikation von Vorreitern: Aus der Stichprobe von 36 Unternehmen sollten Vorreiterunternehmen anhand definierter Kriterien identifiziert werden. Dazu zählte eine klare Unterscheidung der Zustände der Lager- und Produktionsbestände im System. Weiterhin sollten Vorreiterunternehmen im Vergleich zur Stichprobe eine Systemunterstützung bei Abweichungs-, Ursachen- und Kennzahlenanalysen vorweisen, die über dem Durchschnitt liegt. Außerdem sollten sie auch über eine überdurchschnittliche Bestandsinformationsqualität im Rahmen der Fertigungssteuerung verfügen.

Die Antworten der Vorreiterunternehmen wurden in der Aufbereitung der nachfolgenden Ergebnisgrafiken hervorgehoben, um die Unterschiede zur gesamten Stichprobe aufzuzeigen und damit Verbesserungspotenziale abzuleiten. Im Folgenden werden die 36 Unternehmen als Stichprobengesamtheit bezeichnet und die fünf Vorreiterunternehmen als Vorreiter. Die Vorreiter stammen aus den Branchen Maschinen- und Anlagenbau, Metallerzeugung und -bearbeitung, Automotive und Ernährung. Weiterhin können sie den Klassen großer Mittelstand und Großunterneh-

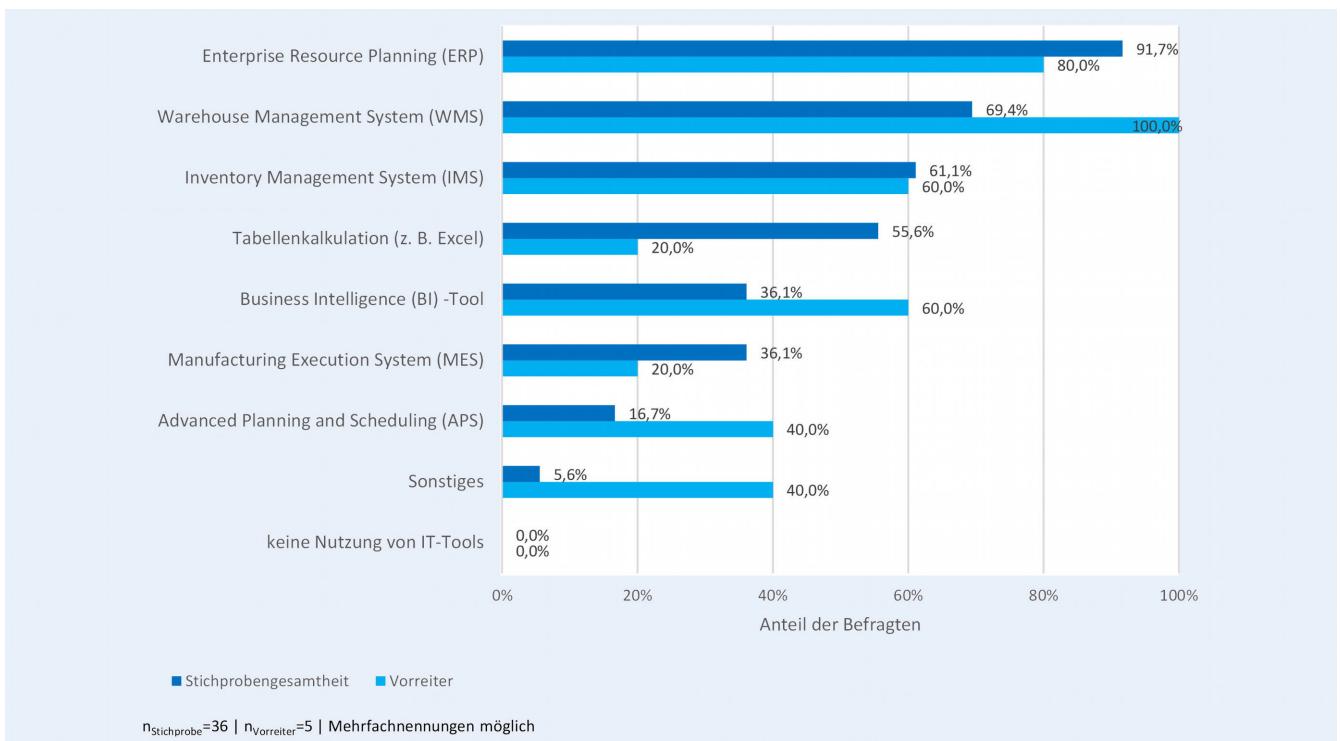


Bild 4. Tooleinsatz zur Transparenzgewinnung über Bestände. *Grafik: Fraunhofer IPA*

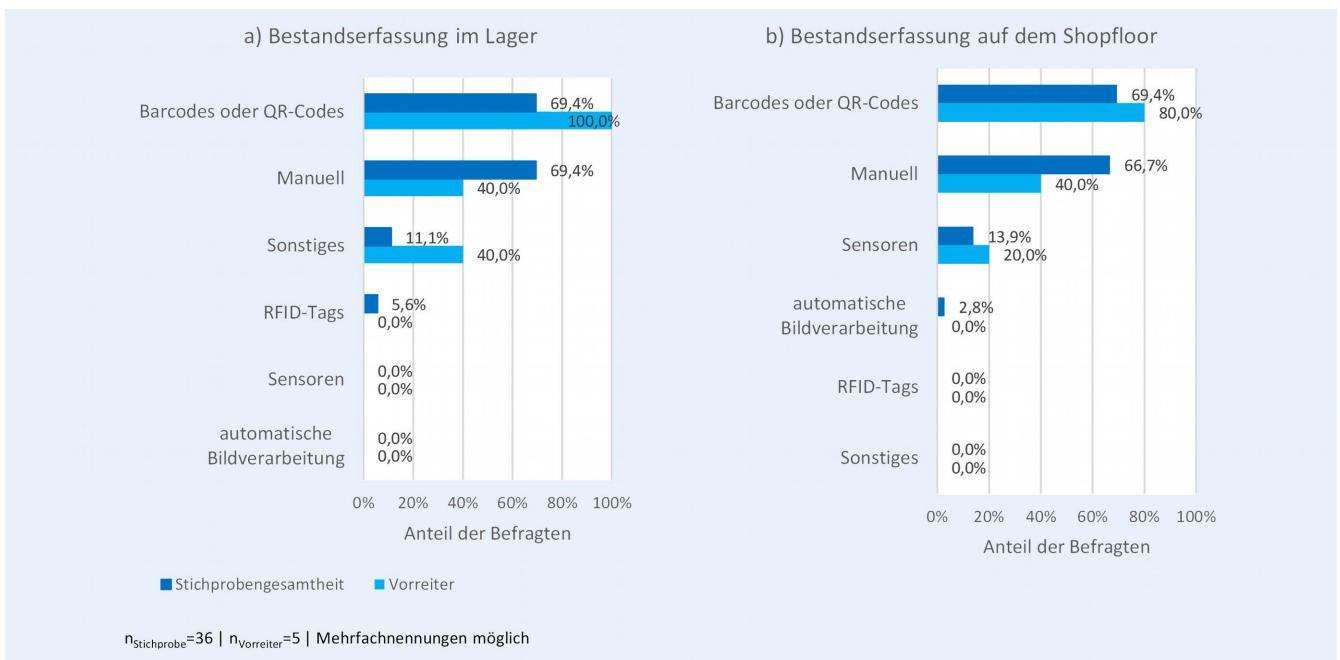


Bild 5. Bestandserfassungsarten im Lager und auf dem Shopfloor. *Grafik: Fraunhofer IPA*

men zugeordnet werden. Kein KMU wurde als Vorreiter identifiziert.

Status Quo Datensammlung: **Bild 4** zeigt den Tooleinsatz der Unternehmen zur Transparenzgewinnung über ihre Bestände. Alle Unternehmen der Stichprobe nutzen IT-Tools für die digitale Bestandstransparenz, die Mehrheit Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme und Warehouse Management Systeme (WMS). In der Stichprobengesamtheit sind Tabellenkalkulationstools noch stark vertreten, Vorreiter nutzen hingegen verstärkt Business

Intelligence (BI) sowie Advanced Planning und Scheduling (APS) Tools.

In **Bild 5** sind die Arten der Bestandserfassung abgebildet, in Bild 5 a für Lagerbestände und Bild 5 b für Produktionsbestände. Die Bestandserfassung erfolgt sowohl im Lager als auch auf dem Shopfloor größtenteils manuell oder über Barcodes und QR-Codes. Vorreiter nutzen weniger manuelle Erfassung als die Stichprobengesamtheit und setzen vermehrt auf Barcodes. Sonstige Nennungen durch Vorreiter sind Pick-by-Voice und automati-

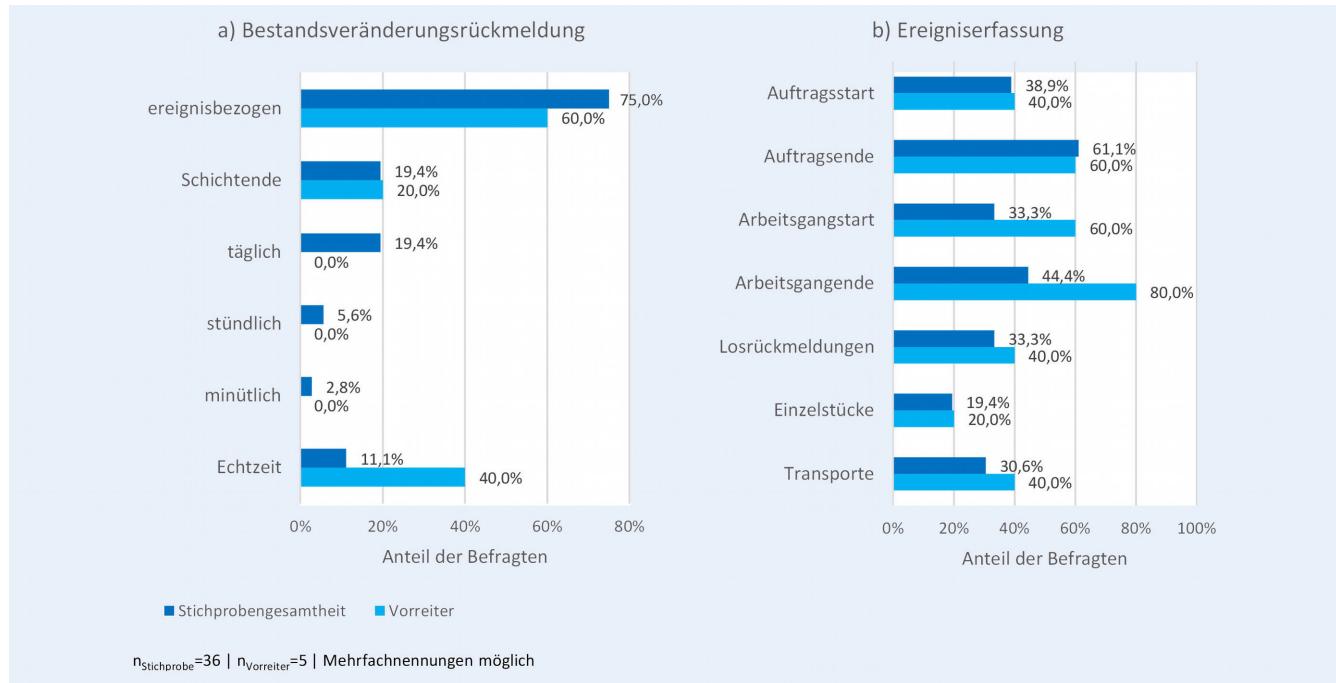


Bild 6. Zyklische und ereignisbezogene Rückmeldungen. Grafik: Fraunhofer IPA

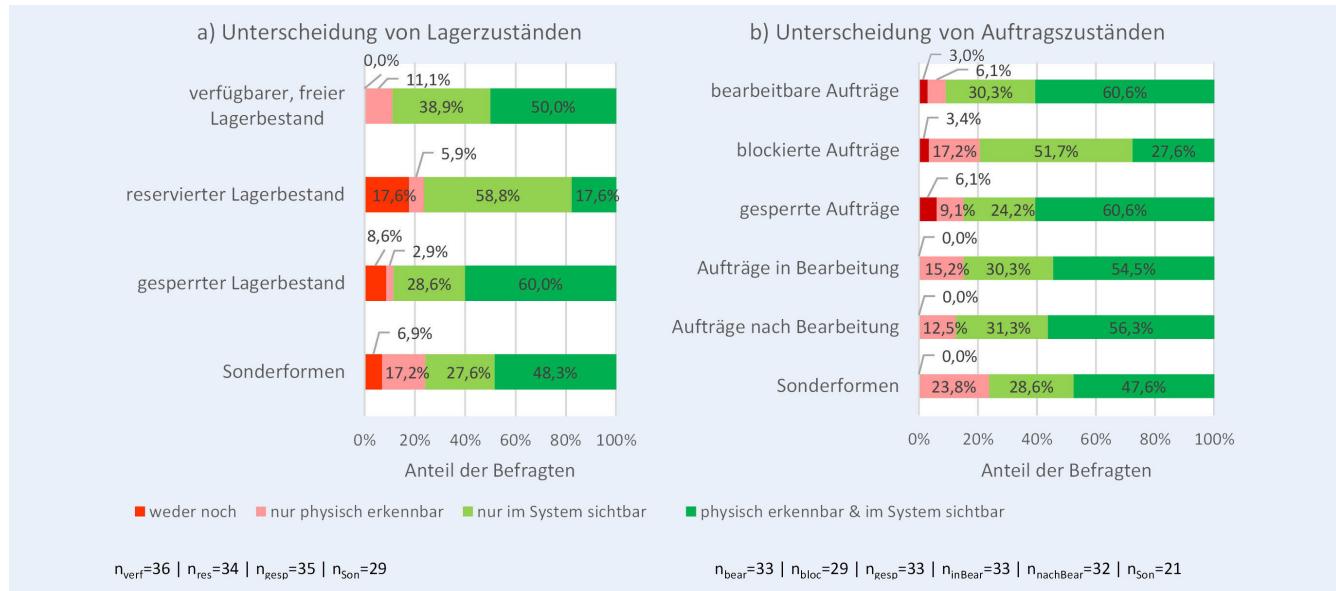


Bild 7. Erfasste Lager- und Produktionszustände. Grafik: Fraunhofer IPA

sierte Verbrauchsbuchungen im Lager und Sensoren auf dem Shopfloor.

In **Bild 6** sind die Auslösearten für Bestandsveränderungsrückmeldungen auf dem Shopfloor abgebildet, in Bild 6 a ereignisbezogene oder zyklische Auslösung und in Bild 6 b die dafür möglichen Ereignistypen. Rückmeldungen erfolgen in der Stichprobengesamtheit größtenteils ereignisbezogen, bei zyklischen Rückmeldungen vermehrt nur mit niedriger Frequenz. Vorreiter melden häufiger in Echtzeit. Hinsichtlich der Ereignistypen liegt lediglich in der Arbeitsgangerfassung ein signifikanter Unterschied zwischen Stichprobengesamtheit und Vorreitern vor; Vorreiter erfassen Arbeitsgänge häufiger.

Status Quo Datenanalyse: Ob und welche Bestandszustände von Unternehmen bereits erfasst werden, ist in **Bild 7** dargestellt. Bild 7 a zeigt die Zustände von Lagerbestand (Lagerzustände aus Artikelsicht) und Bild 7 b die Zustände von Produktionsbestand (Auftragszustände in Auftragssicht), da die Produktionsbestände auf dem Shopfloor in Form von Aufträgen erfasst werden, vgl. Artikel- und Auftragssicht in [3]. Die Mehrheit der Unternehmen unterscheidet bereits systematisch zwischen verschiedenen Bestandszuständen in Lager und Produktion und kann diese im System einsehen. Lediglich ein sehr geringer Anteil betrachtet einzelne Zustände gar nicht. Vorreiter unterscheiden alle Lager- und Auftragszustände im System.

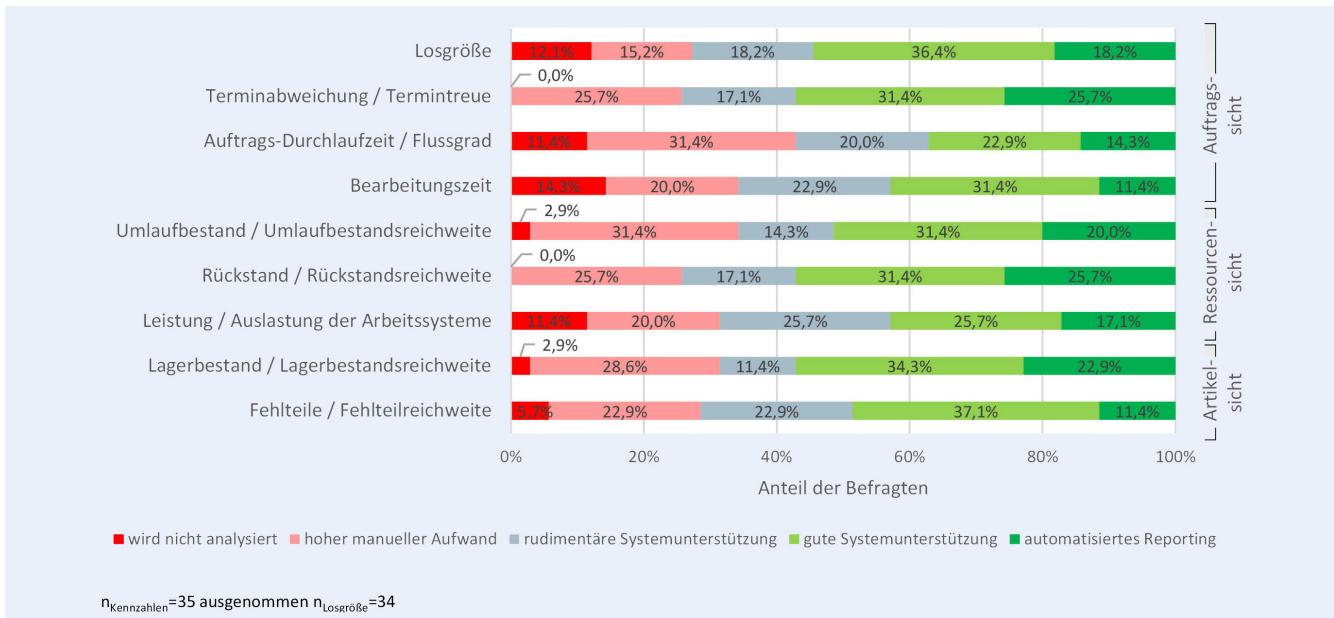


Bild 8. Systemunterstützung bei Kennzahlenanalysen. *Grafik: Fraunhofer IPA*

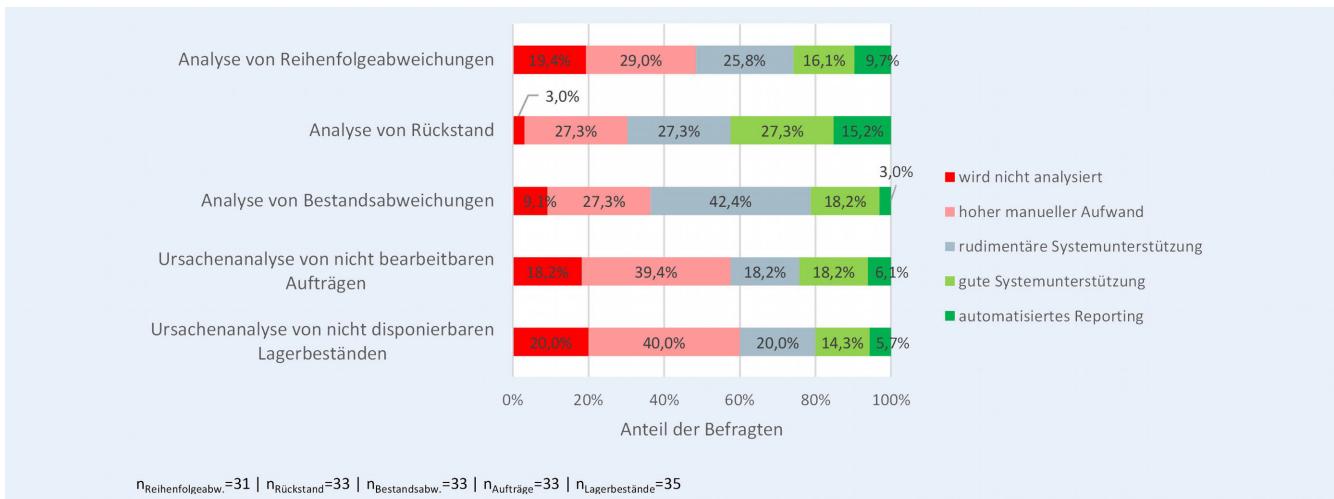


Bild 9. Systemunterstützung bei Abweichungs- und Ursachenanalysen. *Grafik Fraunhofer IPA*

Bild 8 und **Bild 9** zeigen, ob und in welchem Umfang Systeme bei der Datenanalyse unterstützen, in Bild 8 bei der Kennzahlenanalyse und in Bild 9 bei der Abweichungs- und Ursachenanalyse. Die Kennzahlenanalyse ist in einigen Unternehmen nur mit manuellem Aufwand möglich. Lediglich bei etwa der Hälfte der Unternehmen liegt eine gute oder automatisierte Systemunterstützung vor. Bei der Abweichungs- und Ursachenanalyse ist die Systemunterstützung größtenteils mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden oder lediglich rudimentär vorhanden. In einer differenzierten Auswertung nach Unternehmensklassen zeigte sich, dass besonders KMU häufig gar nicht analysieren. Vorreiter weisen eine überdurchschnittliche Systemunterstützung sowohl bei der Kennzahlen- als auch der Abweichungs- und Ursachenanalyse auf.

Status Quo Datennutzung: In **Bild 10** wird die aktuelle Nutzung von Bestandsinformationen dargestellt, in Bild 10a für die Fertigungssteuerung und in Bild 10b kategorisiert nach Bestandsfunktionen in Anlehnung an [10]. Bestandsinformationen

sind für den Großteil der Unternehmen im System verfügbar, weniger jedoch auf dem Shopfloor beispielsweise anhand von Dashboards. Die automatische Ableitung von Maßnahmen ist aktuell noch am wenigsten vertreten. Bestandsinformationen werden sowohl von der Stichprobengesamtheit als auch den Vorreitern v.a. als Zielgröße und logistische Regelgröße verwendet. Die Mehrheit der Vorreiter nutzt Bestandsinformationen zudem im KVP.

Visualisierung: Bestandsinformationen werden von der Mehrheit (69 %) der Unternehmen in visualisierter Form genutzt. Unternehmen ohne Visualisierung sind eher nicht zufrieden (50 %) oder gar nicht zufrieden (40 %). Unternehmen mit Visualisierung sind zufriedener, jedoch besteht noch Verbesserungspotenzial bei der Visualisierung selbst (48 % teils zufrieden, 28 % eher nicht zufrieden).

Bild 11 zeigt die aktuelle und zukünftig gewünschte Nutzung von Visualisierung der Bestandsdaten. Alle Vorreiter verwenden Visualisierungsformen und legen, wie in Bild 11a dargestellt,

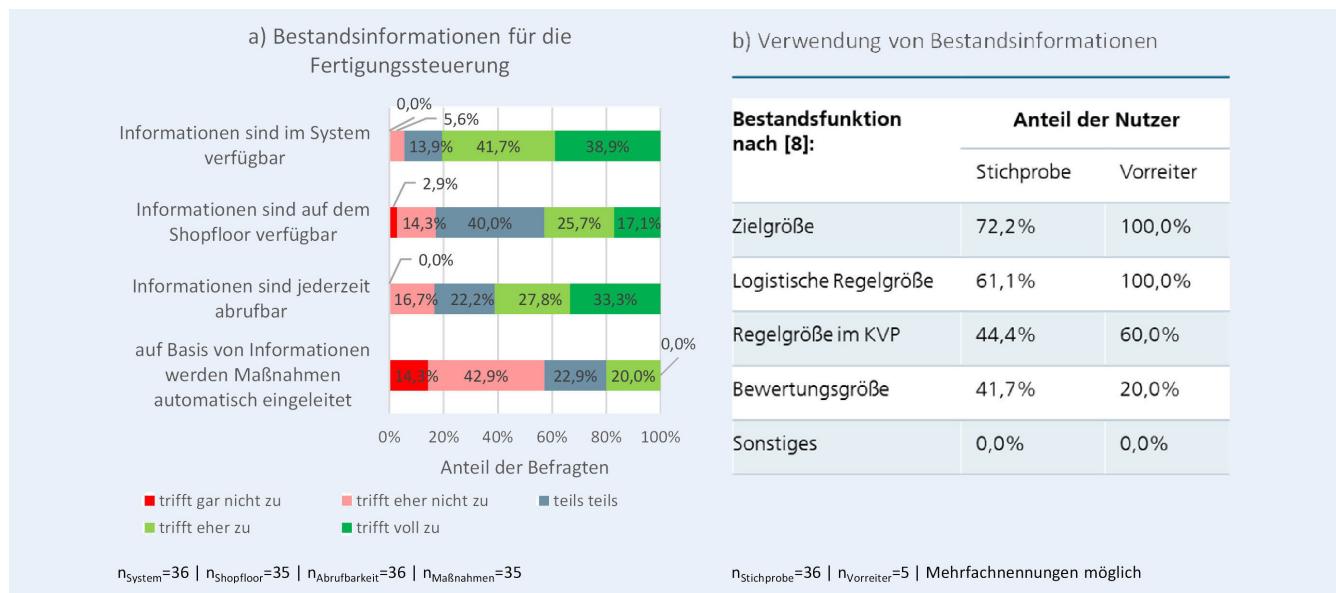


Bild 10. Nutzung von Bestandsinformationen in der Fertigungssteuerung. *Grafik: Fraunhofer IPA*

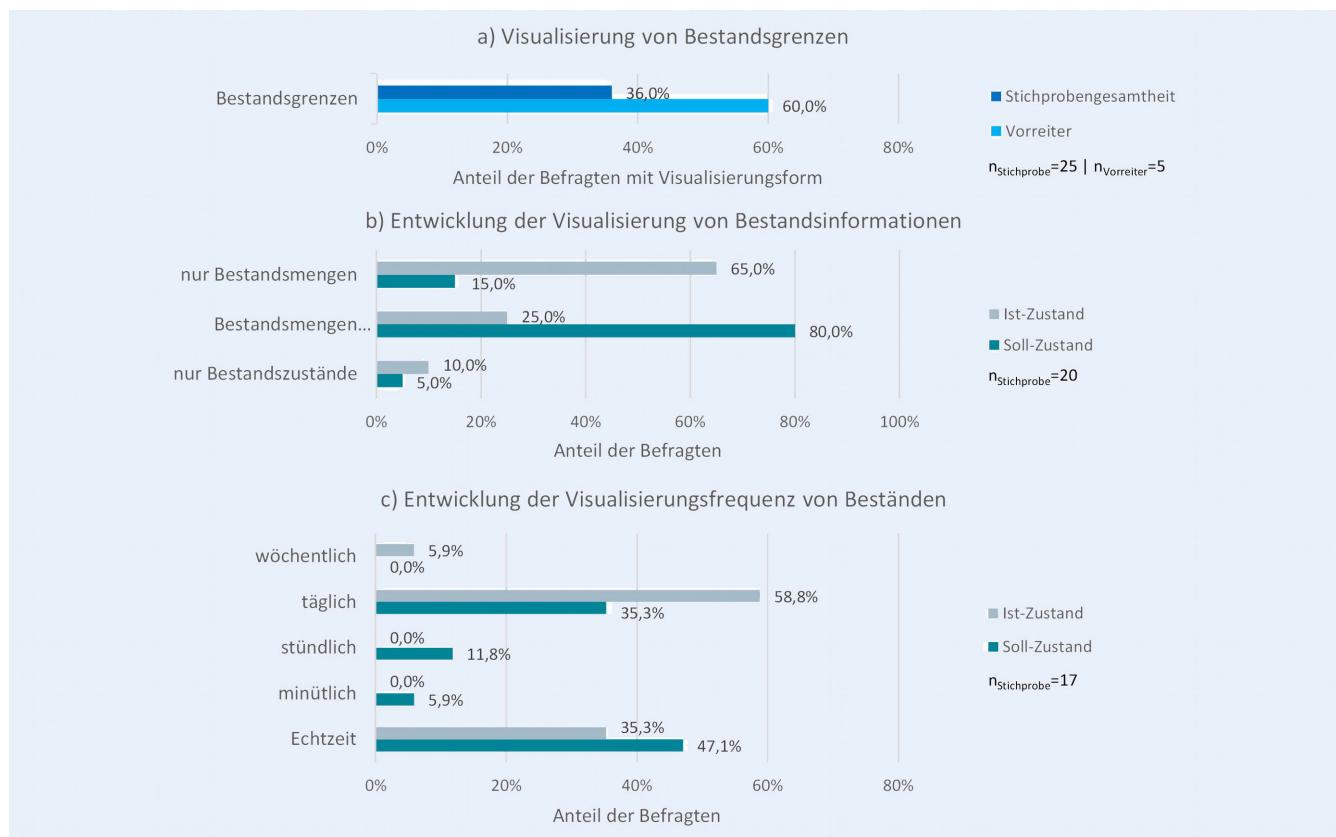


Bild 11. Ist- und Soll-Zustände von Bestandsvisualisierungen. *Grafik: Fraunhofer IPA*

mehr Wert auf die Visualisierung von Bestandsgrenzen als die Stichprobengesamtheit. In Bild 11b und Bild 11c wird der Ist-Zustand aktuell genutzter Visualisierungen dem gewünschten Soll-Zustand, das heißt den Anforderungen an zukünftige Bestandsvisualisierungen, gegenübergestellt. Aktuell werden größtenteils Bestandsmengen mit täglicher Aktualisierung visualisiert. Unternehmen wünschen sich zukünftig zusätzlich die Visualisie-

lung von Bestandszuständen. Fast jedes zweite Unternehmen wünscht sich zudem eine Aktualisierung der Visualisierung in Echtzeit.

Die Studie zeigt Defizite in der aktuellen Bestandstransparenz der Stichprobengesamtheit auf. Es sind klare Unterschiede zwischen der Stichprobengesamtheit und den Vorreitern zu erkennen. Diese Unterschiede können mögliche Verbesserungspoten-

| x % Vorreiter x % Stichprobengesamtheit | | | |  |
|--|--|---|--|---|
| Studienergebnisse | | | | |
| → Abgeleitete Handlungsempfehlungen Hx | | | | |
| Datensammlung | | | | |
| 20 % 56 % nutzen Tabellenkalkulation → H1: Mehr BI und APS zur Transparenzgewinnung nutzen, weniger Tabellenkalkulation | 60 % 36 % nutzen BI-Tools | 40 % 17 % nutzen APS |  | 100 % 69 % nutzen WMS für die Lagerverwaltung |
| 40 % 69 % erfassen Bestände im Lager manuell | 100 % 69 % erfassen Bestände im Lager automatisiert | 40 % 68 % erfassen Bestände auf dem Shopfloor manuell | | 100 % 69 % erfassen Bestände auf dem Shopfloor automatisiert |
| → H3: Bestandserfassung im Lager und auf dem Shopfloor weniger manuell, mehr automatisiert | | | | |
| 60 % 75 % melden Bestandsveränderungen ereignisbezogen → H4: Bestandsveränderungen auf dem Shopfloor ereignisbezogen und in Echtzeit rückmelden | 40 % 11 % melden Bestandsveränderungen in Echtzeit | 60 % 33 % melden Bestandsveränderungen bei Arbeitsgangstart → H5: Bestandsveränderungen bei einzelnen Arbeitsgängen eines Auftrags rückmelden | | 80 % 44 % melden Bestandsveränderungen bei Arbeitsgangende |
| 100 % 50 % unterscheiden Lagerzustände → H6: Lager- und Auftragszustände im System unterscheiden | 100 % 36 % unterscheiden Auftragszustände | 0 bis 20 % 30 bis 60 % analysieren Abweichungen oder Ursachen nicht oder nur mit hohem manuellen Aufwand → H7: Systemunterstützung bei der Datenanalyse verbessern |  | 0 % 26 bis 40 % analysieren Logistikkennzahlen nicht oder nur mit hohem manuellen Aufwand |
| Datenanalyse | | | | |
| 100 % 72 % nutzen den Bestand als Zielgröße | 100 % 61 % nutzen den Bestand als logistische Regelgröße → H8: Bestand in der Fertigungssteuerung als Ziel- und logistische Regelgröße nutzen |  | 100 % 71 % nutzen eine Visualisierungsform → H9: Bestandsgrenzen, -mengen und -zustände visualisieren | 80 % 80 % wollen künftig Bestandsmengen und -zustände visualisieren |
| Datennutzung | | | | |
|  |  |  |  |  |

Bild 12. Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Bestandstransparenz. Grafik: Fraunhofer IPA

ziale hinsichtlich digitaler Bestandstransparenz darstellen. Daher werden diese im nächsten Kapitel zur Ableitung von Handlungsempfehlungen herangezogen.

4 Handlungsempfehlungen zur praxisorientierten Verbesserung

In diesem Kapitel werden die Handlungsempfehlungen für produzierende Unternehmen vorgestellt. Auf Basis der Antworten der Vorreiter und dem Vergleich mit der Stichprobengesamtheit wurden neun Handlungsempfehlungen abgeleitet und in **Bild 12** zusammenfassend dargestellt.

Für die Phase Datensammlung lassen sich Handlungsempfehlungen zu den dort eingesetzten Werkzeugen ableiten. Analog zu den Vorreitern sollten produzierende Unternehmen zur Transparenzgewinnung verstärkt auf Lösungen im Bereich BI sowie APS setzen und den Einsatz von Tabellenkalkulationstools (zum Beispiel Excel) reduzieren (H1). Zudem setzen die Vorreiter ausnahmslos auf WMS für die Lagerverwaltung, sodass hier ein deutlicher Hebel für die Verbesserung der Bestandstransparenz identifiziert wurde. Produzierende Unternehmen sollten folglich WMS zur Abbildung und Verwaltung von Lagerbeständen einsetzen (H2).

Im Vergleich zur Stichprobengesamtheit erfolgt die Datenerfassung im Lager und auf dem Shopfloor bei den Vorreitern

wesentlich häufiger durch automatische Erfassung beziehungsweise Verbuchung von Beständen, während der Anteil manueller Erfassungen deutlich geringer ist. Demnach gilt es für produzierende Unternehmen die automatische Erfassung von Beständen zunehmend zu integrieren (H3).

Zudem sollte die Erfassung von Beständen stärker in Echtzeit erfolgen anstelle der vorherrschenden ereignisbezogenen Meldung (H4). Insbesondere die Granularität der Rückmeldungen ist bei den Vorreitern deutlich höher. Als Rückmeldestandard sollte daher die Erfassung einzelner Arbeitsgänge durch Start- und Endmeldepunkte eingeführt werden (H5).

Im Rahmen der Phase Datenanalyse sind bei allen Vorreitern die Unterscheidung der unterschiedlichen Bestandszustände im System sowie die systemseitig unterstützte Analyse relevanter logistischer Kennzahlen inklusive Abweichungen und Ursachen umgesetzt. Entsprechend sollten produzierende Unternehmen eine klare Unterscheidung von Bestandszuständen etablieren (H6) und eine einfache, systemgestützte Analyse fördern (H7).

In der letzten Phase Datennutzung werden Bestandsinformationen von allen Vorreitern ausnahmslos als Zielgröße sowie logistische Regelgröße verwendet. Daher sollten produzierenden Unternehmen dies als Best Practice übernehmen (H8). Ebenfalls sollten Bestandsgrenzen, -mengen und -zuständen verstärkt visualisiert werden (H9). Visualisierung macht relevante Be-

standsinformationen sichtbar und intuitiv verständlich, sie schafft dadurch Transparenz, was sich bei den Vorreitern durch eine deutlich höhere Zufriedenheit ausdrückt.

Die Handlungsempfehlungen können produzierenden Unternehmen als Denkanstoß und universelle Best Practices dienen, um ihre Bestandstransparenz schrittweise in den Phasen Datensammlung, -analyse und -nutzung zu verbessern. Eine Anpassung an unternehmensspezifische Anforderungen ist zu beachten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der Fertigungspraxis sind Steuerungsprobleme und unentdeckte Optimierungspotenziale aufgrund mangelnder Bestandstransparenz typisch. Die sich daraus ergebende zentrale Frage, wie Unternehmen ihre digitale Transparenz über Lager- und Produktionsbestände für die Fertigungssteuerung und -optimierung verbessern können, wird in diesem Beitrag umfassend behandelt.

Erstens wird mittels des Bestandsmodells ein theoretisches Grundgerüst bereitgestellt, welches die relevanten Aspekte bei der Betrachtung von Beständen aufzeigt. Darüber hinaus wird anhand der Studienergebnisse deutlich, dass in den produzierenden Unternehmen der Stichprobengesamtheit klare Defizite in der Bestandstransparenz herrschen und an welchen Stellen Verbesserungsbedarfe liegen. Die auf Basis der Stichprobengesamtheit erlangten Ergebnisse können als sich abzeichnende Tendenz für die Grundgesamtheit der Stückgutindustrie der DACH-Region betrachtet werden. Abschließend werden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Bestandstransparenz zur Verfügung gestellt, welche auf bewährten Methoden von identifizierten Vorreitern beruhen und damit praxisorientiert sind.

Weiterführende praxisorientierte Forschungsarbeiten fokussieren sich auf die Entwicklung einer nutzbaren Visualisierung des Bestandsmodells. Diese soll in Form eines digitalen Shopfloor Boards Echtzeit-Bestandstransparenz für die Fertigungssteuerung und -optimierung ermöglichen.

L iteratur

- [1] Kluth, A.; Kübler, P.: Transparenzmessung in der Produktionslogistik. *wt Werkstatttechnik online* 108 (2018) 03, S. 143–147
- [2] Ungern-Sternberg, R.: Analyse der Dispositionskomplexität in der wertstromorientierten Variantenfertigung. Dissertation, Universität Stuttgart, 2023
- [3] Wiendahl, H.-H.: Auftragsmanagement der industriellen Produktion. Grundlagen, Konfiguration, Einführung. Berlin: Springer 2011
- [4] Bach, T.; Schuh, G.; Reschke, J.: Produktionsplanung und -steuerung im Kontext von Industrie 4.0. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 114 (2019) 12, S. 815–818
- [5] Wiendahl, H.-H.: Situative Konfiguration des Auftragsmanagements im turbulenten Umfeld. Dissertation, Universität Stuttgart, 2002
- [6] Häggi, R.; Fimpel, A.; Siegenthaler, R.: LEAN Production - einfach und umfassend. Ein praxisorientierter Leitfaden zu schlanken Prozessen mit Bildern erklärt. Berlin: Springer 2021
- [7] Erlach, K.: Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik. Berlin: Springer Vieweg 2020
- [8] Ohno, T.: Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt/New York: Campus-Verlag 1993
- [9] Gudehus, T.: Logistik. Grundlagen - Strategien - Anwendungen. Heidelberg: Springer 2010
- [10] Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg 2016
- [11] Schönsleben, P.: Handbuch Integrales Logistikmanagement. Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. Berlin: Springer 2024
- [12] Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien. Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Berlin: Springer Vieweg 2012
- [13] Wiendahl, H.-P.; Wiendahl, H.-H.: Betriebsorganisation für Ingenieure. München: Hanser 2019
- [14] Verein Deutscher Ingenieure: VDI 3601. Warehouse-Management-Systeme. Berlin: Beuth Verlag 2015
- [15] Baltes, O.; Daniel, M.; Rosenhauer, J. et al.: Materialwirtschaft mit SAP S/4HANA. Das Praxishandbuch. Bonn: Rheinwerk Verlag 2022
- [16] Käber, A.: Warehouse Management mit SAP. Effektive Lagerverwaltung mit WM. Bonn: Rheinwerk Verlag 2021
- [17] Licha, I.: Bestandsführung und Kontenfindung mit SAP ERP (MM). Gleichen: Espresso Tutorials GmbH 2022
- [18] Schuh, G.; Stich, V.: Produktionsplanung und -steuerung 1. Grundlagen der PPS. Berlin: Springer 2012
- [19] Wehking, K.-H.: Technisches Handbuch Logistik 2. Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik. Berlin: Springer 2020
- [20] Kletti, J.; Rieger, J.: Die Perfekte Produktion. Manufacturing Excellence in der Smart Factory. Wiesbaden: Springer Vieweg 2023
- [21] Bauernhansl, T.; Krüger, J.; Reinhart, G. et al.: WGP-Standpunkt Industrie 4.0. Darmstadt 2016
- [22] Ungern-Sternberg, R.; Merz, C. K.: Design Guidelines For Digital Kanban Systems With High Service Level. *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics* (2023) 2, S. 824–836



Leon Klinger, M.Sc.

Foto: Fraunhofer IPA

Morgane Favier, M.Eng.

Christopher Leipoldt, M.Sc.

christoph.leipoldt@ipa.fraunhofer.de

Tel. +49 173 620 3776

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de

LIZENZ



Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)