

Value Stream Modelling and Notation – Digitale Transformation von Wertströmen

Abstract. Die digitale Transformation lässt Unternehmen durch den Einsatz digitaler Technologien existierende Arbeitsabläufe verbessern, neue Wertströme erschließen und effiziente Wertschöpfung sicherstellen. Etablierte Methoden und Modellierungssprachen zur Analyse und Gestaltung wertschöpfender Prozesse stoßen an ihre Grenzen. Zeitliche Abhängigkeiten zwischen Informations- und Materialflüssen können mit vorhandenen Notationen nicht dargestellt werden. Deshalb entwickelt der vorliegende Beitrag eine domänen-spezifische Modellierungssprache auf Basis der Notation der Wertstrommethode, erweitert um Elemente der Business Process Management and Notation 2.0. Die resultierende Value Stream Modelling and Notation ermöglicht die Analyse und Gestaltung schlanker, digital-unterstützter Materialflüsse und den dafür notwendigen Informationsflüssen.

Keywords: Wertstrom, Informationsfluss, Materialfluss, Modellierungssprache, Digitale Transformation, Value Stream Modelling and Notation

1 Einleitung

Die digitale Transformation stellt sowohl die Wissenschaft als auch Unternehmen vor große Herausforderungen [1]. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit digitaler Technologien und der angestrebten Vision vollständig vernetzter und virtualisierter Entitäten in Unternehmen und Einrichtungen ergeben sich viele neue Entwicklungen und Potentiale. Durch digitale Vernetzung neu geschaffene Informationsflüsse und daraus resultierender höherer Informationsverfügbarkeit können benötigte Informationen zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort bereitgestellt werden. Diese Vernetzung ermöglicht es, Produktions- und Logistikprozesse effizienter und flexibler zu steuern [2, 3].

Zur Analyse und Gestaltung von Wertströmen wird bis heute auf die Wertstrommethode (WSM) [4] zurückgegriffen. Die Methode aus dem pre-digitalen Zeitalter nutzt dabei eine Notation zur Ist-Analyse, sowie zur Gestaltung des Soll-Wertstroms (Design). Diese Notation ermöglicht jedoch keine Darstellung der Informationsflüsse in einem für die Analyse und Gestaltung notwendigen Detaillierungsgrad. So kann z.B. keine Informationsverfügbarkeit betrachtet werden, welche einen direkten Einfluss auf den Wertstrom selbst hat. Insbesondere die Verschwendung von Zeit auf Grund fehlender Informationen lässt sich im Zuge der Analyse nicht erkennen. Des Weiteren ist eine zielgerichtete Gestaltung der Informationsverfügbarkeit zur Reduzierung der Durchlaufzeit (DLZ) nicht möglich.

Die Wirtschaftsinformatik (WI) hält zur Modellierung von zeitabhängigen Zusammenhängen unterschiedliche Modellierungsansätze bereit. Formale Ansätze, wie etwa Petri-Netze, [5] ermöglichen die Modellierung von Prozessen und Zeitzusammenhängen, sind aber auf Grund ihrer Komplexität für die Prozessaufnahme ungeeignet [6]. Besser geeignet sind visuelle Ansätze, wie die Unified Modelling Language (UML). UML enthält beispielsweise Interaktionsdiagramme wie Zeitdiagramme, um Zustandsänderungen oder andere Zustände eines Strukturelements im Laufe der Zeit darzustellen [7]. Es existiert jedoch keine domänen-spezifische Modellierungssprache (DSMS) [8], welche im Kontext der Analyse und Gestaltung von Wertströmen die Betrachtung von Informationsflüssen unter Berücksichtigung der Zeit erlaubt.

Aus diesem Grund ist das Ziel dieses Beitrags die Entwicklung einer DSMS auf Basis der bestehenden Notation der WSM mit der Einbindung von Informationsflüssen und -verfügbarkeit vor der Dimension Zeit. Die resultierende Value Stream Modelling and Notation (VSMN) unterstützt sowohl Praktiker wie auch Forscher bei der Entwicklung schlanker, digital-unterstützter Produktions- und Logistikprozesse. Dabei handelt es sich insbesondere um Anwender aus der Logistik, Produktionsplanung und WI an der Schnittstelle zur IT. Analysen des Wertstroms (Ist-Analyse), die mit der VSMN durchgeführt werden, ermöglichen die Erkennung von Verschwendung durch fehlende Informationsflüsse oder verspätete Informationsverfügbarkeit. Designs des Wertstroms (Soll-Zustand), die mit der vorgestellten Sprache entwickelt werden, erleichtern die Kommunikation zwischen Modellbauern und Modellanwendern. Dabei kann die Darstellung des Wertstromdesigns als Input für die Entwicklung geeigneter IT-Systeme

genutzt werden. Ebenso ermöglicht eine Darstellung des Ist- und Soll-Zustandes die Erhebung von Handlungsempfehlungen und Ableitung einer Transformationsroadmap. Dazu orientiert sich dieser Beitrag an der Struktur nach Gregor und Hevner [9] und führt in Kapitel 2 in den theoretischen Hintergrund ein. Kapitel 3 beschreibt die Forschungsmethode. In Kapitel 4 werden die Design Objectives [10] und ein Metamodell vorgestellt. Aufbauend auf einer Demonstration und Vorstellung der VSMN in Kapitel 5, erfolgt die Evaluation der Modellierungssprache in Kapitel 6. Kapitel 7 schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse.

2 Theoretischer Hintergrund

Die Digitalisierung beschreibt die vielfältigen soziotechnischen Phänomene und Prozesse der Übernahme und Nutzung digitaler Technologien in breiteren, individuellen, organisatorischen und gesellschaftlichen Kontexten [11]. In Unternehmen führt dies zu einer digitalen Transformation im Sinne eines gesteuerten Wandels zur Einführung digitaler Technologien, um Geschäftsmodelle zu ändern, bestehende Arbeitsabläufe zu verbessern, neue Wertströme zu erschließen und eine Wertschöpfung zu gewährleisten [1]. Bis heute setzen Unternehmen in der Praxis zur Optimierung ihrer Materialflussprozesse inkl. der dazugehörigen Informationsflussprozesse auf die WSM. Diese Methode zur Analyse und Optimierung des Wertstroms wurde Anfang der 1990er Jahre im Rahmen des Toyota Produktionssystems und des daraus entstandenen Lean Managements mit dem Ziel entwickelt, eine ganzheitliche und transparente Visualisierung aller Prozesse zu gewährleisten [12]. Anhand einer Ausrichtung auf den Kundenbedarf wird eine Optimierung und effiziente Gestaltung von Prozessen durch die Reduktion von Verschwendung im Produktionsprozess erreicht [13]. Hierbei steht im Kern der Methode Verschwendung zu eliminieren und notwendige Verschwendung auf ein Minimum zu reduzieren. Generell werden sieben klassische Verschwendungsarten unterschieden, unter anderem Überproduktion und hohe Bestände von Produktionsgütern [4]. Durch die digitale Transformation und der zunehmenden Informationsvernetzung kommt eine achte Verschwendungsart durch ungeeignete Informationsprozesse und IT-Werkzeuge hinzu [14].

Um die Verschwendung zu visualisieren, steht im ersten Schritt der WSM die Wertstromanalyse, bei der die bestehenden Prozesse aufgenommen und bewertet werden. Ein wesentlicher Faktor für die Visualisierung von Verschwendung ist die Dimension Zeit. Mithilfe einer Zeitlinie (siehe Abbildung 1) unterhalb der Prozessdarstellung werden zwei Zeitbereiche unterschieden: Zunächst die Bearbeitungszeit, welche am Ende der Zeitlinie summiert wird und aus Bearbeitungszeiten im Materialfluss (t_{BMat}) und Informationsfluss (t_{BInf}) besteht. Alle Zeiten zwischen den Bearbeitungsschritten werden als Wartezeit [4] zusammengefasst und bestehen aus Liege- bzw. Transportzeiten im Materialfluss ($t_{T/LMat}$) und Ereignis- (t_E) und Übertragungszeiten zwischen und im Informationsfluss ($t_{EÜ} / t_{ÜB}$). Die Summe

der Bearbeitungs- und Wartezeit wird am Ende der Zeitlinie ausgewiesen (siehe auch Abbildung 3, Kapitel 5).

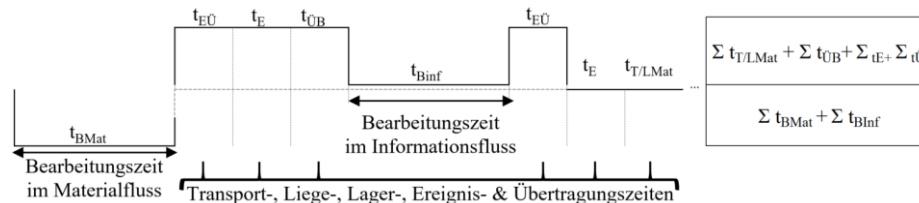


Abbildung 1: Darstellung der Zeitachse im Wertstrom in Anlehnung an [4]

Die Summe aller Zeiten entspricht der Zeitdauer, die ein Gut zum Durchlaufen aller Prozessschritte benötigt und wird als Durchlaufzeit bezeichnet. Die DLZ gilt als eine der wichtigsten Kennzahlen zur Optimierung und effizienten Gestaltung von Prozessen [13]. Kann die DLZ so verkürzt werden, dass sie der Summe aller Bearbeitungszeiten entspricht, so gilt die DLZ in der WSM als ideal, da im Gesamtprozess keine Verschwendung mehr enthalten ist [13].

Zur Beurteilung wird die DLZ mit der Summe der Bearbeitungszeiten der einzelnen Schritte ins Verhältnis gesetzt und ein Wertstromkoeffizient gebildet [13, 15].

Im zweiten Schritt der WSM erfolgt das Wertstromdesign, in dem der Soll-Zustand des betrachteten Prozesses erstellt wird. Im Anschluss werden Optimierungspotentiale im Rahmen einer Umsetzungsplanung erhoben, um den bestehenden Ist-Prozess der Wertstromanalyse an den Zustand des Soll-Prozesses des Wertstromdesigns anzunähern [14].

Der Vorteil der WSM ist ein unkomplizierter und praxisnaher Ansatz zur Optimierung von Prozessen. Die DLZ und die Unterscheidung zwischen wertschöpfender und nicht-wertschöpfender Zeit ermöglicht eine transparente Beurteilung aller Abläufe. Durch die Reduktion der DLZ unter Berücksichtigung verfügbarer Kapazitäten können Potentiale, wie eine steigende Flexibilität auf geänderte Kundenanforderungen, Reduktion von Kapitalbindung durch den Abbau von Beständen und die Reduktion von Verschwendung im Prozess gehoben werden [13].

Ein Nachteil der WSM ist die mangelnde Betrachtung und transparente Gestaltung des Informationsflusses. Die Notation der WSM stellt die Anwendungssysteme und zugehörigen Informationsflüssen ohne Abhängigkeit zu Materialfluss und der Dimension Zeit dar. Dies ist der wesentliche Nachteil, den die WSM im Hinblick auf die zunehmende digitale Vernetzung und Verfügbarkeit digitaler Technologien in Unternehmen aufweist.

Eine bewährte Modellierungssprache aus der WI ist die Business Process Modeling and Notation 2.0 (BPMN). Durch den Anspruch als gemeinsame Sprache der Betriebswirtschaft und IT, ist BPMN der de-facto Standard im Prozessmanagement [16].

BPMN ermöglicht die Visualisierung von Prozessen anhand eines Ablaufdiagramms, in dem Aktivitäten durch Verbindungspfeile (Sequence Flows) mit

Entscheidungspunkten (Gateways) verknüpft werden [7]. Zudem erlaubt BPMN die Abbildung von Informationsflüssen zwischen Prozessen (Messages), genutzten Daten und Quellsystemen (Data Stores) [7].

Jedoch existiert bis heute keine DSMS, welche sowohl die Analyse und Gestaltung von Material- als auch von Informationsflüssen unter Betrachtung der Dimension Zeit ermöglicht. Eine geeignete DSMS kann dabei auf der bestehenden Notation der WSM aufbauen und um Elemente der BPMN erweitert werden.

3 Forschungsmethode

Eine DSMS besteht aus drei wesentliche Komponenten: Abstrakte Syntax, konkrete Syntax und Semantik [17, 18]. Die abstrakte Syntax stellt eine Sprachsyntax dar, die in Form eines Metamodells den Aufbau und die Struktur der Modellierungssprache definiert [19] und Konzepte und Regeln der DSMS abgebildet [19]. Die konkrete Syntax der neuen DSMS basiert auf der Notation der WSM und wird um Notationselemente der BPMN erweitert. Die Semantik beschreibt, wie die Konstrukte und Beziehungen der abstrakten Syntax interpretiert werden können [20].

Die Entwicklung der VSMN basiert auf der Design Science Research Methodology (DSRM) [10]. Die resultierende DSMS stellt dementsprechend eine Design Theory [21] dar.

In der ersten DSRM Phase wird das Darstellungsproblem der Informations- und Materialflüsse unter Berücksichtigung der Zeit identifiziert. Die zweite Phase definiert die Design Objectives (DO), welche unter Beachtung der aktuellen Lösung von der Problemstellung abgeleitet und zudem im weiteren Verlauf von Experten aus der Wissenschaft bestätigt werden.

Da das Design und die Entwicklung der VSMN in der dritten Phase der DSRM nicht spezifiziert wird, erfolgt eine Orientierung an Franks Makroprozess [8] zur Entwicklung einer DSMS. Die abstrakte und konkrete Syntax der VSMN werden analog zu Stufe 4 und 5 in [8] und basierend auf der existierenden Notation der WSM [4] iterativ entwickelt und um Elemente der BPMN erweitert [7]. Dadurch stellen allgemein anerkannte und leicht verständliche Notationselemente die Grundlage der DSMS dar [8].

Die vierte Phase der DSRM demonstriert die VSMN anhand des Logistikprozesses „Wareneingang“, wobei die Potentiale für den Material- und Informationsfluss aufgezeigt werden. In der fünften Phase erfolgt die Evaluation der VSMN anhand der generischen Anforderungen (GA) nach Frank [8]: Vertrautheit, Unveränderlichkeit, Detaillierungs- und Abstraktionsmöglichkeit sowie die klare Zuordenbarkeit zu fachspezifischen Sprachkonzepten. Abschließend wird die VSMN im Rahmen der sechsten Phase mit diesem Beitrag kommuniziert.

4 Spezifizierung der Modellierungssprache

In diesem Kapitel werden die DO erarbeitet und anschließend die abstrakte Syntax der Value Stream Modelling and Notation präsentiert. Die konkrete Syntax der VSMN wird im Rahmen der Demonstration anhand eines Referenzprozesses in Kapitel 5 vorgestellt.

4.1 Design Objectives

Zur Gestaltung und Evaluation der Modellierungssprache werden im Folgenden die DO formuliert. Diese sind (im Gegensatz zur den GA nach Frank [8]) domänenspezifisch.

DO1: Die VSMN soll die Betrachtung des Informationsflusses unter Berücksichtigung der Zeit ermöglichen.

Weder die bestehende Notation im Rahmen der WSM, noch existierende Modellierungssprachen der WI sind geeignet, um Informationsflüsse in wertschöpfenden Prozessen in einem ausreichenden Detaillierungsgrad unter der Dimension Zeit zu betrachten. Jedoch ist im Rahmen der digitalen Transformation von Wertströmen eine DSMS notwendig, welche eine solche Betrachtung von Informationsflüssen und zeitlichen Abhängigkeiten ermöglicht, um Verschwendung zu erkennen und geeignete Informationsflüsse zu gestalten.

DO2: Die VSMN soll die Wertstromanalyse auf Zeitverschwendung bedingt durch fehlende Informationsverfügbarkeit oder -flüsse ermöglichen.

Fehlende Informationsverfügbarkeit und ungeeignete Informationsflüsse führen in bestehenden Prozessen zu offensichtlichen und nicht notwendigen Verschwendungen und mindern dadurch die Wertschöpfung. Vor diesem Hintergrund muss eine DSMS die Analyse der Verschwendungen auf Grund ausbleibender oder verspäteter Informationen ermöglichen. Dazu gehört auch isoliertes Datenhandling und fehlende Kommunikation zu erkennen. Zudem verlangsamen häufige Medienbrüche und Wechsel zwischen digitalen und analogen Medien den Informationsfluss. Dies führt zu Mehraufwand in den betroffenen Prozessschritten und kann Auswirkungen auf nachfolgende (wartende) Prozesse haben [14].

DO3: Die VSMN soll die Gestaltung des Wertstromdesigns unter Berücksichtigung geeigneter Informationsverfügbarkeit und -flüsse ermöglichen.

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von digitalen Technologien und der damit einhergehenden zunehmenden Vernetzung von Entitäten in und zwischen Unternehmen, lassen sich immer neue Informationsflüsse und eine höhere und schnellere Informationsverfügbarkeit ermöglichen. Dabei gilt es eine wahllose Informationsüberflutung zu verhindern und geeignete Informationsflüsse mit Blick auf den Wertstrom zu gestalten. Informationen zu einem falschen (späten) Zeitpunkt sind nicht nur wertlos, sondern verursachen ggf. an anderer Stelle unnötigen Aufwand und damit Verschwendung. Die Informationsbereitstellung ist demnach ein wichtiger Aspekt und erfordert die Gestaltung geeigneter Informationsflüssen unter Betrachtung der Dimension Zeit.

4.2 Abstrakte Syntax

Zur Darstellung der abstrakten Syntax wird ein semi-formales Metamodell [22] mithilfe der UML als de-facto Standard in der objekt-orientierten Modellierung [23] dargestellt. Um das Verständnis der abstrakten Syntax zu erleichtern, ist das Metamodell modular aufgebaut. Nach der Vorstellung des Kernmodells werden die Prozessobjekte und Flussobjekte als Teilkonzepte ausdetailliert. Zu diesem Zweck werden zur Spezifikation des Metamodells vereinfachte UML-Klassendiagramme verwendet [22]. Das **Kernmodell** besteht aus fünf zentralen Konstrukten: Wertstrom, Prozessschritt, Fluss, digitale Technologie und Zeitdauer (Abbildung 2). Der Wertstrom stellt das übergeordnete Konstrukt dar und besteht aus einer Aneinanderreihung von Prozessschritten und Flüssen, welche mit einer Quelle (Lieferant) beginnt und in einer Senke (Kunde) endet [4]. Ein Wertstrom besteht aus mindestens einem und bis zu beliebig vielen Prozessschritten, sowie mindestens zwei und beliebig vielen Flüssen. Ein Fluss verbindet immer genau zwei Prozessschritte. Auf einen Prozessschritt folgt immer mindestens ein Fluss. Zudem besitzt jeder Prozessschritt und jeder Fluss eine Zeitdauer (z.B. Bearbeitungszeit, Transportzeit, etc.). Die Durchlaufzeit des übergeordneten Wertstroms fasst die Zeitdauer der einzelnen Prozessschritte und Flüsse zusammen und misst die Zeit, welche ein Gut im Materialfluss von der Quelle zur Senke benötigt.

Darüber hinaus können sowohl in Prozessschritten als auch Flüssen digitale Technologien zum Einsatz gebracht werden. Dies können die klassischen SMAC-Technologien (sozial, mobil, analytisch, cloud), sowie neue technologische Trends wie Internet-of-Things-Devices, künstliche Intelligenz oder Wearables [1] sein.

Ein **Prozessschritt** ist eine abstrakte Superklasse, welche alle Prozesselemente enthält und der *FlowNode* Klasse in BPMN entspricht [24]. Jeder Prozessschritt kann durch einen oder mehrere Mitarbeiter ausgeführt werden und ist genau einem Bereich zugeordnet. Drei Ausprägungen beschreiben Prozessschritte: Prozesse und Aktivitäten (P/A), Gateways und Ereignisse.

Die zentralen Prozessschritte sind die P/A, wobei Prozesse generell aus verschiedenen Aktivitäten bestehen [7]. In der WSM wird ein Prozess von der Quelle bis zur Senke dargestellt. Somit können die einzelnen Prozessschritte als Aktivitäten analog der BPMN-Notation betrachtet werden. Je nach Granularität können einzelne Prozessaktivitäten wiederum als separater Prozess inkl. deren Aktivitäten betrachtet werden und ermöglichen somit unterschiedliche Abstraktions- und Detaillierungsgrade. Die Unterteilung von P/A erfolgt in materialorientiert und informationsorientiert. Während materialorientierte P/A physische Aufgaben abbilden und zum Materialfluss beitragen, bilden informationsorientierte Aktivitäten alle Aufgaben ab, um Informationen zu erstellen oder zu verarbeiten.

Neben den P/A, stellen auch Gateways einen Prozessschritt dar. Analog zu BPMN [24] werden anhand von Gateways Verzweigungen dargestellt. Zum einen können informationsorientierte Aktivitäten parallel ausgeführt werden. Zum anderen können

Informationen zu unterschiedlichen Entscheidungen im Prozessablauf führen (logisches und exklusives oder).

Ereignisse sind Events [7], die im Ablauf des Wertstroms auftreten. So beginnt jeder Wertstrom nach der Quelle mit einem Starterereignis. Zudem existieren Zwischenereignisse immer dann, wenn eine Abhängigkeit zwischen Informations- und Materialfluss eintritt (siehe Flussobjekt, Übertragung). In Fehlerfällen, oder zum Abschluss des Wertstroms, treten darüber hinaus Endereignisse ein.

Ein **Fluss** verbindet zwei Prozessschritte und erfüllt zwei Aufgaben. Vergleichbar mit *SequenceFlow* Elementen in BPMN [24] stellen Flüsse die logische Reihenfolge der Prozessschritte und damit den Prozessablauf (Sequenzfluss) dar. Darüber hinaus stellen Flüsse entweder den Materialfluss, oder den Informationsfluss dar und sind in Anlehnung an die Push- und Pull-Pfeile der Notation der WSM in die VSMN übernommen worden.

Materialflüsse werden analog zur WSM in Push und Pull unterschieden.

Schiebt der vorangegangene P/A das Material zum nächsten P/A (Folgeaktivität), so werden Push-Pfeile verwendet. Fordert der nachgelagerte P/A das Material nach Bedarf an, wird das Material gezogen und im Wertstrom mit Pull-Pfeilen visualisiert.

Zudem können zur Ermöglichung des Flusses Transportmittel, wie Stapler oder Hubwagen, zum Einsatz gebracht werden.

Ein Informationsfluss entsteht im Sequenzfluss informationsorientierter Aktivitäten. Der Fluss besteht dabei aus Informationen, welche analog oder digital sein können.

In jedem Fluss können Puffer entstehen, die einen Bestand an Material oder Information halten und zu Wartezeiten führen. Im Informationsfluss stellen Puffer vorhandene, aber ungenutzte Informationen dar, die zu Verzögerungen und damit Verschwendung führen können. Im Materialfluss stellen Puffer physische Ansammlungen von Material dar.

Einen Spezialfall eines Flusses stellt die Übertragung dar. Übertragungen finden immer dann statt, wenn ein P/A im Material- oder Informationsfluss einen nachfolgenden P/A im anderen Fluss auslöst. Auf diese Übertragungen muss sowohl in der Wertstromanalyse als auch dem Wertstromdesign ein explizites Augenmerk gelegt werden, weshalb hierfür ein gesondertes Notationselement eingeführt wird. Ungenügende Übertragungen können Verschwendungen mit sich bringen, indem sie beispielsweise zu Wartezuständen oder falschen Entscheidungen unter Unsicherheit führen.

5 Demonstration der DSMS

In diesem Kapitel wird die konkrete Syntax der VSMN anhand eines Referenzprozesses aus einem angewandten Forschungsprojekt in zwei [ANONYMISIERT] dargestellt. Abbildung 3 zeigt den Referenzprozess. Um die Komplexität zu reduzieren und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, ist lediglich ein Ausschnitt des logistischen Prozesses in der Warenannahme und Einlagerung abgebildet.

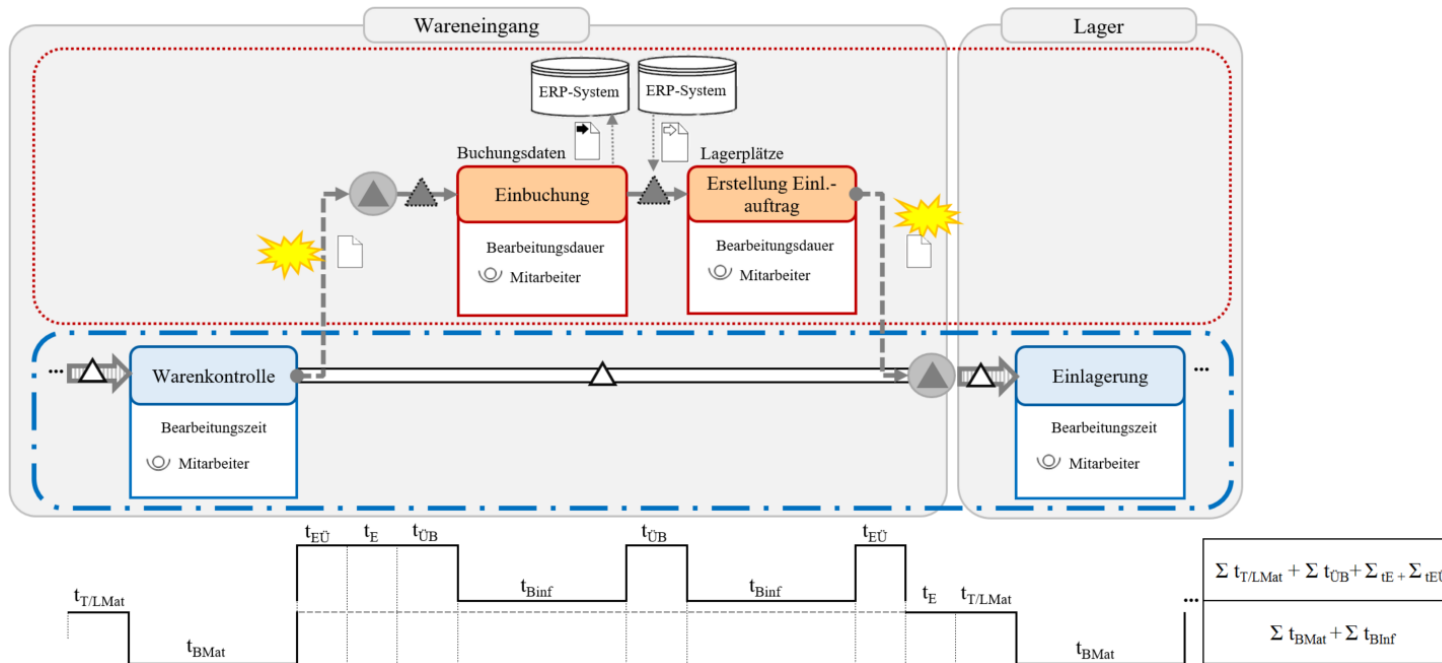




















Abbildung 3: Darstellung des Referenzprozesses zur Wertstromanalyse mit Hilfe der VSMN

Des Weiteren wird für die Demonstration der VSMN der Referenzprozess während der Wertstromanalyse dargestellt und die dafür verwendeten Notationselemente in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Konkrete Syntax (Ausschnitt) der VSMN, basierend auf [4, 11] und erweitert um [7]

| Bezeichnung | Element | Bezeichnung | Element |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| ① Prozesskasten |  | ⑩ Bereichsabgrenzung |  |
| ② Signal / Ereignis |  | ⑪ Digitale Technologie |  |
| ③ Nachrichtenfluss |  | ⑫ Dateninput (digital) |  |
| ④ Push-Pfeil |  | ⑬ Datenoutput (digital) |  |
| ⑤ Schnittstelle |  | ⑭ Daten (analog) |  |
| ⑥ Sequenzfluss |  | ⑮ Puffer Informationsfluss |  |
| ⑦ Bereich Materialfluss |  | ⑯ Puffer Materialfluss |  |
| ⑧ Bereich Informationsfluss |  | ⑰ Verknüpfung Materialfluss |  |
| ⑨ Kaizen-Blitze |  | ⑱ Mitarbeiter |  |

Die gelisteten Elemente spiegeln eine Auswahl aller verfügbaren Notationselemente der VSMN wieder. Sowohl die BPMN-Notation als auch die Notation der WSM greift auf weitere Elemente zurück. Die in Tabelle 1 enthaltenen Symbole sind jener Teil, der für die Demonstration des Referenzprozesses benötigt wird.

Der betrachtete Referenzprozess beginnt mit dem Transport der Ware zur Warenkontrolle im Bereich des Wareneingangs, welcher mit einer Bereichsabgrenzung ⑩ gekennzeichnet ist. Hierbei wird das betrachtete Gut von dem Vorhergehenden hin zum nächsten Prozessschritt geschoben (push) und mit einem Push-Pfeil visualisiert ④. Während des Transportes kann es zu einem Aufbau von Pufferbeständen kommen, welche mit einem Bestandsdreieck ⑯ dargestellt werden. Die P/A werden anhand von Prozesskästen ① dargestellt, welche analog zu [4] Parameter wie beispielsweise Mitarbeiter ⑱ und Bearbeitungszeiten beinhalten. Im Ausschnitt des Referenzprozesses findet zuerst der P/A „Warenkontrolle“ im Bereich Materialfluss ⑦ statt. Die Warenkontrolle stößt eine Informationsübertragung an. Diese Übertragung wird anhand eines gestrichelten Pfeiles in Anlehnung an den Nachrichtenfluss ③ in BPMN [7] visualisiert. Die Übertragung findet in Papierform ⑭ statt und löst im avisierten Bereich Informationsfluss ⑧ ein Start-Ereignis ② aus. Der nachfolgende P/A „Einbuchung“ beginnt nicht zwingend umgehend nach der Informationsübertragung. Informationen können ebenfalls in einer Art virtuellem Puffer während eines Sequenzflusses ⑥ bis zu ihrer Nutzung verweilen oder sind erst zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar. Diese Informationsbestände werden anhand eines Dreiecks in Anlehnung an die Pufferdarstellung der Notation der WSM visualisiert ⑮. Im P/A „Einbuchung“ werden die Daten aus der Warenkontrolle verarbeitet und die im P/A generierten Buchungsdaten als Datenoutput ⑬ in das ERP-System ⑪ über eine Schnittstelle ⑤ übertragen. Im nächsten P/A erfolgt die Erstellung des Einlagerungsauftrags, welche durch die fertiggestellte Einbuchung ausgelöst wird. Die für die Erstellung notwendigen Lagerplatzdaten sind als Dateninput ⑫ im Informationsbestand des ERP-Systems verfügbar und bereits vor dem Start der Erstellung im ERP System vorhanden. Liegen diese Informationen nicht zeitgerecht

vor, stellen diese einen Engpass zur weiteren Bearbeitung dar und verlängern die DLZ des gesamten Prozesses.

Mit Abschluss der Erstellung des Einlagerungsauftrages im Informationsfluss erfolgt eine Übertragung des Auftrags in Papierform (analoge Daten) zurück in den Materialfluss. Durch die Übertragung des Einlagerungsauftrags wird ein Start-Ereignis ausgelöst, welches den Transport des betrachteten Guts hin zur Einlagerung im Lager anstößt. Die entstehenden Pufferbestände sind mit den Bestandsdreiecken gekennzeichnet. Die Darstellung des Referenzprozesses in dieser Demonstration endet mit dem P/A „Einlagerung“.

Die beiden P/A „Warenkontrolle“ und „Einlagerung“ im Materialfluss sind durch eine Verknüpfung ⑰ miteinander verbunden. Diese Darstellung verdeutlicht, dass eine weitere Bearbeitung des Gutes im Materialfluss erst nach Abschluss der notwendigen P/A im Informationsfluss möglich ist und eine Abhängigkeit besteht. Stehen Informationen nicht oder nicht rechtzeitig zur Verfügung, hat dies eine Verlängerung der Gesamtdurchlaufzeit zur Folge. Im Referenzprozess stellen die Nachrichtenübertragungen in Papierform einen Medienbruch dar, der zu Verzögerungen im Referenzprozess führt und somit eine zu eliminierende Verschwendung darstellt. Diese Verschwendung ist mit einem Kaizen-Blitz ⑨ visualisiert. Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird die Abhängigkeit des Materialflusses von einem effizienten Informationsfluss in der Zeitleiste anhand der separat dargestellten Bearbeitungs-, sowie Liege-, Übertragungs- und Transportzeiten visualisiert.

Zusammenfassend wird mit Hilfe der Demonstration die konkrete Syntax der VSMN erläutert und deren Anwendbarkeit gezeigt. Um diese Vorgehensweise auf Verständlichkeit bzw. Plausibilität zu prüfen, wird die Anwendung und Darstellung bewertet und diese Evaluation im folgenden Kapitel geschildert.

6 Evaluation

Die Evaluation der VSMN erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst wird der Bedarf einer geeigneten DSMS im Rahmen eines Projekts zur Einführung digital-unterstützter Logistikprozesse mit den Logistikleitern aus zwei [ANONYMISIERT] diskutiert. Anschließend wird bereits während der Entwicklung zur Demonstration das Szenario „Wareneingang“ modelliert und die Anwendbarkeit gezeigt. Darüber hinaus erfolgt die Prüfung der VSMN gegen die GA nach Frank [8] und der DO in zwei Workshops mit insgesamt neun Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Fachrichtungen, um empirische Daten für die Weiterentwicklung der VSMN und die Evaluation gegen die GA und DO zu sammeln. Durch die Einbindung von Wissenschaftlern kann die wissenschaftliche Vollständigkeit des Forschungsprojekts und die Verständlichkeit der VSMN evaluiert werden. Im ersten Workshop nahmen sechs Wirtschaftsinformatiker mit Expertise im Prozessmanagement und BPMN teil. Am zweiten Workshop drei Logistiker mit Expertise im Lean Management und der WSM.

In beiden Runden wird die Ausgangssituation dargestellt und der Einsatzzweck der VSMN skizziert. Anschließend erfolgt jeweils eine Diskussion mit den Teilnehmern

über die DO und die Notation der VSMN anhand des Szenarios „Wareneingang“. Daraufhin skizzieren alle Teilnehmer einen vereinfachten Logistikprozess „Einlagerung“ mit Hilfe der VSMN, um die GA und DO zu prüfen und Aussagen über die Vertrautheit und Verständlichkeit der VSMN zu gewinnen.

Zusammenfassend können alle Teilnehmer der beiden Runden erfolgreich den vereinfachten Logistikprozess darstellen. Darüber hinaus betonen beide Diskussionsrunden die Notwendigkeit einer geeigneten DSMS vor dem Hintergrund des Einsatzzwecks und bestätigten das Erreichen der GA und DO. Die Wirtschaftsinformatiker diskutieren zudem die Eignung zur Darstellung der Informationsverfügbarkeit und der Informationsflüsse im zeitlichen Prozessablauf. Zudem erkennen die Teilnehmer kleinere Unstimmigkeiten in der Notation, welche anschließend behoben wurden. Die Logistiker diskutieren zudem die Darstellung der Zeitdauer und DLZ, sowie die geeignete Darstellung der Abhängigkeit zwischen Informations- und Materialfluss.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die VSMN sowohl die GA als auch die DO erfüllt und einen geeigneten Ansatz darstellt. Mit Blick auf DO1 können mit Hilfe der VSMN Informationsflüsse unter Berücksichtigung der Zeit dargestellt werden. Zudem ermöglicht die VSMN sowohl die Analyse von Wertströmen im Hinblick auf Verschwendungen aufgrund fehlender Informationsverfügbarkeit und -flüssen (DO2), als auch die Gestaltung von Wertströmen und geeigneten Informationsflüssen und -verfügbarkeiten (DO3).

7 Diskussion und Ausblick

Die digitale Transformation generiert nicht nur neue Wertströme, sondern ermöglicht es, bestehende Wertströme effizienter zu gestalten und Verschwendung zu eliminieren. Im Rahmen dieses Forschungsbeitrags wird die Value Stream Modelling and Notation auf Basis der Notation der WSM sowie BPMN vorgestellt. Die VSMN erlaubt eine Betrachtung von Material- und Informationsflüssen unter Berücksichtigung der Dimension Zeit und ermöglicht die Analyse und Gestaltung von schlanken, digital-unterstützten Wertströmen. Neben einer konkreten Notation wird ein Metamodell vorgestellt, welches den Aufbau und die Struktur der VSMN darstellt. Anschließend erfolgt eine Demonstration der Anwendbarkeit der VSMN anhand des logistischen Prozesses „Warenannahme“ und eine Evaluation der VSMN auf Basis der GA und DO. Die vorgestellte VSMN ist der erste Ansatz, um bestehende Wertströme und deren Informationsflüsse auf Verschwendungen hin zu analysieren. Des Weiteren stellt die VSMN einen praktischen Ansatz dar, um die Gestaltung von Wertströmen und geeigneten Informationsflüssen zu unterstützen. Damit leistet der Ansatz einen Beitrag zu bestehendem Designwissen über DSMS und erweitert das Feld um einen neuen Ansatz zur Abbildung von Material- und Informationsflüssen vor der Dimension Zeit. Bisherige Erweiterungen der WSM fokussieren sich lediglich auf die Art der benötigten und erstellten Informationen [z.B. 25], nicht aber auf die zeitliche Verfügbarkeit. Die VSMN ermöglicht es Forschern und Praktikern bestehende Wertströme auf Verschwendungen hin zu untersuchen, welche durch mangelnde Informationsflüsse

und -verfügbarkeit entstehen. Zudem erleichtert die VSMN die Kommunikation zwischen Modellbauern und Modellanwender und unterstützt die Entwicklung geeigneter Informationssysteme und den gezielten Einsatz digitaler Technologien in Produktions- und Logistikprozessen.

Auf Grund der iterativen Vorgehensweise kann nicht formell behauptet werden, dass alle möglichen Szenarien und Konstrukte der WSM abgedeckt wurden. Auf Grund der positiven Evaluation durch die Wissenschaftler im Rahmen der beiden Workshops besteht jedoch die Überzeugung, durch die VSMN die wichtigsten Konstrukte und Szenarien abzudecken. Künftige Arbeiten müssen dennoch die VSMN in weiteren Anwendungsfällen validieren und weiterentwickeln. Zudem muss die VSMN in zusätzlichen Evaluationsschritten untersucht und deren Anwendbarkeit und Verständlichkeit in der Praxis gezeigt werden. Dazu müssen weiterführende Arbeiten die VSMN in verschiedenen Branchen mit potentiellen Nutzern zum Einsatz bringen. Aus einer methodischen Perspektive wird zudem eine Modellierungssprache und keine Modellierungsmethode vorgestellt. Insbesondere die Eignung der bisherigen WSM muss vor dem Hintergrund der VSMN hinterfragt und bei Bedarf weiterentwickelt werden.

Literaturverzeichnis

1. Gimpel, H., Hosseini, S., Huber, R., Probst, L., Röglinger, M., Faisst, U.: Structuring Digital Transformation : A Framework of Action Fields and its Application at ZEISS. *Journal of Information Technology Theory and Application* 19, 31–54 (2018)
2. Emmrich, V., Döbele, M., Bauernhansl, T., Paulus-Rohmer, D., Schatz, A., Weskamp, M.: *Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0: Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau*. München, Stuttgart: Dr. Wieselhuber & Partner, Fraunhofer IPA (2015)
3. Kelkar, O., Heger, R., Dao, D.-K.: *Studie Industrie 4.0–Eine Standortbestimmung der Automobil- und Fertigungsindustrie* (2014)
4. Klevers, T.: *Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design. Verschwendung erkennen - Wertschöpfung steigern*. mi-Wirtschaftsbuch, München (2009)
5. van der Aalst, W.M.P.: *Business Process Management: A Comprehensive Survey*. *ISRN Software Engineering* 2013, 1–37 (2013)
6. Meyer, U.B., Creux, S.E.M., Weber Marin Silva, A.K.: *Grafische Methoden der Prozessanalyse. Für Design und Optimierung von Produktionssystemen*. Hanser, München (2005)
7. Object Management Group: *OMG Unified Modeling Language (OMG UML). Version 2.5*, <https://www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF>
8. Frank, U.: *Domain-Specific Modeling Languages: Requirements Analysis and Design Guidelines*. In: Reinhartz-Berger, I., Sturm, A., Clark, T., Cohen, S., Bettin, J. (eds.) *Domain Engineering: Product Lines, Languages, and Conceptual Models*, pp. 133–157. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2013)

9. Gregor, S., Hevner, A.R.: Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact. *MISQ* 37, 337–355 (2013)
10. Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., Chatterjee, S.: A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems* 24, 45–77 (2007)
11. Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhm, T., Drews, P., Mäde, A., Urbach, N., Ahlemann, F.: Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community. *Bus Inf Syst Eng* 59, 301–308 (2017)
12. Koch, S.: Einführung in das Management von Geschäftsprozessen. Six Sigma, Kaizen und TQM. Springer Vieweg, Berlin (2015)
13. Bertagnolli, F.: Lean Management. Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie. Springer Gabler, Wiesbaden (2018)
14. Erlach, K.: Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik. Springer, Berlin, New York (2010)
15. Tomanek, D.P., Schröder, J.: Value Added Heat Map. Eine Methode zur Visualisierung von Wertschöpfung. Springer Gabler, Wiesbaden (2018)
16. Allweyer, T.: BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation. Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung. BOD - Books on Demand, Norderstedt (2015)
17. Wand, Y., Weber, R.: Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling—A Research Agenda. *Information Systems Research* 13, 363–376 (2002)
18. Nordstrom, G., Sztipanovits, J., Karsai, G., Ledeczi, A.: Metamodeling - Rapid Design and Evolution of Domain-Specific Modeling Environments. In: *Proceedings of the 1999 IEEE Conference on Engineering of Computer-Based Systems*, pp. 68–74. IEEE Computer Society, Nashville, Tennessee (1999)
19. Gonzalez-Perez, C., Henderson-Sellers, B.: *Metamodelling for Software Engineering*. Wiley Publishing (2008)
20. Bouhdadi, M., Balouki, Y., Chabbar, E. (eds.): *Meta-Modelling Syntax and Semantics of Structural Concepts for Open Networked Enterprises*. Springer Berlin Heidelberg (2007)
21. Gregor, S., Jones, D.: The Anatomy of a Design Theory. *Journal of the Association of Information Systems* 8, 312–335 (2007)
22. Eriksson, O., Henderson-Sellers, B., Ågerfalk, P.J.: Ontological and Linguistic Metamodelling Revisited: A Language Use Approach. *Information and Software Technology* 55, 2099–2124 (2013)
23. Lodderstedt, T., Basin, D., Doser, J. (eds.): *SecureUML: A UML-Based Modeling Language for Model-Driven Security*. Springer Berlin Heidelberg (2002)
24. Object Management Group: *Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0*, <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
25. Meudt, T., Rößler, M.P., Böllhoff, J., Metternich, J.: Wertstromanalyse 4.0. *ZWF* 111, 319–323 (2016)