

BPMN-CREATOR – Ein innovatives Tool zur vollautomatischen Digitalisierung zuvor manuell erstellter Geschäftsprozessmodelle

Selcan Ipek-Ugay¹, Tabea Herrmann² und Eric Siegeris³

Abstract: Modellierung ist ein wichtiger Bestandteil der Anforderungserhebung und passiert häufig in interdisziplinären Teams an der Schnittstelle zwischen Fachlichkeit und IT. Dabei werden die Modelle typischerweise zunächst gemeinsam und analog (z.B. an Whiteboards) erfasst und erst danach in ein digitales Tool überführt, damit sie weiterverwendet werden können. Die manuelle Umwandlung ist mit erheblichem Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden und führt darüber hinaus zu unerwünschten Reibungen im Modellierungsworkflow. In diesem Beitrag wird eine neue Anwendung *BPMN-Creator* vorgestellt, die zuvor manuell erstellte Geschäftsprozessmodelle vollautomatisch erkennen und in digital weiterverwendbare BPMN-Modelle transformieren kann. Mit nur drei Klicks kann die Anwendung digitale BPMN-Diagramme aus gemeinsam skizzierten Prozessmodellen erzeugen: Fotografieren der Whiteboard-Skizze, Zuschneiden des Bildes und Generieren des Modells. Danach kann das Modell in einem beliebigen BPMN-Tool weiterverwendet werden. Die entwickelte Technik wurde mit einem Datensatz von 70 manuell erstellten Prozessmodellen evaluiert. Es hat sich gezeigt, dass unsere Technik die Lücke von der fertigen Skizze zum digital weiterverwendbaren Modell schließt und somit eine wertvolle Grundlage zur Optimierung des Modellierungsprozesses liefert.

Keywords: Collaborative Modeling, Business Process Modeling, Handcrafted Models, Digital Image Processing

1 Einleitung

In den letzten Jahren hat die Dokumentation von Geschäftsprozessen für die Analyse von prozessorientierten Informationssystemen sowie die Erfassung von Anforderungen in Softwareentwicklungsprojekten erheblich an Aufmerksamkeit gewonnen [We19, BR14]. Diese Tendenz hat dazu geführt, dass diverse digitale Modellierungstools entwickelt wurden, um Modellierer:innen bei der Erstellung und Pflege von Geschäftsprozessmodellen zu unterstützen. Obwohl diese Werkzeuge im Allgemeinen als unverzichtbar angesehen werden können, ist es wichtig zu beachten, dass die Entwicklung der meisten Prozessmodelle nicht

1 Vostura GmbH, Residenzstrasse 25, 13409 Berlin selcan.ipek-ugay@vostura.com, <https://orcid.org/0000-0002-4132-1199>

2 Vostura GmbH, Residenzstrasse 25, 13409 Berlin tabea.herrmann@vostura.com

3 Vostura GmbH, Residenzstrasse 25, 13409 Berlin eric.siegeris@vostura.com

mit Software beginnt. In kollaborativen Umgebungen werden Prozessmodelle typischerweise auf Whiteboards oder Papier gezeichnet, was die Beteiligung der Prozessbeteiligten fördert [Lü11, Du05, FV05, CVDK07]. Am Ende eines solchen Vorgehens liegen die Ergebnisse als handgefertigte Modelle vor und müssen mit einem Modellierungstool in ein digitales Gegenstück umgewandelt werden. Dieser Transformationsschritt wird derzeit manuell realisiert und ist mit einem erheblichen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden. Darüber hinaus führt es zu Unterbrechungen sowie Reibungen im gesamten Modellierungsprozess. Um dieses Transformationsproblem zu umgehen und die kollaborative Modellierung [RKV08] zu unterstützen wurden bereits einige Methoden erforscht [ME22, Wi12, BRW11]. Existierende Werkzeuge, die den interaktiven Modellierungsprozess unterstützen sind einerseits mit erheblichen Anschaffungskosten verbunden und andererseits verlangen sie von den Benutzer:innen sich an vordefinierte Konstrukte und Funktionen zu halten. Dadurch werden die, mit der kollaborativen Modellentwicklung verbundenen Vorteile limitiert, sodass diese Tools nur bedingt eine geeignete Alternative zum Whiteboard darstellen. Ferner konnte festgestellt werden, dass Gesprächsphasen von Beteiligten bei der Modellierung von BPMN-Prozessen am Whiteboard größer sind als bei der Nutzung von Notebook und Beamer oder eines Multi-Touch-Geräts [KKRR15]. Mit der Entwicklung des BPMN-Creators wurde die wissenschaftliche Fragestellung geprüft, inwieweit sich unter Verwendung eines begrenzten Satzes von BPMN-Elementen analoge Skizzen automatisiert in digitale BPMN-Modelle transformieren lassen. In Anbetracht der Bedeutung und der Vorteile von gemeinsam handgefertigten Prozessmodellen sowie des Aufwands, der mit ihrer manuellen Umwandlung verbunden ist, schlagen wir in diesem Beitrag diesen Ansatz vor, der diesen Schritt automatisiert, indem kollaborativ gefertigte Prozessmodelle in digitale BPMN-Modelle umgewandelt werden. Unser Ansatz, BPMN-Creator, nutzt innovative Bildverarbeitungs- und Objekterkennungsalgorithmen, um wesentliche BPMN-Elemente zu erkennen und erweitert den Stand der Technik [SALS21] im Bereich der Modelltransformation, indem ein am Whiteboard gefertigtes BPMN-Modell abfotografiert und daraus automatisch eine digital weiterverarbeitbare BPMN-XML Datei erzeugt wird (vgl. Abb.1). Unsere Evaluationen zeigen die hohe Genauigkeit, die unser Ansatz erreicht. Diese Präzision wird einerseits ohne komplexe sowie ressourcenaufwändige Deep-Learning basierende Ansätze erreicht (vgl. [SALS21]) und liefert sehr zuverlässige Ergebnisse. Andererseits können die Skizzen erstmals in Echtzeit und benutzerunabhängig digitalisiert werden, indem unser Tool unmittelbar am Ende der kollaborativen Modellierung eingesetzt wird. Das Ergebnis kann direkt digital weiterverarbeitet werden.

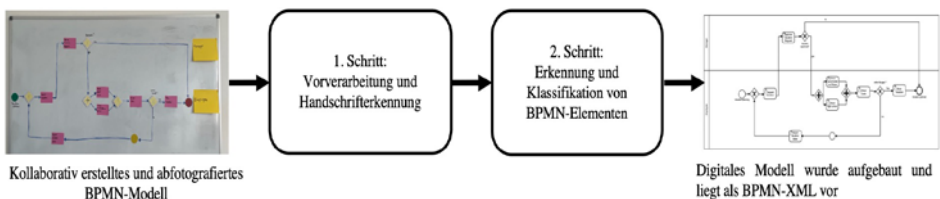


Abb. 1: BPMN-Creator Übersicht

2 Materialien und Methoden

Um die Bedeutung unserer Arbeit zu verdeutlichen, werden im Folgenden zuerst die Herausforderungen eingeführt, die **(a)** mit der Optimierung des gemeinsamen Modellierungsprozesses in Teams und **(b)** mit der einfachen und automatischen Digitalisierung des Prozessmodells verbunden sind. Dann wird unser innovativer Ansatz zur Lösung dieser Probleme eingeführt.

2.1 Problembeschreibung

(a) Modellierungsworkflow innerhalb von interdisziplinären Teams: Untersuchungen haben bestätigt, dass Geschäftsprozessmodellierungen mit vereinfachter Notation an Whiteboards zu durchdachteren Modellen führen und den Modellierenden mehr Spaß bereiten [Lü11]. Zudem werden Maßnahmen zur Involvierung aller Beteiligten sowie Beschleunigung der gesamten Modellierungsphase begrüßt. In der Regel ist es dann jedoch sehr mühsam am Whiteboard gebaute Prozesse zu digitalisieren. Zusätzlich zum unnötigen Zeit- und Ressourcenaufwand können in diesem manuellen Digitalisierungsschritt neue Prozessfehler entstehen. Es muss also eine Technologie entwickelt werden, welche sowohl die kreative gemeinsame Modellierung fördert als auch die Dokumentation automatisiert.

(b) Digitalisierung manuell erstellter BPMN-Modelle: Abbildung 2 zeigt ein reales Prozessmodell aus unserem Testdatensatz, das sich mit einem Prozess zur Bearbeitung von Urlaubsplanungen befasst. Hierbei wurde Testpersonen folgendes Setup zum Modellieren bereitgestellt: Whiteboard, Whiteboard-Marker, Post-its und optionale magnetische Elemente (Kreise und Gateways) zur Beschleunigung des Modellierungsprozesses.

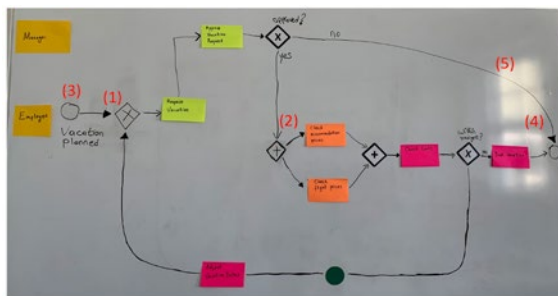


Abb. 2: Beispielhaftes BPMN-Modell aus dem Testdatensatz

Obwohl das dargestellte Modell syntaktisch korrekt ist, veranschaulicht die Abbildung Herausforderungen, die von einem automatischen Erkennungsansatz bewältigt werden müssen. Problem (1) zeigt, dass der Sequenzfluss nicht richtig mit seiner Ausgangs- und

Zielform verbunden ist. Problem (2) verdeutlicht, dass Sequenzflussspitzen unterschiedlich dargestellt werden können. Ein weiteres Problem bezieht sich auf Modellelemente, die unvollständig gezeichnet sein können, wie z. B. das Start event (3). Zudem fällt auch die Verwendung von gebogenen und geraden Linien (4) auf. Eine große Herausforderung stellt auch die Belichtung des Whiteboards dar, bei der unerwünschte Spiegelungen (5) aufgetreten sind. Unabhängig vom gemeinsam manuell erstellten Prozessmodell, spielen folgende Faktoren eine wichtige Rolle: Aufnahmequalität, Perspektive, Belichtungen (natürliche, schlechte und/oder teilweise Belichtung) sowie Whiteboardzustand (Eddingspuren, Elemente, die nicht zum BPMN gehören, Ränder usw.). Obwohl sich die obigen Ausführungen nur auf ein einziges Beispiel beziehen, ist das Spektrum handgefertigter BPMN-Modelle aufgrund der Kombination verschiedener Zeichenstile, Stifte und Digitalisierungsmethoden noch komplexer.

2.2 Problembewältigung

Im Folgenden wird unser Vorgehen zur Bewältigung der oben beschriebenen Probleme erläutert. Zur Überprüfung der Machbarkeit unseres Ansatzes haben wir uns zunächst auf die wesentlichen BPMN-Elemente fokussiert: Lanes, Aktivitäten, Start events, End events, Intermediate events, XOR-Gateways, AND-Gateways, Sequenzflüsse.

(a) Förderung des Modellierungsworkflows innerhalb von interdisziplinären Teams:

Soll ein Geschäftsprozess im kollaborativen Rahmen skizziert werden, bietet sich unter anderem die Nutzung eines Whiteboards an. Ein Whiteboard ist in fast jedem Büro vorhanden, sodass Modellierungsideen schnell und einfach umgesetzt sowie diskutiert werden können. Darüber hinaus empfehlen wir den Einsatz von Post-its zur Abbildung von Aktivitäten und Lanes. Somit haben alle Beteiligten die Möglichkeit Ihre Ideen festzuhalten und dem Team mitzuteilen. Zudem werden durch Post-its (im Gegensatz zu Texten, die direkt am Whiteboard geschrieben werden) Verschmierungen reduziert. Um den gesamten Modellierungsprozess zu beschleunigen sowie den Spaßfaktor zu erhöhen, können für weitere essentielle BPMN-Elemente, die intern nicht beschriftet werden müssen, wie z.B. Events und Gateways magnetische Formen eingesetzt werden. Zur Darstellung der Sequenzflüsse sowie weiterer Zeichnungen können Marker eingesetzt werden. Die haptische Wahrnehmung der BPMN-Elemente macht die digitalen Inhalte spürbar und fördert die Kreativität während der Modellierungsphase, weil die Post-its und Magnete ganz einfach und beliebig am Whiteboard platziert werden können. Unser vorgeschlagenes *Setup bestehend aus Whiteboard, Marker und Post-its* ist in sehr vielen Büroräumlichkeiten vorhanden. Optionale haptische Magnelemente (Kreis- und Gateway-Formen) unterstützen den reibungslosen Modellierungsprozess.

(b) Automatische Digitalisierung manuell erstellter BPMN-Modelle: Um eine robuste, einfache und vollautomatische Transformation der abfotografierten BPMN-Modelle in digitale BPMN-XML zu ermöglichen, wurde folgende mehrstufige und aufeinander aufbauende Verarbeitungspipeline entwickelt.

1. Schritt: (Vor-)verarbeitung und Handschrifterkennung: Im obigen Abschnitt wurden relevante Aspekte erwähnt, die einen unmittelbaren Einfluss auf die Objekterkennung haben, nämlich Aufnahmequalität (Auflösung, unterschiedliche Aufnahmegeräte), Belichtung (natürliche, schlechte und/oder teilweise Belichtung), die daraus folgende Spiegelung und der Zustand des Whiteboard (ungleichmäßig schmutziger Hintergrund). Um diese Einflussfaktoren zu eliminieren und das abfotografierte Input-Bild I_{in} zu normieren wird zuerst die Größe des Bildes angepasst und dann eine automatische und aufnahmespezifische Helligkeitsoptimierung mittels Gammakorrektur -eine Potenzfunktion mit einem Exponenten Gamma (γ) als einzigem Parameter- durchgeführt:

$$I_{out} = I_{in}^\gamma, \text{ wobei } \gamma = \log(\text{mean}(I_{in})) / \log(255/2).$$

Im Anschluss werden die im Bild des Prozessmodells I_{out} enthaltenen Zeichen und Buchstaben ausgelesen. Es ist eine große Herausforderung, eine funktionierende Handschrifterkennung zu entwickeln, da bereits für das Training einer solchen Erkennung immense Datenmenge notwendig sind. Eine Eigenentwicklung für ein solches Vorhaben wurde daher zunächst durch die optische Zeichenerkennung der Google Cloud Vision API ersetzt. Diese liefert zuverlässige Ergebnisse und erkennt Wörter häufig fehlerfrei. Danach wurde das Grauwert-trasformierte I_{out} mit morphologischen Operatoren sowie Medianfilterung gefiltert, um Rauschteile und unerwünschte Strukturen zu eliminieren. Abbildung 3 zeigt die Resultate der bisherigen Schritte bei dem oben eingeführten Modell.

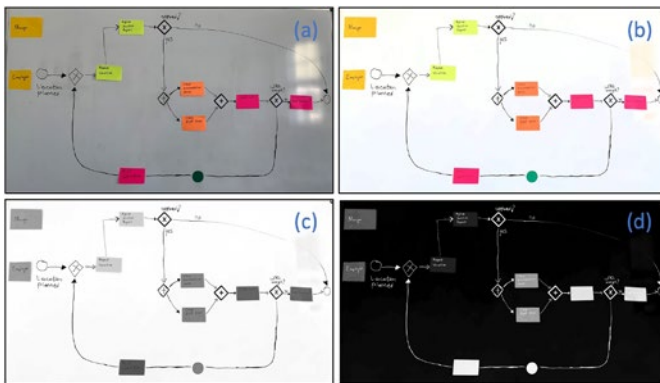


Abb. 3: Originalaufnahme der am Whiteboard erstellten BPMN-Skizze (a), Ergebnis nach der Helligkeitskorrektur mittels Potenzfunktion (b), Grauwerttransformation (c) und anschließende Filterung des Bildes (d).

2. Schritt: Erkennung und Klassifikation von BPMN-Elementen: Im Folgenden unser Vorschlag zur Erkennung und anschließender Klassifikation der wesentlichen BPMN-Elemente.

Zur Extraktion von **elliptischen Formen** haben wir das globale Verfahren *Hough-Transformation* für Kreise verwendet [IK87]. Die detektierten Kreise werden aus dem Inputbild $I_{\text{preprocessed}}$ entfernt und das Ergebnisbild ($=img_deletedCircles$) so gefiltert, dass alle Störelemente eliminiert werden (vgl. Abb. 4 a). In dem vorliegenden Bild $img_deletedCircles_filtered$ ($=tmp_img$) sind nun ausschließlich rechteckige Formen und Pfeile vorhanden. Zur Extraktion der **rechteckigen Formen** aus tmp_img wird eine mehrstufige Konturdetektion basierend auf [Su85] durchgeführt. Im Anschluss werden die einzelnen Konturen approximiert. Wenn das untersuchte Medium vier Eckpunkte hat, wird auch das Verhältnis der Längen und der Breiten des Mediums untersucht. Wenn die Seiten nahezu gleich lang sind und innerhalb des Mediums ein X oder + Symbol detektiert wurde, dann handelt es sich um ein Gateway, ansonsten ist es ein Rechteck (vgl. Abb. 4 b). Die detektierten viereckigen Formen (Rechtecke und Quadrate) werden aus dem Bild $img_deletedCircles$ entfernt. Zur Extraktion **linearer Formen** wird das Bild mehrfach hintereinander mit den morphologischen Operatoren *Dilation* und *Erosion* vorverarbeitet (vgl. Abb. 4 c), sodass im Anschluss mit der Hough-Transformation für Linien und eines Glättungsfilters alle Sequenzflüsse ermittelt werden können (vgl. Abb. 4 d).

Nun müssen die detektierten Formen bezüglich relevanter BPMN-Elemente korrekt klassifiziert werden. Dazu schlagen wir folgendes Vorgehen vor: **Klassifikation detektierter elliptischer Formen:** $Shape_{\text{elliptic}} = \{Start\ event, End\ event, Intermediate\ event\}$ mit dem Shape-Kandidaten $\epsilon Shape_{\text{elliptic}}$. Für alle s_e wird überprüft, ob die detektierten Pfeile eingehend oder ausgehend sind. Sind die detektierten Pfeile ausgehend, dann handelt es sich beim s_e um einen Start event, sind die Pfeile eingehend, dann ist s_e ein End event. Anderenfalls ist es ein Intermediate event.

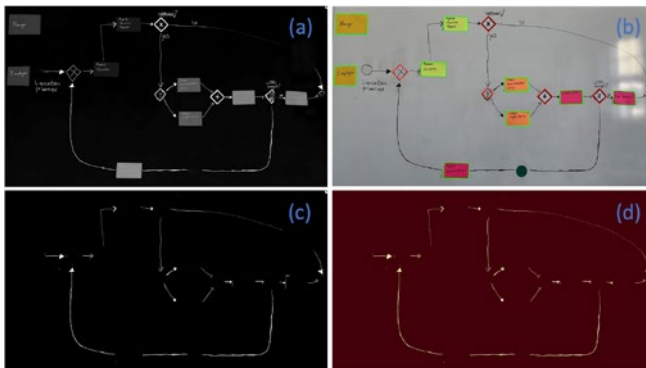


Abb. 4: (a) Kreisförmige Elemente, (b) Quadrate (rot) und Rechtecke (grün) wurden detektiert und aus dem Bild gelöscht, sodass nur lineare Formen erhalten bleiben (c). Hough-Transformation und Glättungsfiler haben aus diesen linearen Formen alle Pfeilelemente extrahiert (d).

Für alle s_r wird überprüft, ob die rechteckigen Formen (z.B. Post-its) in dem Bereich zwischen Start- und End events positioniert wurden. Falls ja, dann sind es Aktivitäten (tasks). Falls diese Rechtecke (Post-its) rechts von End events bzw. links von Start events platziert sind, handelt es sich um Lanes. **Klassifikation detektierter quadratischer Formen:** $Shape_{square} = \{XOR-Gateway, AND-Gateway\}$ mit dem Shape-Kandidaten $s_s \in Shape_{square}$. Für alle s_s wird mittels eines Template Matching Algorithmus [Br09, OP22] überprüft, ob in dem Quadrat ein X oder ein + Symbol vorliegt. Symbolfreie Quadrate werden als XOR-Gateways klassifiziert. **Klassifikation detektierter Pfeile:** $Shape_{arrows} = \{Eingehende Pfeile, ausgehende Pfeile\}$ mit dem Shape-Kandidaten $s_a \in Shape_{arrows}$. Für alle s_a werden zuerst die möglichen Start- und Endpunkte festgehalten. Daraufhin wird die Pfeilspitze ermittelt, indem das Verhältnis der Pixelintensität dieser beiden Punkte berechnet wird. Der Punkt mit der höchsten Pixelintensität ist die Spitze von s_a . Aus dem Zielelement heraus betrachtet ist dieser Pfeil somit ein eingehender Pfeil. Anderenfalls wäre es ein ausgehender Pfeil.

Output Generation: Im letzten Schritt wird aus den klassifizierten Elementen ein Prozessmodell im BPMN 2.0 XML-Format erstellt. Zur Erstellung des XMLs wurde die externe Camunda BPMN Model API eingebunden.

3 Ergebnisse

Merkmalsextraktion: Das Ziel des vorgestellten Ansatzes ist es aus dem vorliegenden Testdatensatz (70 abfotografierte BPMN-Skizzen) folgende Merkmale (geometrische Formen) zu detektieren: Kreise, Rechtecke, Quadrate und Geraden, die zwei Elemente verbinden (=Pfeile). Folgende Tabelle 1 stellt die Ergebnisse dar. Zusätzlich zu Post-its und Marker wurden den Modellierungsteams zwei haptische Elemente (Magnetkreise und Magnetquadrate) zur Verfügung gestellt, die optional eingesetzt werden konnten, um die Events (Kreise) und Gateways (Quadrate) nicht zeichnen zu müssen. Eine genauere Untersuchung der BPMN-Skizzen hat gezeigt, dass diese Elemente bevorzugt eingesetzt wurden (nur 45 von 231 Kreisen, 15 von 420 Quadraten wurden händisch gezeichnet).

Klassifikation: Hierbei fällt auf, dass die korrekte Klassifikation mit Post-its dargestellter rechteckiger Formen (Lanes vs. Activities) am besten funktioniert und sehr robust ist (99 %). Die Klassifikation der kreisförmigen Elemente liefert bei Intermediate events die besten Ergebnisse (96 %). Die Klassifikation der Sequenzflüsse (eingehend und ausgehend) basiert auf den Pixelintensitätsvergleich der Start- und Endpunkte bei jeweils einzelnen Geraden. Dieses Kriterium funktioniert an sich gut, liefert jedoch im Gegensatz zur Klassifikation der anderen Elemente schlechtere Ergebnisse (74 % bei eingehenden Pfeilen, 70 % bei ausgehenden Pfeilen).

In Testbildern vorhandene geometrische Formen (Gesamtzahl n)	Merkmalsextraktion			Klassifikation vorliegender Formen
	Anzahl detektierter Formen	BPMN-Element-Klasse		
Kreis (n = 231)	224 (96.67 %)	Start event	n = 68	63 (92.65 %)
		End event	n = 129	104 (80.62 %)
		Intermediate event	n = 27	26 (96.30 %)
Rechteck (n = 868)	864 (99.54 %)	Activity (Task)	n = 621	620 (99.84 %)
		Lane	n = 243	241 (99.17 %)
Quadrat (n = 420)	413 (98.13 %)	Parallel Gateway	n = 165	138 (83.64 %)
		Exclusive Gateway	n = 248	218 (87.90 %)
Pfeil (n = 931)	807 (86.68 %)	Sequence Flow (eingehend)	n = 409	318 (77.75 %)
		Sequence Flow (ausgehend)	n = 398	312 (78.39 %)

Tabelle 1: Ergebnisse der Merkmalsextraktion und der anschließenden Klassifikation

4 Diskussion

Tabelle 2 stellt eine Übersicht der Gesamtergebnisse des neuen Ansatzes dar. Der Übersicht kann entnommen werden, dass die entwickelten Algorithmen zur vollautomatischen Digitalisierung von händisch gefertigter BPMN-Modelle gut geeignet sind. Am besten funktionieren die Verarbeitungspipelines bei *Tasks*, *Lanes*, *Intermediate events* und *Start events* mit über 90 % Erfolgsrate. Auch *Gateways* (parallel und exklusiv) und *End events* werden relativ sicher ermittelt und digitalisiert (Erfolgsrate im Bereich von 79 % - 87 %). Bei Sequenzflüssen ist die absolute korrekte Extraktion und anschließende Klassifikation insgesamt vergleichsweise nicht sehr robust (68 %).

Manuell gezeichnete BPMN-Elemente (Gesamtzahl n)	Detektierte und korrekt klassifizierte BPMN-Elemente in der digitalen Datei
Start event (n = 70)	63 (90.10 %)
End event (n = 133)	104 (78.95 %)
Intermediate event (n = 28)	26 (92.85 %)
Activity (Task) (n = 623)	620 (99.50 %)
Lane (n = 245)	241(98.36 %)
Parallel Gateway (n = 168)	138 (82.14 %)
Exclusive Gateway (n = 252)	218 (86.51 %)
Sequence Flow (n=931)	585 (67.84 %)

Tabelle 2: Gesamtergebnisse (Extraktion und anschließende Klassifikation) der zuvor händisch gefertigten BPMN-Elemente

Während die Erkennung im ersten Schritt der Verarbeitungsspipeline viel bessere Ergebnisse liefert (87 %), erfolgt die darauf folgende Klassifikation (eingehende vs. ausgehende Pfeile) nicht so gut. Bei der Grundidee zur Unterscheidung zwischen den beiden Pfeiltypen (Pixelintensitätsverhältnis zwischen den jeweiligen Start- und Endpunkten, um die Pfeilspitze zu detektieren) besteht Optimierungsbedarf. Die entwickelten Verarbeitungsspipelines lassen sich einerseits reibungslos auf andere Nutzungsszenarien übertragen, wie z.B. Abfotografieren von existierenden Modellen (aus Anforderungsdokumenten oder Präsentationen), bei denen man die elektronische Quelle nicht hat bzw. die Quelldatei nicht importiert werden kann (z.B. Word-Dokumente) oder das aktuelle Werkzeug den Dateityp nicht unterstützt. Andererseits lässt sich der Ansatz zur Digitalisierung der geometrischen Element problemlos auf andere Diagrammtypen (Klassendiagramme, Use-Case-Diagramme etc.) übertragen, weil solche Diagramm in der Regel mit denselben geometrischen Formen dargestellt werden.

Die ersten Analysen haben gezeigt, dass der vorgeschlagene Ansatz mit optionalen haptischen Elementen zur Förderung des kreativen Modellierungsprozesses gerne aufgegriffen wird. Die Modellierungsteams haben fast ausschließlich magnetische Elemente verwendet, anstatt z.B. die Gateways selbst auf das Whiteboard zu zeichnen (nur 15 von 420 Gateways wurden von Hand gezeichnet). Der Grund dafür war zum einen, dass es schneller und sauber ist (ohne Verschmieren) und zum anderen, dass es angenehmer ist, die haptischen Elemente in der Hand zu halten. Kreise hingegen wurden im Vergleich zu den Gateways häufiger mit der Hand gezeichnet (45 von 231), weil sie einfacher zu zeichnen sind. Es wurde jedoch keine systematische Nutzererfahrung durchgeführt, um den Spaßfaktor sowie die Modellierungsdauer genauer zu messen.

5 Fazit

In dieser Arbeit haben wir unseren BPMN-CREATOR Tool zur vollautomatischen und robusten Digitalisierung von zuvor manuell erstellten BPMN-Modellen vorgestellt. Benutzer müssen ein Foto des kollaborativ erstellten Whiteboard-Diagramms machen, es ggf. zuschneiden und „Create BPMN“ anklicken. Daraufhin wird die Skizze vollautomatisch und in Echtzeit zu einem BPMN-XML Dokument transformiert. Diese Datei kann heruntergeladen und in anderen BPMN-Tools, wie z.B. Signavio, SAP Solution Manager weiterverwendet werden. Zur Untersuchung unseres Ansatzes haben wir 70 BPMN-Modelle erstellt und diese Skizzen durch Postprocessing (Rauschsimulation, Disrektisierung etc.) vervielfacht. Zur Erkennung der Handschrift haben wir zunächst eine handelsübliche Lösung verwendet. Für die Zukunft planen wir (1) eine Eigenentwicklung der Handschrifterkennung, (2) Testen unterschiedlicher Hintergründe (z.B. karierte Blätter), (3) Verbesserung der aktuellen Pfeilspitzenerkennung, (4) Erweiterung detektierbarer BPMN-Elemente, (5) User Experience Studien, um den Spaß- und Kreativitätsfaktor bei optionalen haptischen Elementen genauer zu erfassen und (6) einen Syntax-Checker, um die skizzierten Geschäftsprozessmodelle zu bewerten (bereits in der Implementierungsphase).

Literaturverzeichnis

- [We19] Weske, M.: Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures, ISBN:978-3-662-59431-5, Springer Berlin, 2019.
- [BR14] v. Brocke, J; Rosemann, M.: Handbook on Business Process Management 1&2, ISBN: 978-3-642-54915-1. Springer Berlin, Heidelberg, 2014.
- [Lü11] Lübke, A.: Tangible Business Process Modeling, 2011.
- [Du05] Dumas, M. et.al.: Fundamentals of Business Process Management, ISBN: 978-3-662-56508-7, Springer Berlin, 2018.
- [FV05] Fruhling, A.; d. Vreede, G.-J.: “Collaborative Usability Testing to Facilitate Stakeholder Involvement,” Value Based Software Engineering. Springer, Berlin, pp. 201-223, 2005.
- [CVDK07] Cherubini, M.; Venolia, G.; DeLine, R.; Ko, A.J.: “Let’s Go to the Whiteboard: How and Why Software Developers Use Drawings,” SIG CHI, pp. 557-566, 2007.
- [RKV08] Renger, M.; Kolfschoten, G.; d. Vreede, G.-J.: “Challenges in collaborative modeling: A literature review,” in Advances in Enterprise Engineering I, Lecture Notes in Business Information Processing, Springer, 2008, pp. 61-77.
- [ME22] Allgeier IT Solutions GmbH: metasonic Process Touch: Business Software zum Anfassen, URL: <https://www.metasonic.de/en/products/metasonic-process-touch/overview/>, 2022.
- [Wi12] Wittern, H.: “Devices, Empirical Study Evaluating Business Process Modeling on Multi-touch,” in IEEE International Conference on Software Science, Technology and Engineering, 2012.
- [BRW11] Brown, R.; Recker, J.; West, S.: “Using virtual worlds for collaborative business process modeling,” Business Process Management Journal, pp. 546-564, 2011(3).
- [KKRR15] Kammerer, K.; Kolb, J.; Ronis, S.; Reichert, M.: “Collaborative process modeling with tablets and touch tables - A controlled experiment,” in IEEE 9th International Conference on Research Challenges in Information Science, 2015.
- [SALS21] Schäfer, B.; van der Aa, H.; Leopold, H.; Stuckenschmidt, H.: „Sketch2BPMN: Automatic Recognition of Hand-Drawn BPMN Models,“ in International Conference on Advanced Information Systems Engineering, CAISE, 2021.
- [IK87] Illingworth, J.; Kittler, J.: “The Adaptive Hough Transform,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence , Issue: 5, pp. 690-698, 1987.
- [Su85] Suzuki, S.: „Topological structural analysis of digitized binary images by border following,“ Computer Vision, Graphics, Image Processing, 30(1), p. 32–46, 1985.
- [Br09] Brunelli, R.: Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice, ISBN: 978-0-470-51706-2, Wiley, 2009.
- [OP22] Template Matching in OPEN CV (Python). URL: https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html, 2022.