

Skolik, Alexander; Löhr, Bernd; zur Heiden, Philipp; Bartelheimer, Christian

Article — Published Version

Nutzung von Low- und No-Code-Anwendungen zur Automatisierung von Geschäftsprozessen in regulierten Energiemärkten

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Suggested Citation: Skolik, Alexander; Löhr, Bernd; zur Heiden, Philipp; Bartelheimer, Christian (2024) : Nutzung von Low- und No-Code-Anwendungen zur Automatisierung von Geschäftsprozessen in regulierten Energiemärkten, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, Vol. 61, Iss. 5, pp. 1235-1255, <https://doi.org/10.1365/s40702-024-01101-3>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/316648>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Nutzung von Low- und No-Code-Anwendungen zur Automatisierung von Geschäftsprozessen in regulierten Energiemärkten

Alexander Skolik  · Bernd Löhr · Philipp zur Heiden · Christian Bartelheimer

Eingegangen: 20. Februar 2024 / Angenommen: 25. Juli 2024 / Online publiziert: 14. August 2024
© The Author(s) 2024

Zusammenfassung Die zunehmende Relevanz von Low- und No-Code-Anwendungen in Wissenschaft und Praxis ist darauf zurückzuführen, dass sie Unternehmen die Automatisierung von Prozessen und Aktivitäten trotz begrenzter IT-Kenntnisse ermöglichen. Dies ist von besonderer Bedeutung, da zahlreiche Unternehmen mit Herausforderungen wie dem Fachkräftemangel sowie einer alternden Belegschaft konfrontiert sind. Low- und No-Code-Anwendungen weisen ein beachtliches Potenzial auf, Automatisierungen erfolgreich trotz limitierter Ressourcen umzusetzen. Im Rahmen einer Fallstudie in einem Unternehmen der Energiebranche wurde untersucht, welche Herausforderungen die Implementierung von Low- und No-Code-Anwendungen mit sich bringt und wie diesen begegnet werden kann. Aus den Erkenntnissen wurden vier Erfolgsfaktoren abgeleitet, die für andere Unternehmen als Grundlage dienen können, um die Entwicklung von Low- und No-Code-Automatisierungen erfolgreich umzusetzen. (1) Ein Minimum Viable Product stärkt das Verständnis von LCNC-Plattformen. (2) Die Modularisierung von Entwicklungsaufgaben können zu einer ressourceneffizienteren Entwicklung führen. (3) Nebenprodukte der Entwicklung können fortlaufend Automatisierungsprojekte fördern. (4) Vorzeitige Releases in Livesystemen liefern wertvolle Verbesserungsvorschläge.

✉ Alexander Skolik · Bernd Löhr · Philipp zur Heiden · Christian Bartelheimer
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Betriebliche Informationssysteme, Universität Paderborn,
Paderborn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland
E-Mail: alexander.skolik@uni-paderborn.de

Bernd Löhr
E-Mail: bernd.loehr@uni-paderborn.de

Philipp zur Heiden
E-Mail: philipp.zur.heid@uni-paderborn.de

Christian Bartelheimer
E-Mail: christian.bartelheimer@uni-paderborn.de

Schlüsselwörter Low-Code · No-Code · Automatisierung · Energie Industrie · Geschäftsprozessmanagement

Utilisation of low- and no-code applications to automate business processes in regulated energy markets

Abstract The increasing relevance of low- and no-code applications in science and practice is due to the fact that they enable companies to automate processes and activities despite limited IT skills. This is particularly important as many companies are faced with challenges such as a shortage of skilled labor and an ageing workforce. Low- and no-code applications have considerable potential to successfully implement automation despite limited resources. As part of a case study in a company in the energy sector, the challenges posed by the implementation of low- and no-code applications were analyzed and how these can be overcome. Four success factors were derived from the findings, which can serve as a basis for other companies to successfully implement the development of low- and no-code automation. (1) A minimum viable product strengthens the understanding of LCNC platforms. (2) The modularization of development tasks can lead to more resource-efficient development. (3) By-products of development can continuously support automation projects. (4) Early releases in live systems provide valuable suggestions for improvement.

Keywords Low-Code · No-Code · Automation · Energy Sector · Business Process Management

1 Einleitung

Der Klimawandel und der damit verbundene Umstieg auf erneuerbare Energien verändern die Nutzung des Stromnetzes in Deutschland. Dabei ergeben sich vor allem zwei Herausforderungen für das Stromnetz. Zum einen müssen bidirektionale Stromflüsse und dezentrale Energieerzeugung ermöglicht werden, zum anderen ist der deutsche Strommarkt stark reguliert (Smith et al. 2022). Um Monopole zu vermeiden und den Markt zu stärken, wurden Regelungen zur Entflechtung (*Unbundling*) eingeführt, die regelmäßig aktualisiert werden (Meletiou et al. 2018). Das Unbundling bezieht sich insbesondere auf die Trennung von Netzbetreibern und Energievertrieb, Industrie- und Privatkunden kommen nur mit dem Vertrieb in Kontakt, während Strom, Gas, Wasser und andere Energieträger über den Netzbetreiber zum Kunden gelangen. Der Netzbetreiber selbst ist verantwortlich für die Stromnetze sowie die Verwaltung der Energiezähler durch den Messstellenbetrieb. Dazu gehören der Ein- und Ausbau sowie die Ablesung und Sperrung der Energiezähler. Der zulässige Informationsaustausch zwischen beiden Akteuren ist in den Marktkommunikationsrichtlinien, die regelmäßig von der Bundesnetzagentur aktualisiert werden, klar definiert (González und Specht 2013). Durch die Herausforderungen der veränderten Energieströme und des Unbundlings bieten sich Potenziale und

Notwendigkeiten der Verbesserungen von Wartungsprozessen, bspw. durch neuartige digitale Plattformen (zur Heiden et al. 2024). Zudem sollten die verwendete IT-Systeme auf Soft- und Hardwareseite flexibel gestaltet sein. Darüber hinaus erfordert der Wandel zum Smart Grid und den damit verbundenen Technologien und Dienstleistungen eine digitale und schnell skalierbare Systemlandschaft. Der anhaltende Fachkräftemangel erschwert es, den Herausforderungen in diesem Bereich adäquat zu begegnen (Ethington 2022). In einer aktuellen globalen Studie für den Energiesektor wurden die Alterung der Belegschaft und der Fachkräftemangel als die größten Herausforderungen identifiziert (Czako 2020). Darüber hinaus stellt der Bedarf an qualifizierten IT-Fachkräften eine der größten Herausforderungen für Unternehmen aller Branchen dar (Peichl et al. 2022; Hillebrand et al. 2022).

Eine Möglichkeit zur Überwindung von Ressourcenengpässen bieten Low- und No-Code (LCNC)-Anwendungen (Carroll und Maher 2023). Besonders LCNC-Plattformen bieten die Möglichkeit, Prozessautomatisierungen schnell und mit geringen Programmierkenntnissen über grafische Nutzerinterfaces umzusetzen (Carroll und Maher 2023; Matook et al. 2023). Während davon auszugehen ist, dass LCNC-Plattformen zukünftig vermehrt von Unternehmen eingesetzt werden, um die digitale Transformation zu vollziehen, stehen bereits aktuell Implementierungs- und Anwendungsansätze für diese Technologie zur Verfügung (Prinz et al. 2023). Daher stellt sich für diesen Artikel folgende Forschungsfrage:

Wie setzen Unternehmen LCNC-Plattformen erfolgreich ein, um ihre Prozesse zu automatisieren?

Die Beantwortung der Forschungsfrage erfolgt mittels einer Einzelfallstudie bei einem deutschen Netzbetreiber, welcher eine LCNC-Plattform verwendet, um seine Geschäftsprozesse zu automatisieren. Der größte Engpass des Netzbetreibers ist der Mangel an Prozess- und Digitalisierungsexperten, welcher zu einer Herausforderung bei der Ressourcenallokation führt. Der Netzbetreiber versucht, dieses Problem durch den Einsatz von LCNC-Plattformen zur Entwicklung von Prozessautomatisierungen zu lösen. Im Rahmen der Begleitung des Unternehmens bei der Umsetzung des Vorhabens konnten vier Erfolgsfaktoren identifiziert werden, die eine erfolgreiche Umsetzung von LCNC-Automatisierungsprojekten ermöglichen: (1) Die Entwicklung eines Minimum Viable Products (MVP) erlaubt die Erfassung der Potenziale von LCNC-Plattformen. (2) Die Entwicklung einzelner Entwicklungsmodule sowie (3) die Verwendung von Nebenprodukten als Grundlage für weitere Automatisierungsprojekte unterstützt Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter während des Projektes. (4) Ein früher Release dieser Entwicklungsmodule reduziert den Arbeitsaufwand der Mitarbeitenden. Die genannten Erfolgsfaktoren erlauben Praktikern eine bessere Gliederung von LCNC-Automatisierungsprojekten, während Forscher die Möglichkeit haben, die Erfolgsfaktoren weiterzuentwickeln, um Maßnahmen zur Entwicklung und Implementierung in LCNC-Automatisierungsprojekten abzuleiten.

Dieser Artikel ist wie folgt strukturiert: Zunächst werden der Hintergrund und die angewendete Forschungsmethode beschrieben, gefolgt von der Beschreibung der Grundlagen des Projektes. Im Anschluss wird der in der Fallstudie betrachtete Anwendungsfall anhand von vier Entwicklungsphasen beschrieben und die ermittelten Erfolgsfaktoren diskutiert.

2 Hintergrund

LCNC-Plattformen lassen sich der deklarativen Programmierung zuordnen (Prinz et al. 2023). Im Vergleich zu herkömmlichen Programmiersprachen lassen sich LCNC-Plattformen als grafische Benutzeroberflächen zur automatisierten Codegenerierung definieren (Matook et al. 2023). Im Hintergrund nutzen LCNC-Plattformen Application Programming Interfaces (APIs), um Interaktionen zwischen verschiedenen Quellsystemen zu ermöglichen (Hurlburt 2021). Anstelle von umfassenden Programmierkenntnissen werden von den Entwicklern verschiedene grafische Komponenten genutzt, um eine Software zu entwickeln oder deren Konfiguration vorzunehmen (Sanchis et al. 2020). Des Weiteren eignen sich LCNC-Plattformen für die Umsetzung von Automatisierungsprojekten, beispielsweise im Kontext von Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen (Sanchis et al. 2020; Hurlburt 2021). Auf diese Weise wird auch nicht-IT-affinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Möglichkeit eröffnet, ihren Aufgabenbereich durch den Einsatz von LCNC selbstständig zu automatisieren (Prinz et al. 2023). Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können LCNC-Plattformen nutzen, um eigene Anwendungen oder Workflows in der grafischen Oberfläche zu entwickeln. Der dazugehörige Code wird von der LCNC-Plattform selbst generiert und ausgeführt. Dies ermöglicht eine Steigerung der Agilität im Unternehmen sowie eine Senkung der Kosten. Insbesondere für Geschäftsprozesse, die häufig durchgeführt werden, aber wenige Varianten aufweisen, eignet sich diese Art der Prozessautomatisierung (van der Aalst et al. 2018).

3 Methodisches Vorgehen

Fallstudien betrachten einzelne oder mehrere Anwendungsfälle im Detail (Schoch 2020). Ihr Ziel besteht darin, ein tiefgreifendes Verständnis für einen als relevant erachteten Themenkomplex zu erlangen (Cousin 2005). In Einzelfallstudien wird ein geeigneter Fall dabei durch dessen besondere Qualifikationen für die Betrachtung des Untersuchungsgegenstands identifiziert (Schoch 2020). Die Sammlung der Erkenntnisse und Evaluation des Falles erfolgt durch die intensive Auseinandersetzung mit verschiedenen Daten (Schoch 2020). Interviews und Zugriff auf entsprechende Dokumentationen können genauso verwendet werden wie die Teilnahme am Projekt und entsprechende Observationen (Yin 2018).

Um Erfolgsfaktoren für die Nutzung von LCNC-Anwendungen erheben zu können, wurde diese Fallstudie bei einem regionalen Energienetzbetreiber durchgeführt, welcher zuvor erfolgreich mehrere LCNC-Projekte durchgeführt hat. Konkret wird ein Digitalisierungsprojekt betrachtet, welches durch Automatisierung Prozessdurchlaufzeiten und Fehlerquoten verringern möchte. Das Projekt verfolgte konkret das Ziel der Automatisierung und Verbesserung des Prozesses zum Ablesen von Energiezählern bei Kunden.

Ein Autor dieses Artikels war während der gesamten Projektlaufzeit als Teil des Entwicklerteams vor Ort. Darüber hinaus wurden zur Datenerhebung vier einstündige, semi-strukturierte Interviews geführt, welche nachfolgend transkribiert und kodiert wurden. Interviewpartner waren ein Abteilungsleiter, ein Teamleiter, ein

Endnutzer und eine Entwicklerin. Letztlich wurden Kennzahlen zu Prozessdurchlaufzeiten und -fehlerquoten zu Beginn, während und zum Ende des Projektes erhoben, um den Effekt des Projektes quantifizieren zu können.

4 Fallbeschreibung

Ende 2020 startete der Netzbetreiber mit einer Automatisierungsinitiative, um aufkommenden Problemen wie dem Mangel an Fachkräften und fortlaufenden Änderungen durch das Unbundling entgegenzuwirken. Dynamischere und zeitsparendere Geschäftsprozesse sollten so die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entlasten. Als Teil dieser Initiative wurde daher die LCNC-Automatisierungssoftware *Make* als Teil der Software *Celonis* implementiert. Die LCNC-Komponenten erleichtern das Konfigurieren von Analysen und das Entwickeln von Automatisierungen durch das Anwählen von Daten und Operationen.

Auswertungen von Fehlerraten und Durchlaufzeiten ergaben, dass die Vorbereitung zur Ablesung von Energiezählern im Durchschnitt 90 min manuellen Aufwand darstellt und die größte Fehlerquelle für nicht erfolgreiche Ablesungen ist. Die Durchlaufzeit ist definiert als die Zeitspanne zwischen dem Beginn und dem Abschluss eines Prozesses. Sie setzt sich aus den manuellen Aktivitäten im Prozess zusammen. Die Fehlerrate ist definiert als die Anzahl der Belege, in denen kein Ableseergebnis ermittelt werden konnte gegenübergestellt mit der Anzahl aller Belege. Diese manuellen Arbeitsschritte bieten ein beträchtliches Potenzial für eine automatisierte und digitalisierte Lösung. Es sollte daher angestrebt werden, dass andere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Möglichkeit erhalten, die Tätigkeiten ohne tiefere Einarbeitung zu übernehmen.

Abb. 1 visualisiert den Ist-Ableseprozesses mit drei beteiligten Akteuren: dem Dienstleister, dem Messstellenbetreiber und dem Vertrieb. Der Ableseprozess beginnt wöchentlich mit einer Vorbereitung der Ablesebelege. Die entstandenen Ableseaufträge werden manuell exportiert und um Adressinformationen und Anrede-schlüssel aus dem Vertriebssystem ergänzt. Auf Basis dieser Informationen kann eine Klassifizierung vorgenommen werden, ob ein Kunde die Ablesung selbstständig durchführen kann oder ob ein Dienstleister zur Ablesung geschickt werden muss. Eine fehlerhafte Zuordnung kann dazu führen, dass kein Zählerstand ermittelt werden kann, was wiederum eine fehlerhafte Abrechnung der Kunden zur Folge haben kann. Innerhalb der Marktkommunikation erfolgt eine Verwendung der Adressen zur Ermittlung des aktuellen Geschäftspartners. Ein Adressabgleich ist erforderlich, da Kunden in der Regel nur dem Vertrieb Änderungen mitteilen, diese jedoch nur begrenzt an die Netze weitergeleitet werden können. Nach Abschluss der vorangehend beschriebenen Tätigkeiten kann der Dienstleister die Ablesung vornehmen. Der Prozess ist für den Messstellenbetreiber mit dem Erhalt von Messergebnissen abgeschlossen.

Die Komplexität der Aktivitäten führt dazu, dass andere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Aufgaben nur schwer übernehmen können. Die mit den Aktivitäten verbundene Komplexität sorgt so für erhöhte Fehlerraten und Nachbesserungen. Daher eignet sich dieser Prozess als Kandidat für ein Automatisierungsprojekt (van der

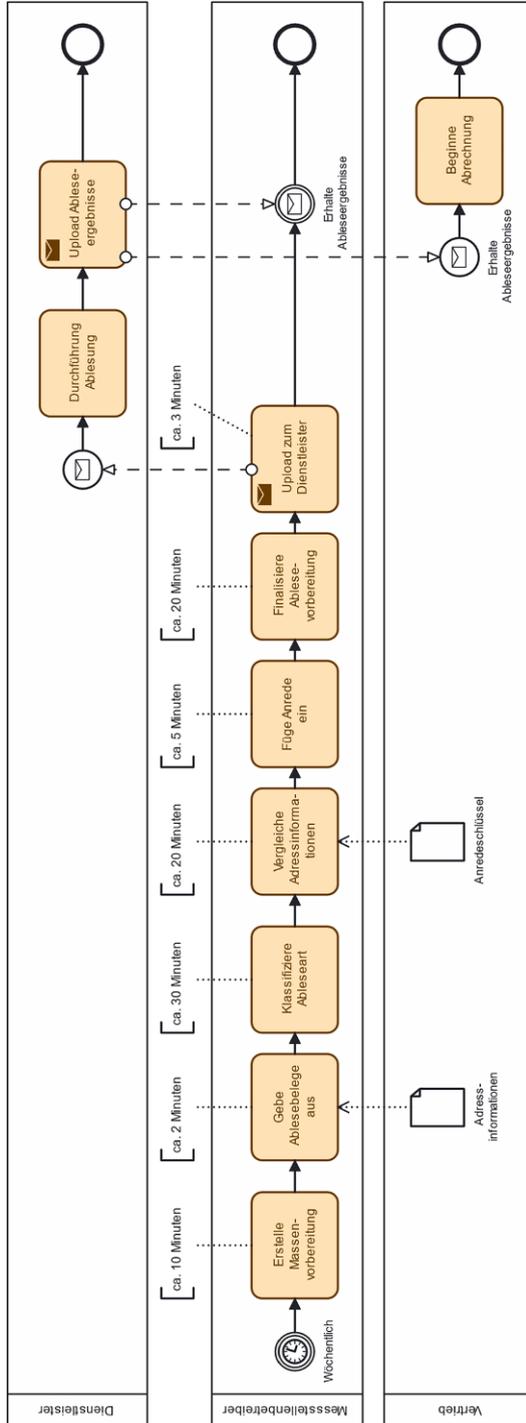


Abb. 1 Vereinfachter Ist-Ableseprozess in BPMN

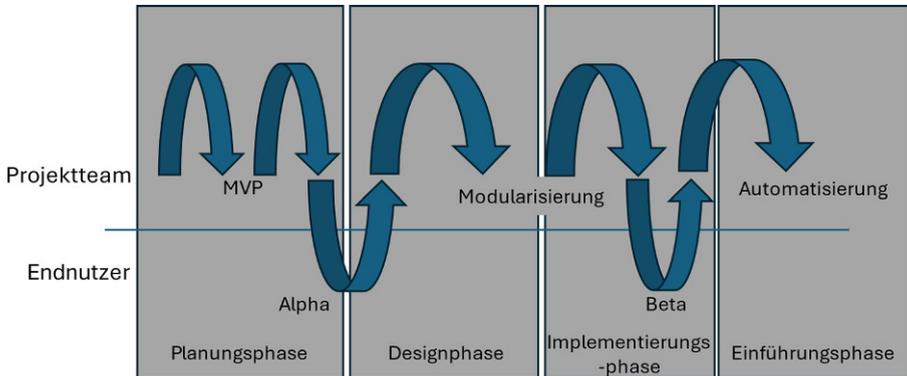


Abb. 2 Vorgehen im LCNC-Automatisierungsprojekt

Aalst et al. 2018). Da die Aktivitäten eine weitestgehend standardisierte Vorgehensweise mit einer mittleren Häufigkeit besitzen, können hier die Vorteile von LCNC-Automatisierungen ausgespielt werden.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde ein Team aus zwei Prozessexperten und zwei Entwicklern zusammengestellt, um die anstehenden Aufgaben zu bewältigen. Die Prozessexperten trugen ihr Prozesswissen bei, während die Entwickler die LCNC-Entwicklungsumgebung nutzten, um die Entwicklungsaufgaben durchzuführen. Abb. 2 veranschaulicht die verschiedenen Entwicklungsphasen sowie die Interaktionen zwischen dem Projektteam und den Endnutzern. Die im Sommer 2022 initiierte Planungsphase fokussierte sich insbesondere auf die Entwicklung eines MVP, welches den involvierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die potenziellen Einsatzmöglichkeiten der LCNC-Plattform veranschaulichen sollte. Infolgedessen konnten innerhalb weniger Wochen die ersten Ergebnisse den Projektmitgliedern in Form eines MVPs präsentiert werden, wodurch das Verständnis für die Möglichkeiten der Software erweitert wurde. In der vierwöchigen Designphase wurden spezifische Funktionen gestaltet und mit den Endnutzern bei der Verwendung einer Alphaversion der LCNC-Automatisierung abgestimmt. Im Rahmen der Modularisierung wurden Analysen und Automatisierungen zunächst durch die Kombination von beschleunigter Entwicklung aus LCNC-Plattformen und Wissen spezifisch für Endnutzer aufgebaut. Auf diese Weise konnten zusätzliche Anforderungen durch die Entwickler einfacher implementiert werden. In der darauffolgenden Implementierungsphase wurden die Funktionalitäten der Module in einer Betaversion über mehrere Monate hinweg mit den Endnutzern getestet. Schließlich wurde die entwickelte Automatisierung im Rahmen der Einführungsphase mit dem Feedback aus der Betaversion in den Produktivbetrieb implementiert. Die Produktivsetzung erfolgte Ende 2022.

5 Vier phasenabhängige Erfolgsfaktoren zur Entwicklung von LCNC-Automatisierungen

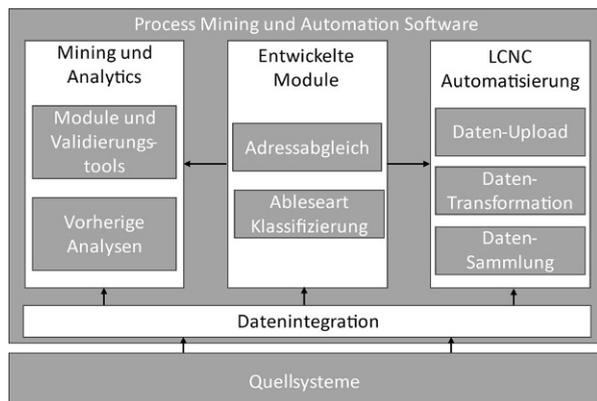
5.1 Planungsphase: Verständnis für Möglichkeiten von LCNC

Im Rahmen der Planungsphase ist es erforderlich, das Bewusstsein für die Möglichkeiten von LCNC-Plattformen innerhalb des Unternehmens zu stärken. Die LCNC-Plattform ermöglicht die zeitnahe Evaluierung diverser Lösungsansätze und Vorgehensweisen (Pinho et al. 2023). Der Mangel an Personal sowie die damit einhergehenden Probleme bei der Ressourcenallokation führen dazu, dass Prozessexperten nur über einen begrenzten Zeitraum verfügen, um die Entwicklung zu unterstützen. Diese Problematiken können bereits in der Planungsphase adressiert werden.

Das primäre Ziel besteht folglich darin, Prozessexperten ein grundlegendes Verständnis hinsichtlich der Möglichkeiten und Einschränkungen der LCNC-Plattform zu vermitteln. Ein MVP ermöglicht die Demonstration des innovativen Potenzials der LCNC-Plattform. Anhand künstlich generierter Daten kann ein fallspezifischer MVP als Prototyp entwickelt werden. Durch die Visualisierungsmöglichkeiten der LCNC-Plattform erhalten Prozessexperten einen Einblick in die Funktionsweise anhand eines arbeitsalltäglichen Beispiels. Dies ermöglichte im betrachteten Fall eine schnelle und übersichtliche Darstellung der Aufgaben und Anforderungen der Prozessexperten in einer zusammenhängenden grafischen Übersicht (siehe Anhang Abb. 5). Die erste Evaluation zeigte, dass die Prozessexperten die Funktionen der Plattform und der Technologie erfolgreich anwenden konnten. Dadurch war es möglich, detailliertes Feedback zu sammeln und die Anforderungen für die folgenden Phasen zu präzisieren. Die Erstellung des MVPs wurde von einer Entwicklerin als „essenzieller Grundstein, um eine klare Vision unter den Projektteilnehmern zu erstellen“, bezeichnet.

Erfolgsfaktor 1. Entwicklung eines MVP: Innerhalb der Planungsphase müssen Kenntnisse zur Technologie und deren Verwendung gesammelt werden. Diese Kenntnisse können anwendungsspezifisch in einem MVP gesammelt und vorgestellt werden.

Abb. 3 Finale Systemarchitektur



5.2 Designphase: Aufteilung des Projektes in einzelne Entwicklungsmodule

In der zweiten Phase erfolgte eine Weiterentwicklung des MVP zu einer Alpha-version. Aufgrund der Anforderungen des Tagesgeschäfts war es den Prozessmitarbeiterinnen und -Mitarbeitern nicht möglich, sich vollständig auf das Projekt zu konzentrieren. Das Projektziel bestand in der Entwicklung eines digitalisierten und automatisierten Prozesses für die Ablesevorbereitung. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde eine Aufteilung der Automatisierung in mehrere kleine Module empfohlen. Aktivitäten, die unmittelbar nacheinander durchgeführt werden, können als ein Modul entwickelt werden. Die einzelnen Module können unabhängig voneinander automatisiert werden. Die Entwicklung an anderen Modulen kann

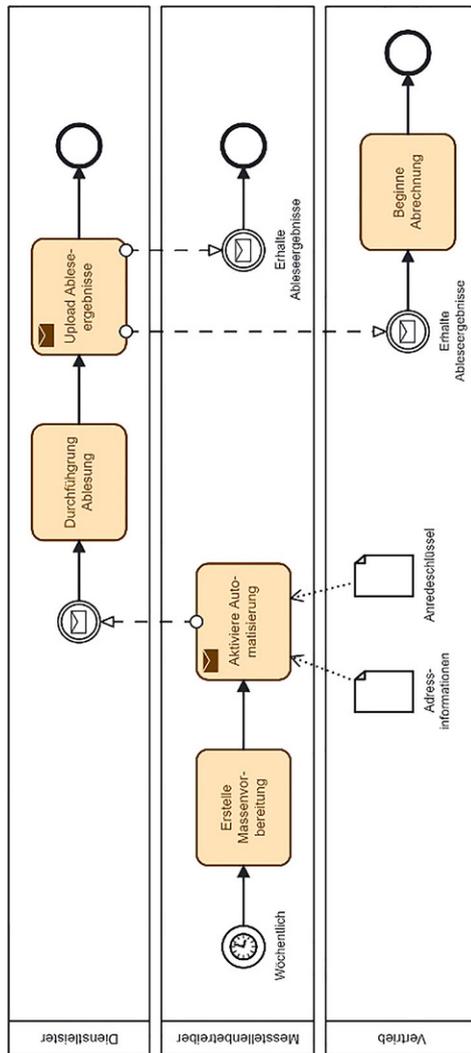


Abb. 4 BPMN-Model nach Release der Automatisierung

folglich ohne Unterbrechung fortgesetzt werden, bis eine Rückmeldung der Prozessexperten erfolgt ist. Dies erlaubte den Entwicklern, das Projekt mit minimalen Verzögerungen weiterzuführen.

Abgesehen von der Datenerhebung und -übermittlung lassen sich zwei weitere Module aus dem Prozessfluss ableiten. In einem ersten Schritt ist eine Klassifizierung der Kunden erforderlich, um festzustellen, welche Kunden selbst Zählerergebnisse übermitteln können und welche Kunden durch den Dienstleister abgelesen werden sollen. Des Weiteren ist das Abgleichen der Adressen mit dem Vertriebssystem als Modul zu betrachten. Zu diesem Zweck müssen die Adressinformationen zunächst gesammelt und gegebenenfalls für den Ableseauftrag aktualisiert werden. Die entwickelten Module können zudem in Analysen und Dashboards für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter innerhalb der LCNC-Plattform aufbereitet werden. Auf diese Weise können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einzelne Module nutzen, bevor sie in einer vollständigen Automatisierung verwendet werden (siehe Anhang Abb. 6). Der Teamleiter beschrieb die Entwicklungen mitsamt den beschränkten Ressourcen wie folgt: „Es war nicht von größter Wichtigkeit alles sofort fertig zu haben, sondern wir wollten Schritt für Schritt gehen.“

Erfolgsfaktor 2. Modularisierung der Automatisierung: Die Aufteilung eines Automatisierungsprojekts in einzelne Entwicklungsmodule ist empfehlenswert, um Leerlaufzeiten zu vermeiden und die Implementierung von Projektergebnissen in kontinuierlichen Zyklen zu gewährleisten.

5.3 Implementierungsphase: LCnc zur Entwicklung von Nebenprodukten

Für eine effektive Bestimmung der Ableseart wurden neben der Anzahl der Zähler an einer Adresse auch weitere Kundeninformationen benötigt. Diese Kundeninformationen mussten zunächst aus verschiedenen Systemen gesammelt und anschließend transformiert werden. Nach dem Hochladen der Daten in die LCNC-Plattform konnte eine erste Klassifizierung der Energiezähler vorgenommen werden. LCNC-Automatisierungen ermöglichen die standardisierte Ausführung innerhalb weniger Minuten. Im Anschluss an die Automatisierung können so Ergebnisse geprüft und auf diese Weise Vorschläge für Verbesserungen gesammelt werden. Für das Adressabgleichmodul wurden Daten aus zwei Systemen verglichen. Mithilfe der LCNC-Entwicklungsumgebung konnte ein entsprechender Vergleich mithilfe einer regelbasierten Logik entwickelt und getestet werden.

Die LCNC-Plattformen heben sich insbesondere durch eine Beschleunigung der Entwicklungsprozesse hervor, sodass Vergleiche in der Plattform selbst entwickelt werden können (Pinho et al. 2023). Die Verwendung von LCNC-Plattformen erlaubt die Generierung von weiteren Anhaltspunkten zur kontinuierlichen Verbesserung bereits während des Projektverlaufs. Durch die Verwendung von Validierungstools kann die Datenextraktion, Transformation und Validierung an jeder Stelle durchgeführt werden. Während dem damit einhergehenden Austausch von Adressdaten ist ebenfalls deutlich geworden, dass diese Validierungstools den Messstellenbetrieb unterstützen können. Die Validierungstools können als Nebenprodukte angesehen werden und besitzen einen hohen technischen Reifegrad. Daher müssen sie nur hin-

sichtlich der Nutzerfreundlichkeit angepasst werden. Die Verwendung historischer Daten sowie die Optimierung der Logiken können dazu beitragen, die Erfolgsquote von Ablesungen zu erhöhen. Die genannten Nebenprodukte können darüber hinaus für die Initiierung weiterer Projekte oder die Unterstützung spezifischer Abteilungen genutzt werden. Systemasymmetrien der Adressdaten können beispielsweise mithilfe des Validierungstools zu Adressen behoben werden (siehe Anhang Abb. 7). Nach Aussage des Teamleiters bestehe die Möglichkeit, mit den Nebenprodukten weitere Projekte in den Bereichen Dienstleistersteuerung und Qualitätsmanagement anzustoßen.

Nachdem die Designaufgaben erfüllt wurden, konnten die bereits entwickelten Module innerhalb der LCNC-Plattform mit wenigen Änderungen zeitnah genutzt werden. Durch diese Änderungen sind nun nicht nur das Reporting und die Automatisierung zugänglich, sondern auch die analytischen Oberflächen innerhalb der Celonis Software. Die Endnutzer können so die Daten aus dem Projekt nutzen, bevor die komplette Automatisierung entwickelt wurde.

Erfolgsfaktor 3. Ausbau von Nebenprodukten: Die LCNC-Plattformen ermöglichen die Weiterentwicklung von Nebenprodukten, wobei der Aufwand hierfür gering ist. Da die Nutzer die Nebenprodukte bereits im Rahmen der Validierung der Projektergebnisse kennengelernt und angewendet haben, können sie die Tools unmittelbar in ihren Arbeitsalltag integrieren.

5.4 Einführungsphase: Früher Release der Module

LCNC-Plattformen ermöglichen eine einfache Anpassung der einzelnen Module sowie eine zeitnahe Release derselben. Die Resultate der einzelnen Module können derart konfiguriert werden, dass die Ausgabe der Daten mit derjenigen der vorherigen Lösung übereinstimmt. In dem betrachteten Fall konnten die aus den Modulen stammenden Daten durch den Endnutzer gesammelt und anschließend zum Dienstleister hochgeladen werden. Die Durchlaufzeit konnte bereits bei den Bearbeitungsaktivitäten von 90 min auf zehn Minuten reduziert werden. Die dadurch zur Verfügung stehende Zeit konnte folglich von den Prozessexperten wieder dem Projekt zugeordnet werden. Dies ermöglichte eine Erhöhung der Entwicklungsgeschwindigkeit für die verbleibenden Module im Projekt. Ein weiterer Vorteil der frühen Implementierung besteht in der Möglichkeit, die Module im Rahmen des operativen Tagesgeschäfts zu testen, beispielsweise hinsichtlich der Handhabung verschiedener Dateiformate. Des Weiteren wurde die Anwendbarkeit und Prüfbarkeit der Daten erheblich verbessert. Anstatt der technischen Namen konnte nun kategorisch zwischen Kunden-, Anlage- und Zählerinformationen unterschieden werden. Durch die LCNC-Plattform war es in beiden Fällen möglich, ad hoc Tests durchzuführen. Da mehrere Unternehmen in den Prozess eingebunden waren, konnte mithilfe der LCNC-Entwicklungsumgebung eine für alle Prozessteilnehmer passende Lösung entwickelt und die Flexibilität erhöht werden.

Die automatische Upload-Funktion konnte, durch die im Lieferumfang der LCNC-Plattform enthaltenen Komponenten ausgeführt werden. Im finalen Schritt erfolgte die Verbindung der entwickelten Module. In diesem Zusammenhang sind

das Entfernen von Programmierfehlern, eine visuelle Aufbereitung sowie die Einbindung in Kontrollstrukturen zu nennen. Die LCNC-Entwicklungsumgebung erwies sich beim Entfernen von Programmierfehlern als vorteilhaft, da sie die Bearbeitung der Daten durch vorgefertigte Konfigurationen erleichterte. Die Durchführung der finalen Anpassungen konnte somit ohne nennenswerte Schwierigkeiten realisiert werden. Die erhöhte Sichtbarkeit der einzelnen Schritte ermöglichte eine effektive Behebung potenzieller Fehler innerhalb der LCNC-Entwicklungsumgebung. Die grafische Oberfläche ermöglichte es Prozessexperten, die zeitlichen Abläufe besser nachzuvollziehen und potenzielle Fehlerquellen zu identifizieren. Dadurch konnten etwaige Probleme unmittelbar und präzise adressiert werden. Die automatische Speicherung von Ausführungsdaten gewährleistet eine effiziente Weitergabe von Kontrollmechanismen an entsprechende Systeme. Die gespeicherte Konfiguration konnte so anschließend für künftige Projekte wiederverwendet werden. Der Abteilungsleiter betonte insbesondere die geschaffene Zeiteffekte und Entlastung: „So hat man direkt einen spürbaren und positiven Effekt im Zeitaufwand, was dann Zeit fürs Projekt gewonnen hat und mental für die Psyche.“

Erfolgsfaktor 4. Früher Release der Module: Ein früher Release einzelner Entwicklungsmodule erlaubt die Nutzung von Teilautomatisierungen bereits vor Projektende in Produktivsystemen. Dies ermöglicht Endnutzern einen frühen Einstieg in die neuen Tools und dementsprechend die Schaffung von Vertrauen in die entwickelte Lösung. Die durch die Teilautomatisierung freiwerdenden Ressourcen können wiederum in das Projekt integriert werden.

Abb. 3 zeigt die entwickelten LCNC-Module und ihre Interaktionen in der Automation-Software als fertige Instanzierung zum Projektende. Diese erhält ihre Daten aus den Quellsystemen. Die entwickelten Module unterstützen die Analyse-Möglichkeiten der Software. Innerhalb der Automatisierungsmöglichkeiten werden die Daten gesammelt, transformiert und zum Upload bereitgestellt (siehe Anhang Abb. 8). So ergänzen die geschaffenen Module vorherige Analysen um operative Informationen und erlauben ein effizienteres Bearbeiten weiterer ableserelevanter Fälle.

Abb. 4 veranschaulicht wie sich die entwickelten Module und Automatisierung auf den finalen Ableseprozess auswirken. In dem in Abb. 1 eingeführten Ableseprozess werden so die Aktivitäten um die Vorbereitung der Zähler durch das Modul „Ableseart Klassifizierung“ übernommen. Die Aktivitäten zu Adressinformationen werden vom Adressabgleichs-Modul übernommen. Der Upload der Daten ist Teil der Automatisierung und führt dazu, dass all diese Aktivitäten im neuen Prozess durch die Aktivität „Aktiviere Ablesevorbereitung“ automatisch ausgeführt werden. Der neu gestaltete Prozess weist eine deutliche Verkürzung der Durchlaufzeit auf und bietet aufgrund der optimierten Abläufe eine geringere Fehlerquelle. Die Rolle des Prozessexperten verändert sich durch diese Anpassungen von dem Ausführen manueller Arbeiten, zum Orchestrieren der Automatisierung und der Prüfung der Daten. Erweiterte SAP- und Excel-Kenntnisse sind nun nicht mehr notwendig. Stattdessen müssen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter innerhalb der LCNC-Plattform prüfen, ob die Daten mit denen der Quellsysteme übereinstimmen. Durch automatische Kontrollmechanismen sind diese Aufgaben allerdings mit wenig fachspezifischem Wissen verbunden und verringern die Einstiegsbarriere in den Prozess.

6 Diskussion der Erfolgsfaktoren für LCNC-Projekte

Tab. 1 zeigt die vier aus der Fallstudie für LCNC-Automatisierungsprojekte abgeleiteten Erfolgsfaktoren. Die Erfolgsfaktoren, je zugehörig zu einer Projektphase, ermöglichen dabei die beschleunigte Entwicklung und das erhöhte Vertrauen in die mit LCNC-Programmierung verbundenen Technologien. In der **Planungsphase** sollte daher bereits ein MVP dazu verwendet werden, um erste Einblicke in die Funktionsweise zu erhalten. Dies deckt sich mit der von Käss et al. (2023) dargestellten Empfehlung zur Reduktion von Eintrittsbarrieren. In Hinblick auf die Konzeption flexibler Systeme, beispielsweise zur Erfüllung der Anforderungen des Unbundlings, kann ein breites Verständnis der Möglichkeiten von Nutzen sein. Ein verbesserter Überblick über die Systemlandschaft kann somit langfristig aufgebaut werden, wie der Product Owner beschreibt.

Das Hauptziel der **Design Phase** bestand darin, die vorhandenen Ressourcen bestmöglich einzusetzen, um dem Problem der Ressourcenallokation entgegenzutreten. Carroll und Maher (2023) beschreiben, dass der Fachkräftemangel und steigende Erwartungen an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der digitalen Transformation entgegenstehen können. Dies unterstreicht auch ein Prozessexperte, so müsse eine zielgerichtete Projektarbeit besonders mit Hinblick auf den Alltag der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zugeschnitten werden. Der zweite Erfolgsfaktor thematisiert daher die Aufteilung des Projektes in mehrere Module, wodurch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter effizienter sowie flexibler in das Projekt eingespannt werden, ohne für große Unterbrechungen im Tagesgeschäft zu sorgen. Weiterhin können die Module entsprechend ihrer Fertigstellung kombiniert werden.

Der dritte Erfolgsfaktor bezieht sich auf die erzeugten Nebenprodukte, welche zur Validierung der LCNC-Komponenten in der **Implementierungsphase** entwickelt wurden. Diese Nebenprodukte können den Arbeitsalltag weiter unterstützen, weshalb sie ebenfalls den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zugänglich gemacht werden sollten. Ebenso kann so eine kontinuierliche Verbesserung und weitere Automatisierungsprojekte im Unternehmen angestoßen werden. Eine selbsttragende Verbesserung des Alltags der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sei so möglich, beschreibt der Product Owner. Weitere Folgeprojekte in verwandten Themen können anhand dieser Nebenprodukte ausgelöst werden, ergänzt ein Prozessexperte.

Die von Käss et al. (2023) und Carroll und Maher (2023) beschriebenen Barrieren, d. h., der Fachkräftemangel sowie die Eintrittshürden für neue Technologien, wirken sich ebenfalls auf die **Einführungsphase** aus. Der vierte Erfolgsfaktor besteht darin, dass die geschaffenen Lösungen genutzt werden, sobald sie bereit sind und nicht erst am Ende des Projekts. Aufgrund der Unterstützung des operativen Geschäfts stehen die geschaffenen Mehrwerte unmittelbar für das Projekt zur Verfügung. Eine verstärkt agile Softwareentwicklung steht somit im Vordergrund. Die zuvor aufkommenden Herausforderungen zur Systemflexibilität und Ressourcenallokation spielen ebenfalls an dieser Stelle eine Rolle. Die frühe Verwendung der Module erlaubt es, die Endnutzer mitzunehmen und auf dem aktuellen Stand in der Systemlandschaft zu halten, bescheinigt der Product Owner. Durch den Forschungsbezug und die Ergebnisse der Fallstudie können die genannten Erfolgsfaktoren LCNC-Automatisierungsprojekte über die gesamte Entwicklungsdauer hinweg unterstützen.

Tab. 1 Übersicht der Erfolgsfaktoren

Phase	Herausforderung	Erfolgsfaktor	Implikation für LCNC-Automatisierungsprojekte
Planung	Systemflexibilität	Verstehen der Möglichkeiten von LCNC-Plattform	Ein MVP, welches die Hauptprobleme der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in einer vereinfachten Darstellung widerspiegelt, kann als Konzeptionsnachweis dienen. Durch das Verständnis für LCNC und dessen Unterstützung im Arbeitsalltag, können weitere Automatisierung Initiativen geschaffen werden
Design	Ressourcenallokation	Ressourceneffiziente Aufteilung des Projektes in Entwicklungsmodule	Ein Automatisierungsprojekt sollte die verschiedenen Aktivitäten in Module aufteilen. Dieses Vorgehen bei LCNC-Automatisierungsprojekten erlaubt eine ressourceneffiziente Entwicklung. Die einzelnen Module können dann Baukastenähnlich weiterverwendet werden
Implementierung	Kontinuierliche Verbesserung	Nutzung von Nebenprodukten zur Beschleunigung der Transformation	Während der Implementierungsphase werden zahlreiche Unterstützungstools als Nebenprodukt entwickelt. Diese Nebenprodukte können den operativen Alltag unterstützen oder neue Projekte begründen
Einführung	Systemflexibilität und Ressourcenverwendung	Frühe Verwendung der Module zur Ressourcenallokation	Das Abschließen eines Entwicklungsmoduls resultiert in der Automatisierung einiger Aktivitäten. Wenn diese den Endnutzern zugänglich gemacht werden, kann davon ausgegangen werden, dass die freigewordenen Ressourcen dem Projekt zugänglich gemacht werden können. Die Entwicklungsgeschwindigkeit kann so beschleunigt werden

7 Fazit

Die Fallstudie bei dem Netzbetreiber zeigt, dass LCNC-Plattformen zur Prozessautomatisierung erfolgreich genutzt werden können. Die Implementierung einer automatisierten Ablesevorbereitung resultierte in einer signifikanten Reduktion der Durchlaufzeit der Aktivitäten von 90 min auf zunächst zehn Minuten. Die Vollautomatisierung führte zu einer Reduktion der Durchlaufzeit auf zwei Minuten. Besonders hervorzuheben ist eine Verbesserung der erzielten Ableseergebnisse um 10 %. Durch die verbesserte Anwenderfreundlichkeit konnten bereits zwei weitere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Prozess geschult werden. Die Forschungsfrage nach Faktoren für eine erfolgreiche Entwicklung und Anwendung von LCNC-Automatisierungen kann daher wie folgt beantwortet werden.

Ein MVP kann bereits vielen Problemen vorbeugen. Auf dessen Grundlage kann das Projekt in Module unterteilt werden, die unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Die einzelnen Module können so genauer validiert werden und die daraus entstehenden Nebenprodukte können dann den Endnutzern zusammen mit den Modulen schnellstmöglich zugänglich gemacht werden. Die genannten Erfolgsfaktoren können dazu beitragen, die Entwicklung trotz kleinteiliger Iterationen zu beschleunigen. Dies führt zu einer optimierten Ressourcenallokation sowie einer projektübergreifenden Nutzung der entwickelten Lösungen. Insbesondere projektübergreifende Lösungen bergen das Potenzial, weitere Automatisierungsprojekte zu initiieren. Beim Netzbetreiber dienen diese Erfolgsfaktoren als Blaupause für weitere Automatisierungsprojekte und können auch in anderen Energieunternehmen und Industriezweigen eingesetzt werden.

Limitiert werden die Erfolgsfaktoren dabei besonders hinsichtlich der Erfahrungswerte der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, da die Entwickler bereits Erfahrungen mit Softwareprojekten aufweisen konnten. Die Verwendung von interner Entwicklungsarbeit im Gegensatz zur Verwendung von Dienstleistern beschreibt eine weitere Limitation. Weitere Kommunikationsschleifen mit Dienstleistern würden die Vorteile der Erfolgsfaktoren dementsprechend schmälern. Die Erfolgsfaktoren stammen aus einer Einzelfallstudie, weshalb die Generalisierbarkeit fortlaufend in anderen Kontexten validiert werden sollte.

Praktiker können diese Erfolgsfaktoren in Automatisierungsprojekte einbinden, um so fortlaufend mittels LCNC-Plattformen Automatisierungsprojekte zu gestalten. Die Erfolgsfaktoren erweitern dabei die aus der Literatur bekannten Vorteile von LCNC-Automatisierungen um konkrete Handlungsempfehlungen. Forscher können so auf einen Maßnahmenkatalog für Anforderungen und Herausforderungen von LCNC-Projekten hinarbeiten. Ebenfalls deuten die Erfolgsfaktoren darauf hin, dass das Vertrauen in die Technologie und deren Akzeptanz maßgeblich beeinflusst wird. Vertrauen könnte so eine Dimension für speziell auf LCNC-Plattformen bezogene Technologie-Akzeptanz-Modelle darstellen und bedarf weiterer Untersuchung.

8 Anhang

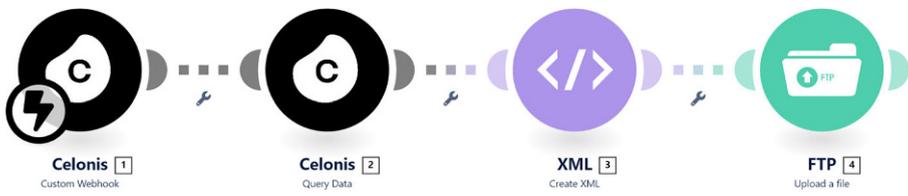


Abb. 5 MVP der Automatisierung

Tour		AO		Ablesen		Adressabgleich															
Jahr	ME_MA_ID	AO	Ablesen	ME...	Anrede	NAM...	NAM...	NAM...	NAM...	Vorn...	Nach...	Street	Haus...	Erga...	Postf...	PLZ...	Postl...	Post...	Ort	Orts	
		75039550	Ablesen	DE99...	Ehele...	E				E	E	V	3	-	-	-	-	5		W	
		75039551	Ablesen	DE99...	Firma	I				I	K	N	34	-	-	-	-	5		W	
		75039552	Ablesen	DE99...	Herr	H				H	K	N	36	-	-	-	-	5		N	

Abb. 6 Früher Release der Module zu Ableseklassifizierung und Adressabgleich

HAUS	Zahlpunkt...	POST_C...	Anrede	Vorgeschlagener Name	PLZ	STREET	HOUSE_NUM1	CITY1	CITY2_VERTRIEB	POSTFACH
75032...	DE99999...	-	Firma	th	58119	Or		Hagen	-	9
751160...	50935667...	65102	Herrn	Fr	65102	-		Wiesbaden	-	6
75038...	DE99999...	-	Herrn	Hg	58849	In		Herscheid	-	5
75040...	50933144...	-	Frau	Md	58846	63		Herscheid	-	5

Abb. 7 Nebenprodukt zur Behebung von Adressschiefständen

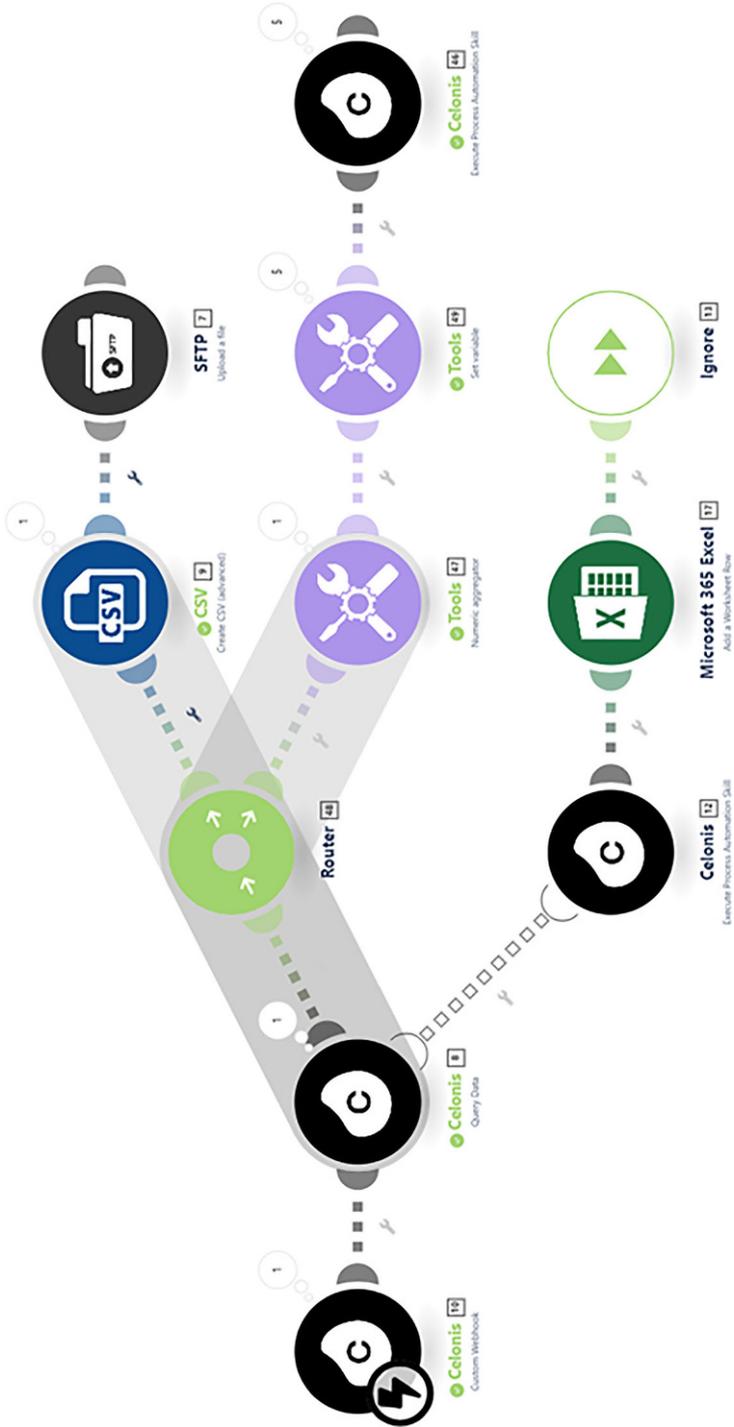


Abb. 8 Finale LCNC Automatisierung

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- van der Aalst W, Bichler M, Heinzl A (2018) Robotic process automation. *Bus Inf Syst Eng* 60:269–272. <https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4>
- Carroll N, Maher M (2023) How shell fueled digital transformation by establishing DIY software development. *MISQE* 22:99–127. <https://doi.org/10.17705/2msqe.00076>
- Cousin G (2005) Case study research. *J Geogr High Educ* 29:421–427. <https://doi.org/10.1080/03098260500290967>
- Czako V (2020) Employment in the energy sector. Publications Office of the European Union, Luxembourg <https://doi.org/10.2760/95180>
- Ethington J (2022) The energy industry wants to bounce back—all it needs is workers. <https://www.forbes.com/sites/forbesagencycouncil/2022/01/10/the-energy-industry-wants-to-bounce-back--all-it-needs-is-workers/?sh=50dc4855343b>. Zugegriffen: 7. Febr. 2024
- González JM, Specht M (2013) Market communication standardization in smart grids: introduction to IT-related methodologies, architectures and standards. Springer, Berlin, Heidelberg, S 211–228
- zur Heiden P, Priefer J, Beverungen D (2024) Predictive maintenance on the energy distribution grid—design and evaluation of a digital industrial platform in the context of a smart service system. *IEEE Trans Eng Manag* 71:3641–3655. <https://doi.org/10.1109/tem.2024.3352819>
- Hillebrand P, Westner M, Matschi M (2022) Schlüsselfaktoren erfolgreicher CIOs. *HMD* 59:762–779. <https://doi.org/10.1365/s40702-022-00867-8>
- Hurlburt G (2021) Low-code, no-code, what’s under the hood? *IT Prof* 23:4–7. <https://doi.org/10.1109/MITP.2021.3123415>
- Käss S, Strahringer S, Westner M (2023) Practitioners’ perceptions on the adoption of low code development platforms. *IEEE Access* 11:29009–29034. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3258539>
- Matook S, Wang MY, Koeppl N, Guerin S (2023) Metacognitive skills in low-code app development: work-integrated learning in information systems development. *J Inf Technol*. <https://doi.org/10.1177/02683962231170238>
- Meletiou A, Cambini C, Masera M (2018) Regulatory and ownership determinants of unbundling regime choice for European electricity transmission utilities. *Util Policy* 50:13–25. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2018.01.006>
- Peichl A, Sauer S, Wohlrabe K (2022) Fachkräftemangel in Deutschland und Europa; Historie, Status quo und was getan werden muss. *ifo Schnelldienst*, Bd. 75, S 70–75
- Pinho D, Aguiar A, Amaral V (2023) What about the usability in low-code platforms? A systematic literature review. *J Comput Lang* 74:101185. <https://doi.org/10.1016/j.cola.2022.101185>
- Prinz N, Huber M, Riedinger C, Rentrop C (2023) Citizen Development als Treiber der digitalen Transformation – Aktuelle Ansätze bei der Adoption von Low-Code Development Plattformen. *HMD*. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-01021-8>
- Sanchis R, García-Perales Ó, Fraile F, Poler R (2020) Low-code as enabler of digital transformation in manufacturing industry. *Appl Sci* 10:12. <https://doi.org/10.3390/app10010012>

Schoch K (2020) Case study research. In: Burkholder GJ, Cox KA, Crawford LM, Hitchcock JH (Hrsg) Research design and methods. An applied guide for the scholar-practitioner. SAGE, Thousand Oaks, S 245–258

Smith O, Cattell O, Farcot E, O’Dea RD, Hopcraft KI (2022) The effect of renewable energy incorporation on power grid stability and resilience. Sci Adv. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abj6734>

Yin RK (2018) Case study research and applications; design and methods. SAGE, Thousand Oaks

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.