

Blockchain im Baumanagement: Automatisierung der Zahlungsprozesse

Christian Hofmann

Matrikelnummer: 18-648-600

Referent: Dr. C. Hitz

School of Management and Law
Zurich University of Applied Sciences

Diese Arbeit wurde eingereicht zur Erlangung des Titels
Bachelor of Science (BSc) ZFH in Wirtschaftsinformatik

Mai 2022

Management Summary

Die Zahlungsmoral der Baubranche ist signifikant schlechter als in fast allen anderen Branchen. Zudem ist die Gewinnmarge im Branchenschnitt nahe am Nullpunkt. Zahlungsverzögerungen sind daher vor allem für kleinere Betriebe kaum verkraftbar. Die finanziellen Rücklagen solcher Unternehmen sind teilweise ungenügend, um längere Zahlungsverzögerungen bei mehreren und grösseren Projekten zu bewältigen.

Diese Arbeit untersucht, wie der Einsatz von Blockchain den Zahlungsprozess in der Baubranche verbessern kann. Es wird aufgezeigt, wie die Blockchain-Technologie Vertrauen und Transparenz erhöhen kann. Mangel an Transparenz und Vertrauen sind die kritischsten Elemente in einer wettbewerbsorientierten Auftragsvergabe, die zu einem feindseligen Umfeld führen und häufig in Rechtstreiten enden kann.

Um diesem Problem entgegenzutreten, werden Forschungsergebnisse in den Bereichen der Baubranche, des Eventstreamings und der Blockchain erfasst. Aus diesen Erkenntnissen werden Lösungsansätze für die vorliegende Fragestellung erarbeitet. Diese Lösungsansätze werden anschliessend konkret in einem Proof-of-Concept umgesetzt und auf ihre Wirksamkeit überprüft. Dabei kann aufgezeigt werden, dass eine Verbindung einer Blockchain mit einer Baumanagement-Lösung es ermöglicht, Arbeitsnachweise als NFTs festzuhalten und unveränderbar zu dokumentieren. Dadurch kann sichergestellt werden, dass eine bestimmte Arbeit zum Zeitpunkt der Beendigung wie erwartet erledigt wurde und dies von der Bauleitung sowie den Ausführenden genehmigt wurde. Bei späteren Konflikten liegt durch diese Lösung ein Nachweis zur Erledigung der nun bemängelten Arbeit vor. Weiter wird gezeigt, dass bei Beendigung einer Arbeit auch direkt Transaktionen über die Blockchain ausgeführt werden können. Dadurch werden Zahlungen direkt ausgelöst und der Zahlungsverzug wird somit eliminiert.

Weitere Projekte können die Frage beantworten, wie der zu überweisende Betrag definiert und dokumentiert wird. Dies bedarf unter Umständen eine Berücksichtigung der den Bauprojekten zugrundeliegenden Verträge. Abschliessend lässt sich festhalten, dass die Blockchain-Technologie es ermöglicht, wesentliche Probleme der Baubranche zu beseitigen. Die beiden erarbeiteten Lösungsansätze zeigen konkret auf, wie die Probleme gelöst werden können. Zudem

werden alternative Geschäftsmodelle für Baumanagement-Lösungen vorgestellt. So kann das Preismodell an die Transaktionen der Blockchain angepasst und die Plattformkosten pro Transaktion berechnet werden. Die vorliegende Arbeit zeigt daher auf, wie Probleme der Baubranche gelöst werden können, zeigt alternative Geschäftsmodelle für Baumanagement-Lösungen auf und ermöglicht mit dezentralen autonomen Organisationen eine neue Form der Projektfinanzierung.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Baubranche	3
2.1.1 Lean Construction	4
2.1.2 Last Planner System	5
2.2 Eventstreaming	6
2.2.1 Apache Kafka	6
2.2.2 RefinemySite	8
2.3 Blockchain	11
2.3.1 Funktionsweise Blockchain	11
2.3.2 Smart Contracts	13
2.3.3 Token	13
2.3.4 Dezentrale Applikationen	14
2.3.5 Dezentrale autonome Organisationen	15
2.3.6 NEAR Protocol	16
2.4 Blockchain in der Baubranche	18
3 Forschungsfrage	19
4 Methodisches Vorgehen	21
5 Lösungsansätze	23
5.1 Arbeitsnachweise festhalten	23
5.2 Automatisierte Zahlungsprozesse	25

6	Proof-of-Concept	27
6.1	Konzeptdesign	27
6.2	NFT als Arbeitsnachweis	31
6.2.1	Technische Lösung	31
6.2.2	Szenario	33
6.2.3	Erweiterungsmöglichkeiten	34
6.2.4	Nutzen	35
6.3	Automatisierte Zahlungsabwicklung	37
6.3.1	Technische Lösung	37
6.3.2	Szenario	39
6.3.3	Erweiterungsmöglichkeiten	39
6.3.4	Nutzen	40
7	Diskussion	43
8	Schlusswort	47
	Literaturverzeichnis	49
	Anhang A Sourcecode	53

Abbildungsverzeichnis

2.1	Schema Funktionsweise Apache Kafka	6
2.2	Gesamtprozess Lean Construction mit RefinemySite	8
2.3	Kalenderübersicht in RefinemySite	9
2.4	Aufgabedetails in RefinemySite	10
6.1	Theoretisches Modell des Versuchaufbaus	28
6.2	Effektives Modell des Versuchaufbaus	29
6.3	Prototyp-Funktionsweise für NFT-Arbeitsnachweis	31
6.4	Transaktion mit erwarteter Transaktionsgebühr in NEAR	32
6.5	Details der Aufgabe in RefinemySite	33
6.7	Prototyp-Funktionsweise für automatische Zahlungsabwicklung	37
6.8	Ansicht Minten zusätzlicher RefinemySite-Token in dApp	38
6.9	Aufgabe in RefinemySite mit Anzahl Token als Thema	39

1 | Einleitung

Die Baubranche ist eine der wichtigsten Wirtschaftszweige – in der Schweiz, aber auch weltweit. Immerhin fallen rund 13 Prozent aller Ausgaben des weltweiten Bruttoinlandproduktes auf die Baubranche (Barbosa et al., 2017, S. vii). Wenn auch die Branche wichtig für unsere Wirtschaft ist, so sieht sie sich vielen Herausforderungen gegenübergestellt, die andere Branchen längst überwunden haben. Daher hat sich die Arbeitsproduktivität gemäss Altun und Ley (2015, S. 19) seit 1995 im Baugewerbe kaum verbessert, während diese in anderen Branchen wie derjenigen der Versicherungen um fast 80 Prozent gestiegen ist. Nicht besser steht es um die Zahlungsmoral. Gemäss Zacharias (2019) weist die Bauwirtschaft weltweit die schlechteste Zahlungsmoral auf: Im Schnitt werden Rechnungen nach erst 85 Tagen bezahlt. Müller (2019) berichtet, dass es in Deutschland in keiner anderen Branche länger dauert, und hofft auf Abhilfe durch automatisches Zahlungsmanagement im Bauwesen. Auch der Schweizerische Baumeisterverband (SBV, 2020b) stellt fest, dass sich die Zahlungsmoral verschlechtert hat und führt dies auf eine Verschärfung des Wettbewerbs zurück.

Die schlechte Zahlungsmoral ist vor allem für kleinere Betriebe ein ernstzunehmendes Problem. Schliesslich liegt die Gewinnmarge in der Baubranche der Schweiz zwischen -0.7 Prozent im Tiefbau und 1.9 Prozent im Hochbau (Bundesamt für Statistik, 2021, S. 33). Damit sind die finanziellen Rücklagen dieser Unternehmen oft nicht gross genug, um längere Zahlungsverzüge bei mehreren und grösseren Projekten zu verkraften.

Daher mag es erstaunen, dass die Baubranche es nicht geschafft hat, den Megatrend Digitalisierung für sich gewinnbringend einzusetzen. Barbosa et al. (2017, S. vii) halten fest, dass dadurch der weltweiten Wirtschaft jährlich rund 1.6 Billionen US-Dollar entgehen. Die Probleme führen zu schlechter Bauqualität, erhöhten Kosten, schwerwiegenden Verspätungen und senken letztendlich die Produktivität signifikant (Xue & Lu, 2020, S. 1). Einer der Gründe, wieso es der Baubranche nicht gelingt, diesen Rückstand aufzuholen, sind Vertragsmodelle, die Transparenz und Vertrauen behindern. In einer Studie vom McKinsey Global Institute (Barbosa et al., 2017, S. 51) wird daher folgendes Kriterium als schwerwiegendstes bewertet: Die

wettbewerbsorientierte Auftragsvergabe führt zu einem feindseligen Umfeld, einer Kultur des Rechtsstreits, der Risikoaversion und einem Mangel an Transparenz und Vertrauen.

An diesen Punkten setzen Lean Construction sowie Blockchain an. Gemäss dem Swiss Lean Construction Institute (2022) können mit deren Einführung Verschwendung reduziert, die Effizienz und Effektivität gesteigert und so die traditionellen und risikoreichen Abwicklungsprozesse wesentlich verbessert werden. Nicht zuletzt wird durch Lean Construction auch die Transparenz erhöht, da alle Projektbeteiligten jederzeit über alle Arbeiten im Bilde sind und versuchen, zusammen das bestmögliche Resultat zu erreichen. Somit entsteht ein Umfeld des Vertrauens.

Mit der Einführung von Bitcoin hat Nakamoto (2008, S. 1) aufgezeigt, wie digitales Geld sicher transferiert werden kann, ohne eine zwischengeschaltete Organisation wie eine Bank zu benötigen. Die zugrundeliegende Blockchain ist für die Digitalisierung, die vor uns liegt, entscheidend, da sie Probleme der Transparenz, Vertraulichkeit, Manipulation und Dezentralisierung löst, ohne dass eine *trusted third party*, wie früher eine Bank, ein Notar oder eine Versicherung, involviert sein muss (acatech, 2018, S. 13).

Auch im Bauwesen wird über den Einsatz von Blockchain diskutiert und geforscht. Die meisten Studien verlassen hierbei den theoretischen Rahmen kaum und stellen lediglich Modelle und theoretische Ansätze für mögliche Einsatzbereiche vor. Diese Arbeit untersucht daher, wie die Blockchain-Technologie im Zahlungsprozess Vertrauen und Transparenz in der Baubranche erhöhen kann.

Die Arbeit ist folgendermassen aufgebaut: Zunächst werden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen im Kontext der Fragestellung aufgearbeitet. Dazu werden Forschungsergebnisse im Bereich der Digitalisierung der Baubranche, des Eventstreamings sowie der Blockchain-Technologie erfasst. Das Kapitel 3 geht auf die Forschungslücke sowie die Forschungsfrage ein. Anschliessend wird das methodische Vorgehen in Kapitel 4 erklärt. Lösungsansätze, die aufzeigen, wie die Forschungsfrage beantwortet werden kann, werden in Kapitel 5 erläutert. Die abstrahiert erarbeiteten Lösungsansätze werden danach in Proof-of-Concepts in Kapitel 6 erarbeitet. Es wird vorgestellt, wie einerseits NFTs als Arbeitsnachweise erstellt werden können, um korrekt erledigte Arbeiten zu dokumentieren. Andererseits wird aufgezeigt, wie automatische Zahlungsprozesse in der Verbindung von RefinemySite und NEAR funktionieren und damit das Problem des Zahlungsverzuges lösen. In der Diskussion in Kapitel 7 werden die Erkenntnisse dieses Projektes zusammengefasst, bewertet und diskutiert. Abschliessend wird im Schlusswort in Kapitel 8 die Forschungsfrage beantwortet und ein Ausblick für weitere Fragestellungen und Themen gegeben.

2 | Grundlagen

Um die Forschungsfrage sowie den in dieser Arbeit vorgestellten Proof-of-Concept besser einordnen zu können, werden in diesem Kapitel essenzielle theoretische Grundlagen aufgearbeitet. Dazu werden in Kapitel 2.1 aktuelle Themen der Baubranche aufgegriffen sowie Lean Construction und Last Planner System genauer vorgestellt. Im Kapitel 2.2 wird die Funktionsweise des Eventstreaming erklärt; eines der technologischen Konzepte hinter RefinemySite. Das Kapitel 2.3 gibt eine Einführung in Blockchain und damit verwandte Themen wie Smart Contracts oder Token. Anschliessend wird mit dem NEAR Protocol auch ein Beispiel einer Blockchain vorgestellt. Zuletzt werden in Kapitel 2.4 vorhandene Ansätze von Blockchain in der Baubranche aufgezeigt.

2.1 Baubranche

Wie eingangs erklärt, konnte die Baubranche bislang noch nicht durchgehend von der Digitalisierung profitieren. Laut Barbosa et al. (2017, S. vi) ist die versäumte Digitalisierung einer der Hauptgründe, weshalb der Weltwirtschaft dadurch jährlich 1.6 Billionen US-Dollar verloren gehen. So werden gemäss Agarwal et al. (2016, S. 2) etwa 20 Prozent aller Projekte nicht termingerecht und knapp 80 Prozent über Budget abgeschlossen. Dennoch wird in unzähligen Forschungsgebieten zur Baubranche geforscht und es besteht auch dementsprechend grosses Potenzial. Nach Barbosa et al. (2017, S. 9f.) sind dabei die konsequent digitalisierte Arbeitsvorbereitung und -planung, die ganzheitliche Betrachtungsweise im Projektmanagement sowie Lean Construction der Schlüssel zur Digitalisierung. Dementsprechend werden in den folgenden Kapiteln auch Lean Construction sowie das daran angelehnte Last Planner System genauer erklärt.

Weitere Elemente der Digitalisierung der Baubranche sind zwar mindestens so wichtig, jedoch für diese Arbeit nicht in gleichem Masse relevant. Beispielsweise zeigt der SBV mit dem Anwenderhandbuch *BIM im Bauunternehmen* konkrete Digitalisierungsthemen in allen Bereichen der Wertschöpfungskette auf (SBV, 2020a). BIM bezieht sich dabei auf Building In-

formation Modeling, einen Prozess, der von Eastman et al. (2018) geprägt wurde. Dabei wird BIM als eine Reihe von Prozessen zur Planung, zum Bauen, der Kommunikation und Gebäudeanalyse sowie zum Betrieb eines Bauwerkes beschrieben (Eastman et al., 2018, S. 14). Weiter nennen Agarwal et al. (2016, S. 11) die extensive Nutzung der Vorfabrikationsmethoden als weiteren Erfolgsfaktor. Auch die Nutzung von Modellen bis auf die Baustelle und Substitution von Papier führen Agarwal et al. (2016, S. 7) als wesentlichen Beitrag zur Produktivitätssteigerung auf.

2.1.1 Lean Construction

Lean Construction orientiert sich im Wesentlichen an den Grundsätzen von Lean, wie es Toyota in der Automobilfabrikation erschaffen hatte, und adaptiert diese für die Baubranche (SBV, 2020a, S.31). Im Zentrum stehen die Maximierung der Wertschöpfung sowie der kontinuierliche Verbesserungsprozess (SBV, 2020a, S.31). Um genauer auf diese Aspekte einzugehen, werden hier zwei relevante Mechanismen veranschaulicht: Die Wertgenerierung bzw. Wertzerstörung sowie die Prozessoptimierung durch Pull-Methoden. Um die Wertschöpfung zu erhöhen, muss zunächst verstanden werden, wie Wert generiert bzw. vernichtet wird. Lean definiert hierbei drei Elemente der Wertzerstörung:

1. **Mura (Unregelmässigkeiten):** Bezieht sich auf die Variation in Angebot und Nachfrage, weil beispielsweise Produkte aufgrund ihrer Herstellungsart in grossen Losen produziert werden, wodurch Material auf Vorrat produziert wird (Pienkowski, 2014, S. 4f.). Durch diese Unregelmässigkeiten müssen Produkte in Lagerhallen oder auf der Baustelle gelagert werden, was unnötig Platz und Geld kostet.
2. **Muri (Überlastung):** Entsteht, wenn Personal, Maschinen oder andere Systeme in falscher Kapazität eingesetzt werden (Pienkowski, 2014, S. 3). So kann zum Beispiel zu wenig Personal für eine Arbeit eingeplant sein, wodurch dieses unnötig unter Stress gesetzt wird und nicht mehr die geforderte Leistung erbringen kann (Pienkowski, 2014, S. 3f.).
3. **Muda (Verschwendung):** Ungenutzte oder falsch eingesetzte Ressourcen wie Material oder Personal, beispielsweise durch Wartezeiten, schlechte sowie falsche Qualität oder unnötige Transporte (Pienkowski, 2014, S. 3).

In einer Push-Produktionssteuerung arbeitet jede Arbeitsstation ihre Teilschritte durch und gibt das Produkt anschliessend an die nächste Arbeitsstation weiter - ungeachtet der Tatsache, ob

die nachfolgende Station mit ihren Teilschritten bereits fertig ist (Slack et al., 2016, S. 340). Das führt dazu, dass sich an gewissen Arbeitsstationen mehrere Produkte befinden, die darauf warten, bearbeitet zu werden (Slack et al., 2016, S. 340). Dieser Umstand resultiert darin, dass ein unnötig hoher Bedarf an Material und Platz entsteht. Nach Slack et al. (2016, S. 340) wird dies in einer Pull-Produktionssteuerung umgekehrt: Die Arbeitsstation fordert beim Vorgänger neue Produkte für die Weiterbearbeitung an, es benötigt somit weniger Platz und einen niedrigeren Lagerbestand an (unfertigen) Produkten. In Lean Construction wird dieses Konzept oft durch das Last Planner System adaptiert.

2.1.2 Last Planner System

Da auf der Baustelle die Produktionsmechanismen der Automobilbranche nicht eins zu eins übernommen werden können, wird beim Last Planner System (LPS) Projektmanagement und Produktion kombiniert (Ballard, 2000, S. 3-14). Dabei wird die Frage von „Was sollte getan werden?“ in „Was kann getan werden?“ geändert (Ballard, 2000, S. 3-14). Dadurch verpflichten sich die *letzten Planer*, also die Baustellenarbeitenden bzw. Ausführenden dazu, was sie auch effektiv leisten können, so Ballard (2000, S. 3-14). Somit entsteht eine signifikant glaubwürdigere Planung.

Laut Ballard (2000, S. 10-2ff.) konnte in unterschiedlichen Projekten die Zuverlässigkeit der Planung von unter 70 auf teilweise über 90 Prozent gesteigert werden. Unter Zuverlässigkeit wird in diesem Fall verstanden, wie viele Arbeiten wie geplant und somit ohne Verzögerung oder Fehler aufgrund mangelhafter Planung erledigt werden konnten. Für eine solche Zuverlässigkeit werden Pläne unterschiedlicher Detaillierungstiefe erstellt und gepflegt (Barbosa et al., 2017, S. 92). Gemäss Barbosa et al. (2017, S. 92) ermöglichen diese, die übergeordnete Planung der Meilensteine zwischen Auftraggebenden und Projektbeteiligten, aber auch die auf Tagesebene anfallenden Tätigkeiten zu organisieren.

2.2 Eventstreaming

Viele Programme nutzen Datenbanken, indem sie den Zustand eines Objektes darin speichern (Berglund, 2019). Dieses Vorgehen ermöglicht es, Daten aus der Datenbank auszulesen und zu verarbeiten, beispielsweise indem mit neuen Einträgen in der Datenbank eine bestimmte Aktion vorgenommen wird. Beim Eventstreaming werden nun Events in den Vordergrund gestellt (Berglund, 2019). Ein Event beschreibt ein Ereignis wie eine Transaktion, die Veröffentlichung eines Posts auf Social Media oder die Registrierung eines neuen Anwenders auf einer Plattform. Chatt (2019) hält fest, dass prinzipiell alles ereignisgesteuert ist und die Fähigkeit, auf Events in Echtzeit reagieren zu können, entscheidend für den Firmenerfolg ist. Im nächsten Kapitel wird daher auf Apache Kafka als Beispiel einer solchen Eventstreaming-Plattform eingegangen. Die grundlegenden Prinzipien, welche in dem Kapitel erklärt werden, sind bei anderen Eventstreaming-Lösungen in ähnlicher Weise anzutreffen. Anschliessend wird RefinerySite vorgestellt, eine Baumanagement-Applikation, welche Eventstreaming mit Kafka umsetzt.

2.2.1 Apache Kafka

Im Grundsatz vereint Kafka drei Schlüsselfunktionalitäten: Erstens das Schreiben und Lesen (publish / subscribe) von Ereignissen in Ereignisströmen (Streams), zweitens die Speicherung dieser Streams zuverlässig über mehrere Partitionen verteilt und drittens die Verarbeitung der Streams, meist in Echtzeit sobald diese auftreten („Introduction: Everything you need to know about Kafka in 10 minutes“, 2022). Für diese drei Funktionalitäten sind folgende Komponenten entscheidend, welche in Abbildung 2.1 dargestellt sind.

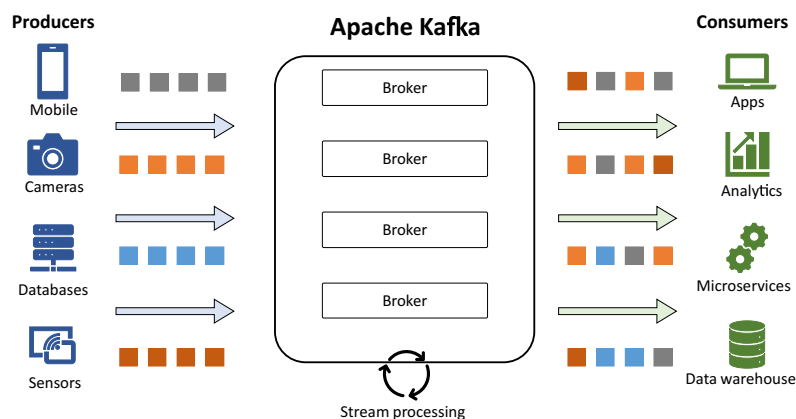


Abbildung 2.1 Schema Funktionsweise Apache Kafka, in Anlehnung an Kai Waehner (2020)

Producer: Senden Events an den Kafka-Eventstream („Introduction: Everything you need to know about Kafka in 10 minutes“, 2022). In Anlehnung an das *publish/subscribe*-Architekturmuster werden sie auch Publisher genannt (Schenkelmann, 2021). Praktisch alle möglichen Dinge können Producer sein; Geräte im Kontext des Internet of things (IoT) wie Sensoren, Geräte wie Smartphones, Server oder Geräte im Bereich von Smart Homes, genauso wie Applikationen, welche Daten veröffentlichen. In der Regel senden mehrere Producer Events an einen Kafka-Eventstream.

Consumer: Bilden das Gegenstück von Producern und werden daher auch Subscriber genannt (Schenkelmann, 2021). Consumer sind Services, welche von Producern gesendete Events lesen und verarbeiten („Introduction: Everything you need to know about Kafka in 10 minutes“, 2022). Es ist durchaus möglich, dass mehrere Consumer ein und denselben Event lesen und in unterschiedlicher Weise verarbeiten.

Broker: Die Kommunikation der Producer und Consumer funktioniert über einen Broker, der die Events unter anderem in Topics persistiert (Vinka & Johansson, 2019, S. 39). Topics sind die Komponenten, welche die Events organisieren – vergleichbar mit Ordnern in einem Dateiablagensystem („Introduction: Everything you need to know about Kafka in 10 minutes“, 2022). Dementsprechend schreiben Producer immer über ein Topic. Abonniert (subscribed) ein Consumer ein Topic, so empfängt dieser die vom Producer gesendeten Events über dieses Topic.

Eine solche Software-Architektur profitiert unter anderem davon, dass die einzelnen Komponenten sehr lose gekoppelt sind (decoupling) sowie von der Möglichkeit, in Echtzeit auf Ereignisse reagieren zu können. Wie eingangs erwähnt, ist dies eine wichtige Voraussetzung für den Firmenerfolg. Die lose Kopplung der einzelnen Komponenten ermöglicht es beispielsweise, dass einzelne Producer und Consumer sich nicht kennen müssen, trotzdem aber miteinander funktionieren (Schenkelmann, 2021). Dieses Konzept ermöglicht einen Entwicklungsansatz, bei dem viele kleine Services für eine Applikation entwickelt werden – sogenannte *Microservices*.

Wolff (2018, S. 3) beschreibt *Microservices* als unabhängige Module, die gemeinsam eine Anwendung bilden. Durch diese Trennung übernimmt in der Regel ein *Microservice* nur auf eine Aufgabe, so wie beim Prinzip von Producer und Consumer. Diese isolierte Betrachtung ermöglicht es, dass einzelne Services unterschiedlich skaliert und verbessert werden können (Wolff, 2018, S. 16). Neben vielen weiteren, hier nicht weiter vertieften Vorteilen der *Microservice*-Architektur, sind als Herausforderungen vor allem der aufwendigere Betrieb zu nennen, den diese unabhängigen Services mit sich bringen (Wolff, 2018, S. 12f.).

2.2.2 RefinemySite

RefinemySite kombiniert die bisher erläuterten Themen. Die von Robert Bosch Power Tools entwickelte Lösung ist eine Lean Construction Plattform, die es ihren Anwendern ermöglicht, ein Bauprojekt unterstützt durch den Lean-Ansatz und das Last Planner System zu planen und koordinieren (RefinemySite, 2021). Konkret ermöglicht RefinemySite, den durch das Projektteam kollaborativ erarbeiteten Projektplan digital zu erfassen, zu verwalten und zu organisieren. Der Gesamtprozess wird dabei nach wie vor mit traditionellen Mitteln erarbeitet, indem sich das Projektteam physisch zur Besprechung trifft und dabei den Projektplan erarbeitet (Steimming, 2022, S. 4). Dies fördert unter anderem auch den sozialen Aspekt im Team (Steimming, 2022, S. 4). Nachdem der Gesamtprozess analog erarbeitet wurde, wird dieser in RefinemySite übertragen und ab dort digital verwaltet, wie Abbildung 2.2 zeigt. An das Last Planner System angelehnt, unterstützt RefinemySite von der Meilenstein- und Phasenplanung, der Wochenvorschau und -planung über die Dokumentation bis hin zur Performance und Gesamtprozessanalyse mittels Key Performance Indicators (KPIs) das Projektteams (RefinemySite, 2021).

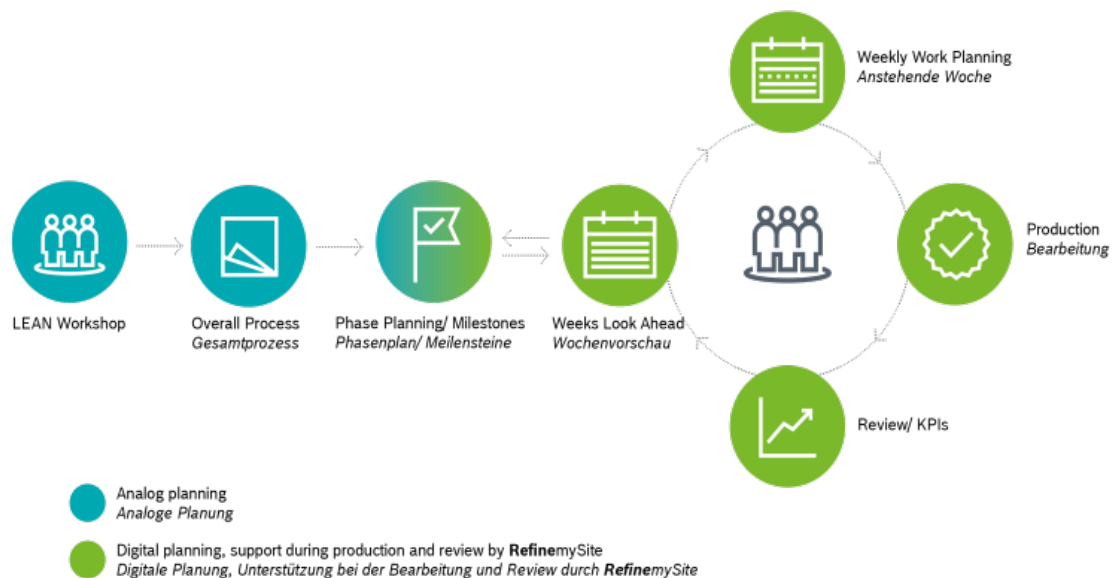


Abbildung 2.2 Gesamtprozess Lean Construction mit RefinemySite (RefinemySite, 2021)

Im Projektkalender (Abbildung 2.3) werden die essenziellen Abhängigkeiten zwischen den Aufgaben der Projektbeteiligten erkannt und durch Meilensteine in relevante Projektphasen unterteilt. Die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Aufgaben, Meilensteinen und Projektpha-

sen helfen, wichtige Zusammenhänge schnell zu erfassen und unterstützen bei der Planung und Entscheidungsfindung. Um die Tätigkeiten hinter einer Arbeit zu organisieren, können Tageskarten genutzt werden. Tageskarten zeigen auf, welche Teilaufgabe an einem bestimmten Tag mit welchem Ressourcen-Ansatz erledigt werden sollen.

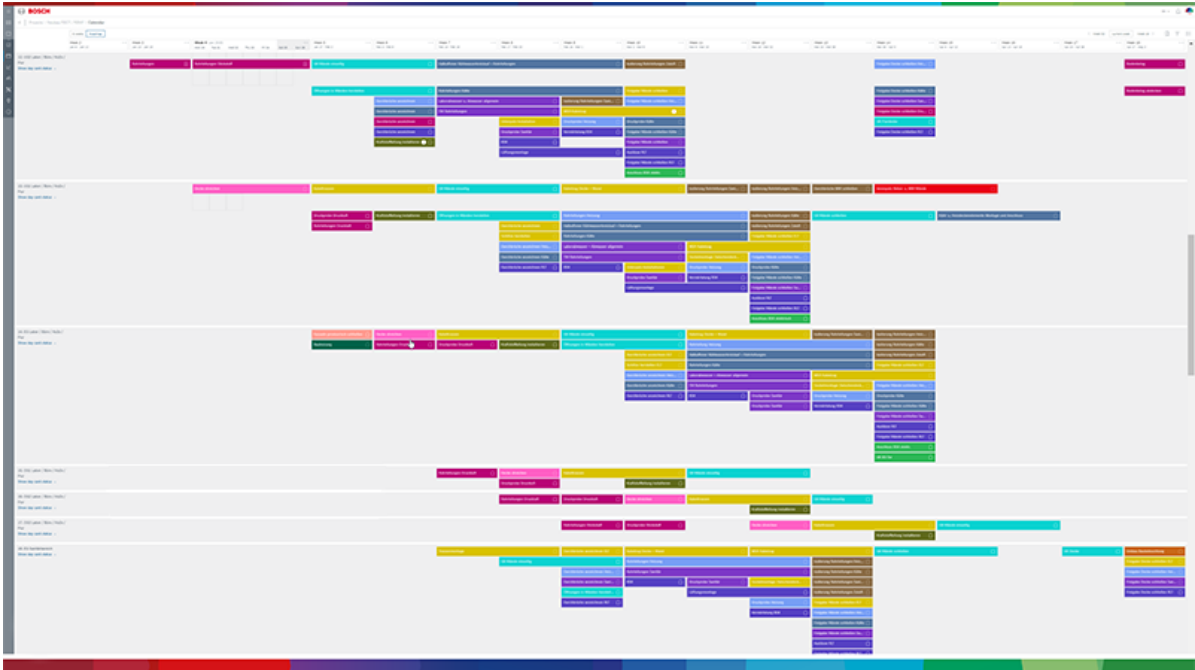


Abbildung 2.3 Kalenderübersicht in RefinemySite (RefinemySite, 2022)

Aufgaben sind ein wichtiges Element in RefinemySite. Sie zeigen Abhängigkeiten, untergeordnete Tagesaufgaben sowie detaillierte Informationen zum Bearbeitenden, Beschreibungen und weitere Angaben auf (Abbildung 2.4). Sie ermöglichen zudem das Anhängen von Dateien sowie Diskussionen zu dieser Aufgabe in sogenannten Themen.

RefinemySite besteht letztlich aus Microservices und nutzt Kafka-Eventstreaming. Wird beispielsweise der Status einer Tageskarte verändert, so sendet der entsprechende Microservice einen Event. Andere Microservices können diesen Event empfangen und dessen Daten weiterverarbeiten. So werden Änderungen in den Aktivitäten einer Aufgabe nachgeführt oder haben Auswirkungen auf das Dashboard mit den KPIs zur Projektperformance.

Diese Art der Software-Architektur ermöglicht es RefinemySite, in Echtzeit auf Änderungen bzw. Events zu reagieren und entsprechende Aktionen vorzunehmen, wenn ein Microservice einen bestimmten Event empfängt. Da die Microservices als Consumer die Events empfangen und verarbeiten, muss der Event nicht Kenntnis davon haben, welche Microservices ihn verarbeiten werden. Dies ermöglicht es prinzipiell, dass sich neue Microservices am Eventstream beteiligen, ohne dass der Event, z.B. die Statusänderung der Tageskarte, wissen

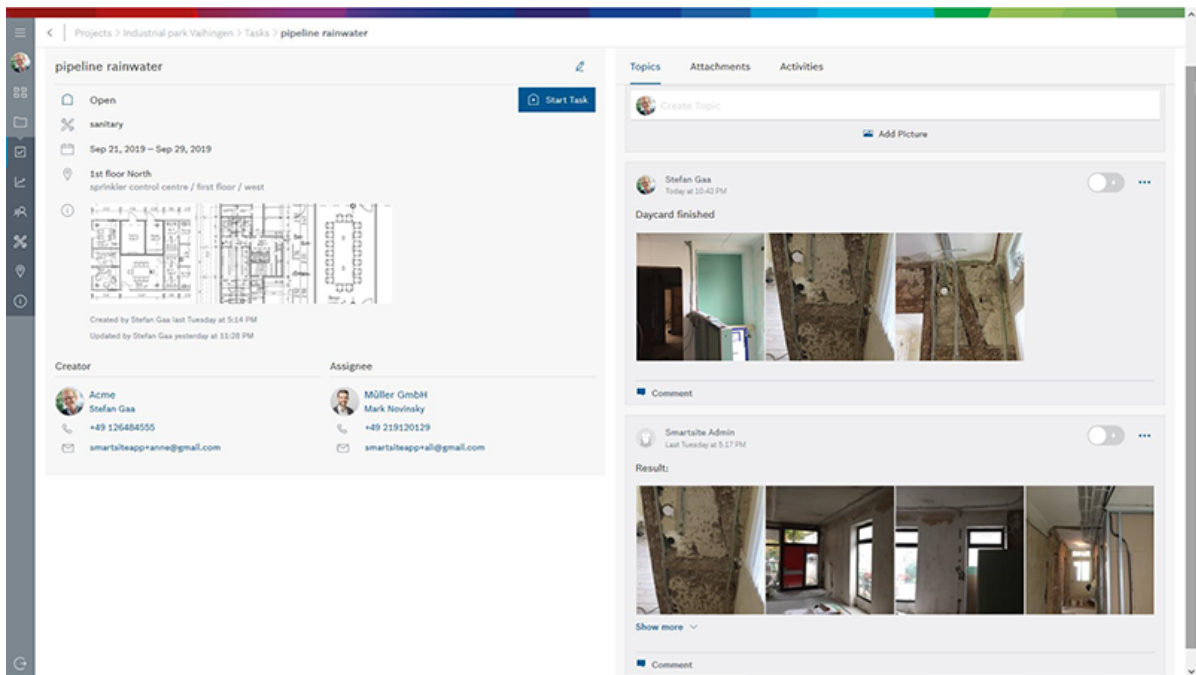


Abbildung 2.4 Aufgabendetails in RefinerySite (RefinerySite, 2022)

muss, dass neu ein weiterer Service die Events verarbeitet. Die Architektur von Microservices und Eventstreaming begünstigt somit eine Erweiterung von RefinerySite.

2.3 Blockchain

In diesem Kapitel werden einige zentrale Elemente einer Blockchain aufgezeigt (Kapitel 2.3.1). Anschliessend werden relevante Konzepte und technologische Ansätze im Zusammenhang mit Blockchain erklärt. Im Kapitel 2.3.2 geht es um Smart Contracts, worauf die Fungible und Non Fungible Token (Kapitel 2.3.3) aufbauen. Danach werden mit dezentralen Applikationen (Kapitel 2.3.4) sowie dezentralen autonomen Organisationen (Kapitel 2.3.5) zwei wichtige Konzepte vorgestellt, die auf den zuvor erklärten Technologien beruhen. Mit einer Einleitung in das NEAR Protocol in Kapitel 2.3.6 wird dieser Abschnitt abgerundet.

2.3.1 Funktionsweise Blockchain

In der Vergangenheit hat sich öfters gezeigt, dass es problematisch ist, sensitive Daten zentral zu speichern und zu verwalten (NEAR Protocol, 2022a). Denn sie können verloren gehen, entwendet oder verändert werden. Da diese zentral gespeichert werden, agiert diejenige Partei, welche die Daten speichert, als *single point of failure* (NEAR Protocol, 2022a). Wenn nun Daten dezentral gespeichert werden, braucht es gemäss Nakamoto (2008, S. 1) unter anderem eine neue Form der *trusted party*, die beispielsweise sicherstellt, dass Geld, das über die Blockchain verwaltet wird, nicht mehrfach ausgegeben werden kann (sogenanntes *double-spending*-Problem).

Mit Bitcoin gab Nakamoto (2008, S. 1) eine Antwort, wie das *double-spending*-Problem in einem dezentralen Netzwerk gelöst werden kann. Im Zentrum steht die Idee, Transaktionen in sogenannten Blöcken zu speichern und diese aneinanderzuketten. Jeder Block beinhaltet dabei einen kryptografischen Teil, einen Hash, der auf den vorherigen Block verweist (Nakamoto, 2008, S. 2). Dieser Hash bildet eine Zeichenkette aufgrund des Inhalts des vorherigen Blocks, welcher nicht umkehrbar ist und einen anderen Wert liefert, sobald auch nur ein Zeichen anders ist (Luber & Schmitz, 2019). Dies bedeutet, dass bei einer Manipulation eines Blocks dessen Hash einen neuen Wert erhält. Will nun jemand die Daten manipulieren, so müsste diese Person nicht nur den einen Block, sondern auch alle nachfolgenden Blöcke anpassen (Nakamoto, 2008, S. 3).

Dies wird durch den Konsens-Algorithmus zwar nicht verunmöglicht, jedoch so erschwert, dass man einer Blockchain generell die Eigenschaft *unveränderbar* zuweisen kann (acatech, 2018, S. 13). Konsens muss in einer Blockchain darüber herrschen, welche Transaktionen in den darauffolgenden Block geschrieben werden sollen (acatech, 2018, S. 13). Bitcoin erreicht dies durch den *Proof of Work*, wo gemäss Nakamoto (2008, S. 3) die Blockchain-Teilnehmenden

(sogenannte Nodes) mittels CPU-Aufwand einen Arbeitsbeweis erbringen müssen. Der Arbeitsbeweis wird dann erbracht, wenn ein Node einen Wert (Nonce) gefunden hat, wodurch der Hash des Blocks bestimmte Voraussetzungen erfüllt (Nakamoto, 2008, S. 3). Derjenige Node, der den Arbeitsbeweis erbringt, entscheidet darüber, welche Transaktionen im nächsten Block gespeichert werden (acatech, 2018, S. 13). Der Konsens-Algorithmus ist nicht bei jeder Blockchain identisch, sondern durchaus ein Unterscheidungsmerkmal. Eine Alternative ist der *Proof of Stake*, wo aufgrund des Vermögens der Nodes (dem *Stake*) nach dem Zufallsverfahren ein Node bestimmt wird, der den nächsten Block definiert (Li et al., 2017, S. 298f.). Dadurch kann unter anderem der bei Proof of Work stark kritisierte Energieverbrauch gesenkt werden, da der notwendige CPU-Aufwand signifikant gesenkt werden kann.

Auch wenn sich die Forschung im Bereich Blockchain schnell weiterentwickelt, so sind die wesentlichen Grundsätze von Nakamoto zu Dezentralisierung, Sicherheit, Unveränderbarkeit, Konsens und vielem Weiteren nach wie vor gültig. Dazu gehören unter anderem:

- **Dezentrale Speicherung:** Die Blockchain ist über viele Nodes hinweg gespeichert und nicht an einem zentralen Ort (acatech, 2018, S. 13). Dadurch funktioniert sie auch weiterhin, selbst wenn ein Node nicht mehr erreichbar ist.
- **Konsens-Algorithmus:** Bestimmt das Verfahren, in welchem entschieden wird, welche Transaktionen als nächstes zur Blockchain hinzugefügt werden (acatech, 2018, S. 13). Beispiele dafür sind die vorhin erwähnten Proof of Work oder Proof of Stake aber auch weitere Algorithmen.
- **Transparenz:** Alle auf der Blockchain gespeicherten Daten resp. Transaktionen sind für die Beteiligten sichtbar (acatech, 2018, S. 13). Dies bedeutet nicht, dass alle Angaben lesbar und unverschlüsselt sind, denn vertrauliche Inhalte können beispielsweise verschlüsselt gespeichert werden (acatech, 2018, S. 13).
- **Manipulationssicherheit:** Ist ein Block einmal bestimmt, so kann dieser nicht mehr verändert werden. Durch kryptografische Verfahren wie der Verwendung von Hashes wird sichergestellt, dass eine Manipulation der Blockchain äusserst aufwendig ist und sofort auffallen würde (acatech, 2018, S. 13).

2.3.2 Smart Contracts

Wesentliche Veränderungen für Blockchains brachte unter anderem Ethereum hervor, indem nicht nur Währungen, sondern auch sogenannte Smart Contracts auf der Blockchain gespeichert werden konnten (Colomo-Palacios et al., 2020, S. 2f.). Smart Contracts wurden erstmals von Szabo (1997) erwähnt und wie folgt beschrieben:

„Smart contracts utilize protocols and user interfaces to facilitate all steps of the contracting process.“

Nach Szabo (1997) eröffnet dies neue Möglichkeiten, wie digitale Beziehungen geschaffen werden können. Im Kontext einer Blockchain sind Smart Contracts also digitale Scripts in Form von Programmcode, die auf einer Blockchain gespeichert werden (Colomo-Palacios et al., 2020, S. 2f.). Dadurch kann eine programmierte Vereinbarung unveränderbar und doch für jeden nachvollziehbar auf einer Blockchain gespeichert und ausgeführt werden (Angelis & Da Ribeiro Silva, 2019, S. 308f.). Ein Smart Contract kann dabei von einem anderen Smart Contract oder auch von ausserhalb der Blockchain aufgerufen werden (Voshmgir, 2020).

Smart Contracts sind somit ein Schlüsselement, denn sie ermöglichen es Entwickelnden, Teile oder gar ganze Applikationen über die Blockchain zu betreiben. So können in der Folge einerseits Fungible Token, meist Kryptowährungen genannt, oder auch Non Fungible Token über Smart Contracts verwendet werden. Andererseits können komplette Programme als dezentrale Applikationen über die Blockchain genutzt werden (Angelis & Da Ribeiro Silva, 2019, S. 309). In ihrer komplexesten Form können Smart Contracts auch ganze Organisationen, genauer dezentrale autonome Organisationen, abbilden (Voshmgir, 2020).

2.3.3 Token

Token sind ein vielseitiges Mittel, welches im Zusammenhang mit Blockchain zum Einsatz kommt. In diesem Abschnitt wird lediglich auf die Differenzierung ihrer Übertragbarkeit (*Fungibility*) eingegangen. Ein häufiger Verwendungszweck von Token sind digitale Währungen wie Bitcoin, welche auch Kryptowährungen oder Fungible Token genannt werden (Antonopoulos & Wood, 2019, S. 221). Fungible Token haben gemäss Voshmgir (2020) drei zentrale Eigenschaften:

1. **Gleichheit:** Jeder Token ist identisch mit einem anderen Token derselben Art. Deswegen ist es irrelevant, welchen Token einer Art man besitzt. Als Analogie ist es unerheblich, welche 10 Franken Note man besitzt – Sie hat exakt denselben Wert wie eine beliebige andere 10 Franken Note.

2. **Tauschbarkeit:** Aufgrund dessen, dass alle Token einer Art identisch sind, können sie problemlos getauscht werden. Ein Bitcoin hat immer denselben Wert wie ein weiterer, darum kann er gegen alles getauscht werden, was den Wert eines Bitcoins hat.
3. **Teilbarkeit:** Ein Fungible Token ist rein quantitativ. Das bedeutet, dass man auch nur einen Teil eines Tokens (bspw. 0.1 Bitcoin) besitzen kann.

Auf der anderen Seite stehen die Non Fungible Token (NFT). Ein solcher Token ist folglich einzigartig, nicht tauschbar und auch nicht teilbar. Beispiele für NFTs sind der Nachweis an einem Besitztum wie einem Gebäude, einem Kunstwerk oder einen Ausweis (Voshmgir, 2020). Dennoch sind zwei NFTs nie gleich, selbst wenn beide z.B. ein Gebäude repräsentieren, da es sich um zwei unterschiedliche Gebäude handelt (Antonopoulos & Wood, 2019, S. 223). Wenn auch NFTs nie identisch sein können, so kann es durchaus sein, dass man diese tauschen kann, diese Eigenschaft hängt vom Anwendungsfall ab. So kann sich das Besitztum eines Gebäudes mit der Zeit ändern, da es verkauft wird. Bei einem Ausweis macht dies jedoch keinen Sinn, da der Ausweis in der Regel auf eine Person bezogen ist – ein Universitätsabschluss kann nicht verkauft oder getauscht werden. Die Eigenschaft der Tauschbarkeit bezieht Voshmgir (2020) in diesem Aspekt darauf, dass ein NFT nicht denselben Wert wie ein anderer NFT hat, da jeder Token einzigartig ist.

Bei NFTs ist es möglich, dass automatisch Gebühren (Royalties) ausbezahlt werden, wenn diese den Besitzer wechseln (NEAR Protocol, 2022b). Wird beispielsweise der Besitzanspruch eines Kunstwerks als NFT erzeugt und verkauft, so können automatisch Anteile der Verkaufssumme an im NFT festgelegte Accounts wie dem Künstler überwiesen werden (NEAR Protocol, 2022b). Im Gegenteil zu klassischen Kunstwerken können NFTs somit überall gehandelt werden, der Künstler erhält aber in jedem Fall immer die entsprechenden Royalties, wenn das Kunstwerk weiterverkauft wird.

2.3.4 Dezentrale Applikationen

Im Grunde ist der wesentliche Unterschied zwischen einer dezentralen Applikation (dApp) und einer normalen App, dass die dApp auf einem dezentralen Netzwerk wie einer Blockchain aufbaut (Ethereum, 2022). In einer dApp können Smart Contracts die Funktion des Backends übernehmen, das Frontend (die Benutzeroberfläche) wird grundsätzlich mit den bereits bekannten Technologien und Programmiersprachen erstellt (Ethereum, 2022). Antonopoulos und Wood (2019, S. 268) halten fest, dass es zwar möglich ist, teile der dApp zentralisiert zu betreiben, dies jedoch nicht der eigentlichen Idee einer dApp folgt. Ethereum (2022) konkretisiert, dass es dezentralisierte Netzwerke gibt, die auf das Hosten einer dApp ausgelegt sind.

Die Vor- und Nachteile von dApps ergeben sich in etwa aus einer Kombination derer von Microservices und Smart Contracts. Dadurch, dass die Smart Contracts auf der Blockchain gespeichert sind, ist der Programmcode transparent und für jeden einsehbar (Antonopoulos & Wood, 2019, S. 268f.). Da die dApp über mehrere Nodes verteilt gespeichert wird, ist sie selbst dann funktionsfähig, wenn ein Node nicht mehr erreichbar ist oder gehackt wurde (Ethereum, 2022). Andererseits führt die Dezentralisierung einer dApp auch dazu, dass sie wesentlich komplizierter zu warten ist, weshalb es Sinn macht, zu hinterfragen, welche Teile der dApp wirklich dezentral sein müssen (Ethereum, 2022).

2.3.5 Dezentrale autonome Organisationen

Dezentrale autonome Organisationen (DAO) können zwar dasselbe Ziel wie eine traditionelle Organisation verfolgen, sind aber anders organisiert. Laut Voshmgir (2020) interagiert eine Gruppe von Menschen in einer DAO auf Basis eines offenen und sich automatisch durchsetzenden Software-Protokolls, ohne dass bilaterale Vereinbarungen notwendig sind. Im Kontext der Blockchain verwalten sich DAOs über in Smart Contracts festgelegte Vereinbarungen, sodass es organisatorisch keine Hierarchie benötigt und dezentral verwaltet werden kann (Voshmgir, 2020). Aufgrund ihres Designs müssen sich die Teilnehmenden einer DAO nicht zwingend kennen oder vertrauen, denn die Smart Contracts führen die vereinbarten Aktionen automatisch aus und speichern sie transparent auf der Blockchain (Voshmgir, 2020).

Ein Token für die DAO hilft dieser bei der Verwaltung der Organisation. So schafft die DAO durch den Einsatz eines Tokens Anreize dafür, dass sich die Teilnehmenden für die Organisation einsetzen (NEAR Protocol, 2021). Dies geschieht dadurch, dass die DAO den Token einen Wert zusagt, indem Teilnehmende mit den Token beispielsweise innerhalb der Organisation abstimmen dürfen oder durch Einsatz ihrer Token eine bestimmte Gegenleistung erhalten (NEAR Protocol, 2021).

Sofern gut konzipiert, sind DAOs daher unkorruptierbar und übernehmen die Rolle der *trusted third party* (Voshmgir, 2020). Darunter versteht man eine Organisation, der zwei Parteien vertrauen, indem sie zum Beispiel eine Transaktion über die Organisation abwickeln. Wo in traditionellen Organisationen diese Rolle beispielsweise von einer Bank vertreten ist, wird dies in der DAO durch die DAO selbst bzw. der DAO-Governance ausgeübt.

Diese Form der Zusammenarbeit ermöglicht neue Ansätze der digitalen Organisation. Die Teilnehmenden einer DAO müssen sich zum Beispiel selbst nicht kennen oder vertrauen, sofern sie der DAO und den ihr zugrundeliegenden Smart Contracts vertrauen. Trotzdem arbeiten die Teilnehmenden miteinander auf ein gemeinsames Ziel hin, da sie interessiert am Fortbestehen

der DAO sind. Dies geschieht nicht zuletzt auch, indem über Token Anreize geschaffen werden. Das NEAR Protocol (2021) vergleicht die Möglichkeiten der DAOs daher auch mit denen vom Crowdfunding.

2.3.6 NEAR Protocol

Ein Beispiel für eine moderne Blockchain ist das NEAR Protocol. Anders als Bitcoin und auch andere Blockchains verwendet das NEAR Protocol einen *Thresholded Proof of Stake* Algorithmus für den Konsens (NEAR Protocol, 2022a). Dabei wird von der Blockchain ein Validator ausgewählt, der den nächsten Block unter Einsatz von NEAR-Token validiert (NEAR Protocol, 2022a). Dies benötigt wesentlich weniger Rechenleistung und verbraucht dadurch deutlich weniger Energie als in anderen Konsens-Algorithmen, weswegen NEAR 2021 als erste Blockchain mit einem *Carbon Neutral Product Label* ausgezeichnet wurde (Schiegg, 2021). NEAR fokussiert sich darauf, drei wesentliche Herausforderungen von Blockchains zu meistern: Usability, Security und Scalability.

Gemäss NEAR Protocol (2022a) ist die Usability das erste Problem, welches vor allen anderen gelöst werden muss. So konzentriert sich NEAR darauf, die Entwicklung sowie Verwendung so einfach zu gestalten wie die heutige Web-Entwicklung (NEAR Protocol, 2022a). Einen der Sicherheitsaspekte bildet der Konsens-Algorithmus. Durch den *Thresholded Proof of Stake* wird die Chance, einen Block validieren zu dürfen und dafür belohnt zu werden, lediglich dadurch bestimmt, dass man eine bestimmte Anzahl Token besitzt (NEAR Protocol, 2022a). Diese Wahrscheinlichkeit steigt aber nicht, wenn man mehr Token besitzt. Die Validierung eines Blocks geschieht unter Einsatz von NEAR-Token (NEAR Protocol, 2022a). Würde ein Node sich böse verhalten und die Blockchain manipulieren wollen, so würde er die eingesetzten NEAR-Token verlieren (NEAR Protocol, 2022a). Mit dem sogenannten Nightshade, einem Sharding-Algorithmus, will NEAR die Herausforderung der Skalierung meistern (NEAR Team, 2021). Dabei wird die Blockchain auf eine benötigte Anzahl Partitionen, sogenannte Shards, aufgeteilt, um mehr Transaktionen in der gleichen Zeit bewältigen zu können, ohne an Sicherheit einzubüssen (NEAR Team, 2021). Aktuell auf vier Shards beschränkt, plant das NEAR Team (2021) die Anzahl Shards dynamisch zu steuern, um im Prinzip unendlich skalierbar zu werden.

Das NEAR Protocol ist daher eine für Unternehmen interessante Blockchain, da sie einige Herausforderungen bisheriger Blockchains angeht. Wie in Kapitel 6 aufgezeigt wird, sind die Transaktionskosten auf NEAR mit rund einem Cent gering. Durch die dynamische Skalierbarkeit stellt NEAR zudem sicher, dass die Anwendenden nicht auf die Verarbeitung ihrer

Transaktion warten müssen. Wie im Kapitel [2.2](#) Eventstreaming erklärt, ist die Verarbeitung in Echtzeit kritisch, weshalb eine Transaktion in Sekunden, nicht Minuten vollendet werden sollte.

2.4 Blockchain in der Baubranche

In Bauprojekten arbeiten sehr viele unterschiedliche Parteien an einem gemeinsamen Ziel – ein Bauprojekt zu realisieren. Kollaboration ist daher für ein erfolgreiches Projekt entscheidend, benötigt jedoch gegenseitiges Vertrauen (Dakhli et al., 2019, S. 1). Dieses Vertrauen erkaufen sich Projektbeteiligte oft von einer *trusted third party*, die sie als vertrauenswürdig empfinden (Dakhli et al., 2019, S. 1). Blockchain hat hier entsprechend das Potenzial, viele Probleme der Baubranche zu lösen, da sie diese Rolle übernimmt (Yang et al., 2020, S. 18f.).

Dakhli et al. (2019, S. 4) stellen fest, dass aus Sicht der Immobilienfirmen, die Bauprojekte in Auftrag geben, Blockchain das Risiko minimieren und das Projektmanagement vereinfachen und transparenter organisieren kann. Über mehrere Projekte berechneten Dakhli et al. (2019, S. 4) eine potenzielle Kosteneinsparung von durchschnittlich 8 Prozent der totalen Projektkosten. BigRentz (2022) halten fest, dass Blockchain-Lösungen wesentliche Verbesserungen im Bereich der Verträge, des Asset-Managements oder auch des Material-Einkaufs aufweisen können. So ist es bei bestimmten Materialien erforderlich oder hilfreich, deren Prüfprotokolle oder Echtheitszertifikate manipulationssicher dokumentieren zu können oder deren Herstellungsprozess transparent nachvollziehbar zu gestalten (BigRentz, 2022).

Lopes (2019) hält fest, dass Blockchain-Lösungen sicherstellen können, dass Zahlungen automatisch aufgrund der dokumentierten und ausgeführten Arbeiten ausgelöst werden. Nach Dakhli et al. (2019, S. 5) ist diese Automatisierung auch aus Sicht der Immobilienbranche wünschenswert. Dakhli et al. wie auch andere Autoren vertiefen diesen Ansatz jedoch nicht weiter. Gründe dafür könnten die dafür notwendigen Voraussetzungen und bevorstehende Herausforderungen sein. Dazu müssen nämlich einerseits alle Tätigkeiten eines Projektes definiert sein, andererseits alle Veränderungen (z.B. aufgrund von schlechtem Wetter, Qualität, Planänderungen etc.) zu diesem Plan festgehalten werden (Dakhli et al., 2019, S. 5).

3 | Forschungsfrage

Die Literaturanalyse zeigt, dass aktiv daran geforscht wird, wie Blockchain der Baubranche Mehrwert bringen kann. Jedoch halten auch Elghaish et al. (2020, S. 3) fest, dass die meisten Studien den theoretischen Bereich kaum verlassen und somit keinen greifbaren Nutzen durch Applikationen oder zumindest Prototypen liefern. Dies, obwohl laut Roy et al. (2018, S. 13) eine der wichtigen Barrieren, die es in der Baubranche zu überwinden gilt, die des fehlenden gegenseitigen Vertrauens ist. Pease et al. (2019, S. 53) ergänzen, dass die finanzielle Transparenz innerhalb der Projektbeteiligten dafür ein entscheidender Faktor ist. Elghaish et al. (2020, S. 45) zeigen schliesslich auf, dass Blockchains eine zentrale Technologie sind, um diese Herausforderungen meistern zu können.

Diese Arbeit beschäftigt sich entsprechend mit folgender Frage:

Wie kann die Blockchain-Technologie im Zahlungsprozess Vertrauen und Transparenz in der Baubranche erhöhen?

Um diese zentrale Frage zu beantworten, werden folgende Teilfragen beantwortet:

1. Wie kann Blockchain helfen, das gegenseitige Vertrauen der Projektteilnehmenden zu erhöhen?
2. Wie können Zahlungsprozesse im Bauprojekt gestaltet werden, wenn Zahlungen über die Blockchain abgewickelt werden?

4 | Methodisches Vorgehen

In den vorherigen Kapiteln wurde klar, dass die Baubranche wesentlichen Problemen in Bezug auf Transparenz, Produktivität und Zahlungsmanagement gegenübersteht. Zudem konnte aufgezeigt werden, dass genügend theoretische Forschung in allen untersuchten Bereichen dieser Arbeit existiert. Trotzdem fehlt es an Artefakten, welche den Mehrwert von Blockchain in der Baubranche aufzeigen und auf einfache Art zugänglich machen.

Nachdem die praktische Relevanz nach Hevner et al. (2004, S. 80) gegeben ist, der Stand der Forschung in diesem Bezug beleuchtet wurde und die Forschungslücke identifiziert ist, werden diese Elemente kombiniert, um die vorgeschlagene Lösung zu erarbeiten. Dazu werden in einem ersten Schritt mögliche Anwendungsfälle erarbeitet, welche die Transparenz und Zahlungsprobleme der Baubranche verbessern bzw. lösen können. Diese Anwendungsfälle werden aufgrund der Erkenntnisse der theoretischen Grundlagen abstrahiert erarbeitet, ohne sich auf konkrete Möglichkeiten der verfügbaren Technologien zu stützen. In einem nächsten Schritt werden diese Anwendungsfälle in Prototypen umgesetzt und somit exemplarisch instanziiert. Dadurch kann aufgezeigt werden, dass die erarbeiteten Anwendungsfälle einen Mehrwert für die Baubranche, aber auch für die Forschung erbringen und somit die notwendige Relevanz aufweisen.

Zuletzt werden die Ergebnisse der Prototypen kritisch hinterfragt, verfeinert und exemplarisch mit Szenarios geprüft. Daraus werden Konsequenzen für weitere Arbeiten, erkannte Erweiterungsmöglichkeiten der Anwendungsfälle sowie Handlungsempfehlungen abgeleitet und diskutiert. Die so erarbeiteten Prototypen können somit nach Hevner et al. (2004, S. 80) einerseits als Grundlage für technologische Implementationen dienen und bieten andererseits neues Wissen für weiterführende Arbeiten.

5 | Lösungsansätze

Diese Arbeit untersucht, wie Blockchain im Zahlungsprozess Vertrauen und Transparenz in der Baubranche erhöhen kann. Ein Ansatz besteht daher darin, die durch die Projektbeteiligten durchgeführten Arbeiten sichtbar zu machen und den Ausführenden einen Arbeitsnachweis auszustellen. Ein anderer Ansatz führt diesen bis zur automatisierten Abwicklung von Zahlungsvorgängen weiter. Beide Ansätze zeigen, wie durch das manipulationssichere Dokumentieren und Abwickeln von Arbeitsvorgängen die Transparenz zwischen den Projektbeteiligten, vor allem aber gegenüber Auftraggebenden steigt und Klarheit über Geleistetes geschaffen wird. Die Blockchain unterstützt diesen Ansatz vor allem durch ihre Eigenschaft der *Unveränderbarkeit*. Im zweiten Ansatz wird der ursprüngliche Gedanke der Finanztransaktion ohne Intermediäre deutlich.

5.1 Arbeitsnachweise festhalten

Unabhängig der Baubranche möchten Unternehmen vom Auftraggebenden für geleistete Arbeit bezahlt werden. Wie in der Einleitung erklärt, liegt oft genau darin jedoch die Ursache für viele Probleme und Meinungsverschiedenheiten. Oft werden nach erfolgreichem Projektabschluss ausgeführte Arbeiten sowie die fachmännische Ausführung in Frage gestellt oder Mängel aufgeführt, welche zum Zeitpunkt als die Aufgabe beendet wurde, nicht existierten. Als Konsequenz werden Zahlungen zurückgehalten, um Druck aufzubauen und in langwierigen Diskussionen wird versucht, einen Kompromiss zu finden.

Es handelt sich hierbei nur um einen Grund, weshalb es sinnvoll ist, geleistete Arbeit festzuhalten. Um zu vermeiden, dass nachträglich Probleme auftreten, ist es daher für alle Beteiligten von Interesse, für die erledigte Arbeit einen Konsens darüber zu finden, ob die Arbeit den vereinbarten Leistungen entspricht. Sind sich beispielsweise die Bauleitung sowie der Sanitärinstallateur einig, dass die Nasszellen wie vereinbart installiert, keine Mängel festgestellt wurden und die Leistung im gemeinsam geplanten Zeitfenster stattgefunden hat, so kann und sollte dies zum Zeitpunkt der Kontrolle von beiden Parteien festgehalten werden. Die gegen-

seitige Zustimmung, dass die Arbeit korrekt ausgeführt wurde, schafft für beide die nötige Transparenz durch den gesamten Bauprozess und kann einen wesentlichen Beitrag leisten, das gegenseitige Vertrauen zu erhöhen. Die Transparenz wird hierbei dadurch erhöht, dass der festgehaltene Arbeitsnachweis vom Zeitpunkt des Erstellens bis und mit Projektabschluss Klarheit über die geleistete Arbeit schafft. Gestützt werden kann dies, indem sichergestellt wird, dass der Arbeitsnachweis nach einem standardisierten Verfahren erstellt respektive dokumentiert wird und alle relevanten Details beinhaltet. Dadurch ist klar, was von den Arbeitsnachweisen erwartet werden kann und das nichts vergessen geht. Gegenseitiges Vertrauen kann dadurch erhöht werden, wenn es keinem der Beteiligten möglich ist, diesen Arbeitsnachweis nachträglich in irgendeiner Form zu verändern oder gar zu löschen.

Arbeitsnachweise, also das Festhalten von Angaben zu einer geleisteten Arbeit, können folglich eine Möglichkeit sein, Probleme, die vor allem beim Projektabschluss auftreten, zu vermeiden. Zumindest können sie Klarheit darüber schaffen, wie die Arbeit zum Zeitpunkt der Erledigung von Auftraggebenden wie -nehmenden aufgefasst wurde. Um Vertrauen und Transparenz zu erhöhen, sollten diese Arbeitsnachweise einige Voraussetzungen erfüllen: Unveränderbarkeit, standardisierte Inhalte sowie die Zustimmung der auftraggebenden wie auch auftragnehmenden Partei.

Bei der erstgenannten Voraussetzung handelt es sich um eines der Kernelemente einer Blockchain. Wie in Kapitel 2.3.1 dargestellt, ist es durch die Architektur einer Blockchain beinahe unmöglich, ihre gespeicherten Inhalte nachträglich zu verändern oder gar zu löschen. Die zweite Voraussetzung kann durch den Ansatz der Smart Contracts erfüllt werden. Durch das automatische Verarbeiten von Informationen durch den Smart Contract kann sichergestellt werden, dass immer dieselbe Art von Informationen vorhanden sind. Die letzte Voraussetzung kann einerseits über den Aufbau einer dApp, andererseits über den Smart Contract selbst geregelt werden. So kann zum Beispiel der Arbeitsnachweis über die dApp erst dann erstellt werden, wenn beide Parteien ihre Zustimmung gegeben haben. Andererseits kann dies auch durch den Smart Contract explizit aufgrund der ihm übergebenen Daten sichergestellt werden. Fehlt die Angabe, dass beide Parteien zugestimmt haben, würde der Smart Contract keinen Arbeitsnachweis ausstellen.

Aufgrund der oben genannten Elemente eignen sich NFTs für das Festhalten von Arbeitsnachweisen. Diese Token stellen sicher, dass Informationen in standardisierter Form gespeichert werden, die, sobald erstellt, unveränderbar auf der Blockchain dokumentiert sind. Der Smart Contract, welcher die Erstellung der NFTs übernimmt, kann so erstellt werden, dass dieser klaren Vorgaben entspricht und beispielsweise nur dann ausgeführt werden kann, wenn beide Parteien die Arbeit als erfüllt ansehen.

5.2 Automatisierte Zahlungsprozesse

Wie eingangs aufgezeigt, warten Baubetriebe mit 85 Tagen länger als fast alle anderen Branchen darauf, dass ihre Rechnungen beglichen werden (Zacharias, 2019). Gerade für kleinere Betriebe ist nicht nur das, sondern auch die im vorherigen Kapitel aufgezeigten zurückgehaltenen Zahlungen nur schwer verkraftbar. Dem Zahlungsmanagement in einem Bauprojekt kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu.

Alle im Bauprozess anfallenden Geldströme zu verwalten, kontrollieren und übermitteln ist mit nicht zu unterschätzendem Aufwand verbunden. Die Beträge müssen aufgrund von Lieferscheinen, Baustellen-Rapporten und weiteren Dokumenten sowie mit den dem Projekt zugrundeliegenden Verträgen und Konditionen eruiert und kontrolliert werden. Komplizierte Kontroll- und Freigabeprozesse verlangsamen die Rechnungsbegleichung weiter und erhöhen den Aufwand zusätzlich. Eine Optimierung bzw. Automatisierung des Zahlungsprozesses lohnt sich entsprechend rasch.

Solche Prozesse vollständig zu automatisieren ist jedoch auch kompliziert, weshalb es Sinn macht, dieses Problem aufzuteilen. So kann die Finanztransaktion an sich optimiert werden. Werden Forderungen automatisch bezahlt und entsprechende Belege einheitlich verfügbar gemacht, so kommt dies bereits einer wesentlichen Effizienzsteigerung gleich. Obwohl es der Blockchain grundsätzlich egal ist, welche Daten auf ihr gespeichert werden, haben sich bislang vor allem Anwendungen im Finanzbereich durchgesetzt. Kryptowährungen wie Bitcoin bauen auf einer Blockchain auf und nutzen deren Vorteile wie die der Dezentralisierung oder der Manipulationssicherheit. Für die Transaktionen werden Fungible Token verwendet. Von Interesse können hier vor allem projekteigene Token sein, welche nur für die Projektbeteiligten einen bestimmten Wert haben und nicht öffentlich gehandelt werden. Die Verwendung von anderen Kryptowährungen wie Bitcoin, Ethereum oder ähnlichem sind zwar möglich, unterliegen jedoch der für Kryptowährungen üblichen Schwankungen.

Mit der Wahl einer auf die Anforderungen passende Blockchain können viele Herausforderungen gemeistert werden. Das NEAR Protocol zeichnet sich hierbei durch ihre hohe Skalierbarkeit aus, welche mehrere Tausend Transaktionen in Sekunden verarbeiten kann. Die Transaktionskosten von aktuell etwa einem Cent sind weitaus geringer als bei vielen anderen Blockchains oder auch klassischen Banktransaktionen. In Bezug auf Transparenz lässt sich festhalten, dass gerade bei öffentlichen Blockchains wie dem NEAR Protocol alle Transaktionen nachvollzogen bzw. überprüft werden können. Jegliche Transaktionen werden auf explorer.near.org festgehalten.

Eine Möglichkeit, diesen Ansatz auf den Bauprozess bezogen aufzuzeigen ist, aufbauend auf dem vorherigen Lösungsansatz anstelle vom NFT eine Transaktion auszulösen. Ist eine Aufgabe abgeschlossen, so wird dafür letztlich eine Rechnung gestellt, um die Aufwände zu kompensieren. Anstelle der Rechnung kann ähnlich wie beim Erstellen eines NFTs eine Transaktion mit einer vereinbarten Menge an Token ausgelöst werden. Da die Transaktion auf der Blockchain dokumentiert wird, kann jederzeit nachvollzogen werden, wer wann welchen Betrag an wen und wofür überwiesen hat. Der ausstehende Betrag wird dadurch sicher, beinahe ohne Transaktionskosten und in wenigen Sekunden statt mehreren Tagen beglichen. Wenn auch die Transaktion selbst nur ein Teilproblem im gesamten Zahlungsmanagement darstellt, so zeigt sich dennoch ein grosses Potenzial, diese Transaktionen über Blockchain-Technologie abzuwickeln.

6 | Proof-of-Concept

Die erarbeiteten Lösungsansätze werden in diesem Projekt durch die Erstellung eines *Proof-of-Concepts* umgesetzt. Das Ziel ist, die Machbarkeit und Wirksamkeit des Lösungsansatzes zu überprüfen und dies anhand der Verbindung einer Baumanagement-Lösung mit einer Blockchain aufzuzeigen. Dazu wird zunächst der Aufbau des Prototyps erklärt und auf Schlüsseltechnologien eingegangen. Anschliessend werden die aus den vorangehenden Lösungsansätzen erstellten Prototypen vorgestellt und aufgezeigt, wie diese die entsprechenden Probleme lösen können. Für beide Anwendungsfälle werden die Funktionsweise, Szenarien, Erweiterungsmöglichkeiten sowie deren Nutzen vorgestellt.

6.1 Konzeptdesign

Aufgrund der in Kapitel 2.3.6 aufgezeigten Stärken sowie der in den Lösungsansätzen in Kapitel 5 vorgestellten Anforderungen an die Blockchain, eignet sich NEAR besonders gut. Anwenderfreundlichkeit, Skalierbarkeit sowie niedrige Transaktionskosten sind zwar generell wichtige Eigenschaften, jedoch gerade dann entscheidend, wenn in einem technologieunaffinen Umfeld wie der Baubranche eine solche Technologie eingeführt werden soll. Eine Lösung, in welcher die Überweisung ungewohnt lange benötigt und auch noch einen signifikanten Betrag für die Transaktion verlangt, wird es schwieriger haben, breite Akzeptanz zu erhalten.

Als Baumanagement-Lösung eignet sich RefinemySite vor allem aus zwei Gründen: Aus praktischer Sicht fokussiert sich Lean Construction, die RefinemySite zugrundeliegende Idee, bereits auf die Optimierung der Baustelle. Die Optimierung der Planung, Koordination sowie Kommunikation sind wichtige Grundlagen für eine Effizienzsteigerung auf der Baustelle. In Bezug auf die Anwendungsfälle ist vor allem die konsequente Erfassung und Pflege der Aufgaben einer Baustelle entscheidend. Nur wenn alle Aufgaben digital und einheitlich festgehalten und Änderungen auch nachgetragen werden, können beispielsweise Arbeitsnachweise als NFTs überhaupt erst erstellt werden. Aus technologischer Sicht spricht vor allem die Software-Architektur für RefinemySite. Die Nutzung eines Eventstreams, wie in Kapitel 2.2

aufgezeigt, bringt wesentliche Vereinfachungen in der Lösungserweiterung mit sich. Durch das Konzept der Microservices kann eine Applikation als Microservice an den Eventstream angebunden werden, ohne zwingend wesentliche Veränderungen am Kern der Software vornehmen zu müssen.

In einer ersten Version der Prototypen wurde versucht, die Nutzung eines Eventstreams zu vernachlässigen. Daraus resultierten diverse Herausforderungen, den Prototypen mit RefinemySite sinnvoll zu verbinden, da dafür Zugriff auf Kernelemente der Software notwendig wären. So müsste eine Aufgabe in RefinemySite den Prototyp direkt benachrichtigen, wenn sich der Status der Aufgabe ändert. Diese Herausforderungen liessen sich allesamt durch den Einsatz eines Eventstreams beheben, da dieser eine Nachricht sendet, sobald sich der Status der Aufgabe ändert. Im Fall des Eventstreams können demnach beliebig viele Microservices diese Nachricht empfangen und weiterbearbeiten, ohne dass die Aufgabe selbst davon Kenntnis haben muss.

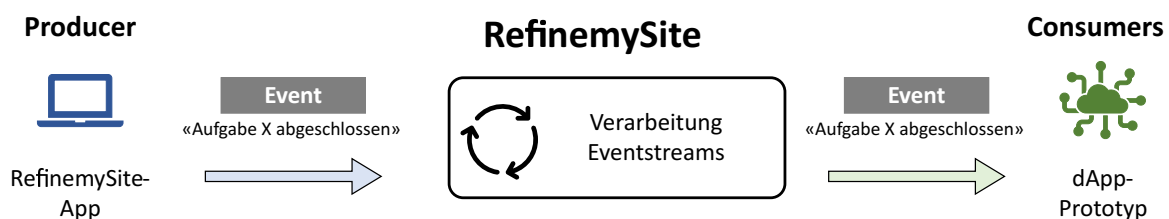


Abbildung 6.1 Theoretisches Modell des Versuchsaufbaus

Der theoretische Versuchsaufbau ist in Abbildung 6.1 dargestellt. Dabei wird der Prototyp, eine dezentrale Applikation, an den Eventstream in Form eines Microservices angebunden. Diese dApp wartet auf eine Nachricht des Eventstreams, dass eine Aufgabe in RefinemySite vollendet und kontrolliert wurde. Ist dies der Fall, so liest die dApp über die API relevante Informationen der Aufgabe aus RefinemySite. Dazu gehören beispielsweise Projektinformationen, die Aufgabentitel, die Bearbeitenden und weitere Angaben. Aufgrund dieser Informationen wird daraufhin ein Smart Contract getriggert, der basierend auf dem NEAR Protocol im ersten Anwendungsfall einen NFT mintet (bedeutet einen neuen NFT erzeugen). Im zweiten Anwendungsfall wird anstelle eines NFTs eine zuvor in RefinemySite festgelegte Menge an RefinemySite-Token überwiesen.

In der Erarbeitung der Prototypen wurde festgestellt, dass die für Externe zugängliche API von RefinemySite es nicht zulässt, direkt einen Microservice an den zugrundeliegenden Kafka-Eventstream anzubinden. So ermöglicht es die API, Ressourcen wie Aufgaben, Anhänge oder andere Projekt- und Planungsinformationen abzufragen, jedoch nicht, sich direkt am

Eventstream zu beteiligen und beispielsweise an einer Aufgabe zu abonnieren. Der effektive Versuchsaufbau sieht daher geringfügig anders aus und wird in Abbildung 6.2 gezeigt.

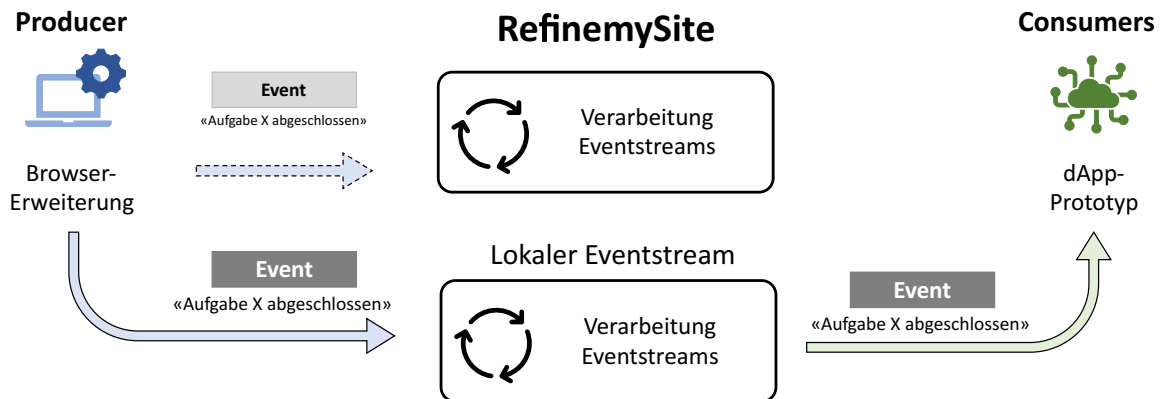


Abbildung 6.2 Effektives Modell des Versuchsaufbaus

Um den Prototypen möglichst nahe am theoretischen Versuchsaufbau zu erstellen, wurde eine kompliziertere Variante gewählt und nicht direkt Nachrichten von der Browser-Erweiterung an die dApp gesendet. Die Abbildung 6.2 zeigt, dass ein Browser-Add-On den Netzwerk-Verkehr der RefinemySite-App aufzeichnet. Das Browser-Add-On kann dabei erkennen, ob die Anwendenden in RefinemySite eine spezifische Aktion, wie beispielsweise das Schliessen einer Aufgabe, ausführen. Ist dies der Fall, so sendet das Add-On eine Nachricht, genauer einen HTTP-POST-Request an einen separaten Kafka-Eventstream. Dieser Eventstream wurde nur für diese Prototypen eingerichtet und hat keine Interaktion mit dem Eventstream von RefinemySite. Die einzige Aufgabe, welche dieser Eventstream übernimmt, ist, dass er die Nachrichten, die er vom Browser-Add-On erhält, an die Consumer des Eventstreams weitergibt. Die Consumer sind in diesem Fall die dApps, welche als Microservices mit dem Eventstream interagieren.

Dieser effektive Versuchsaufbau ist zwar komplizierter als eine reale Applikation letztlich sein müsste. Sie ermöglicht es jedoch, die dApp und somit das Kernelement des Prototyps möglichst so zu erstellen, wie es auch im theoretischen Versuchsaufbau der Fall wäre. Wo im theoretischen Versuchsaufbau die dApp eine Nachricht vom Eventstream über eine Statusänderung einer Aufgabe erhält, bekommt diese im effektiven Versuchsaufbau eine Nachricht, dass eine anwendende Person in RefinemySite eine Aufgabe geschlossen hat und empfängt notwendige Informationen, um die Aufgabe über die RefinemySite-API zu laden.

Die Interaktion mit NEAR basiert auf zwei zentralen Elementen: Zum einen wird für jeden Prototyp ein Smart Contract erstellt. Dieser Smart Contract stellt einerseits Methoden zur Verfügung, welche die dApp später aufrufen kann, um so beispielsweise einen NFT zu minten oder

RefinemySite-Token zu transferieren. Andererseits beinhaltet dieser Smart Contract die Logik, Inhalte der Aufgaben aus RefinemySite den NFTs als zusätzliche Informationen (sogenannte Metadaten) mitzugeben oder neue RefinemySite-Token zu generieren.

Zum anderen wird über die Javascript-API von NEAR die Interaktion mit ebendiesen Smart Contracts über die dApps sichergestellt. NEAR stellt dafür Vorlagen zur Verfügung, welche die Erstellung einer dApp im Wesentlichen auf die Erstellung des Smart Contracts sowie die Entwicklung der Bedienoberfläche und Logik der dApp beschränken. Aufwände für das Deployment des Smart Contracts sowie die Interaktion einer Web-Applikation mit dem Smart Contract werden durch die Vorlage weitestgehend abgenommen.

6.2 Anwendungsfall: NFT als Arbeitsnachweis

Das Ziel dieses Anwendungsfalles ist es, Konflikte und Uneinigkeiten während und nach der Fertigstellung eines Bauwerkes zu vermeiden oder mindestens zu mindern und transparent zu dokumentieren. Dazu wurde im vorherigen Kapitel der Ansatz vorgestellt, Arbeitsnachweise als NFTs zu erstellen. So kann für korrekt geleistete Arbeiten, welche von der Bauleitung und dem ausführenden Unternehmen geprüft wurden, ein Nachweis manipulationssicher und transparent auf der NEAR-Blockchain festgehalten werden.

6.2.1 Technische Lösung

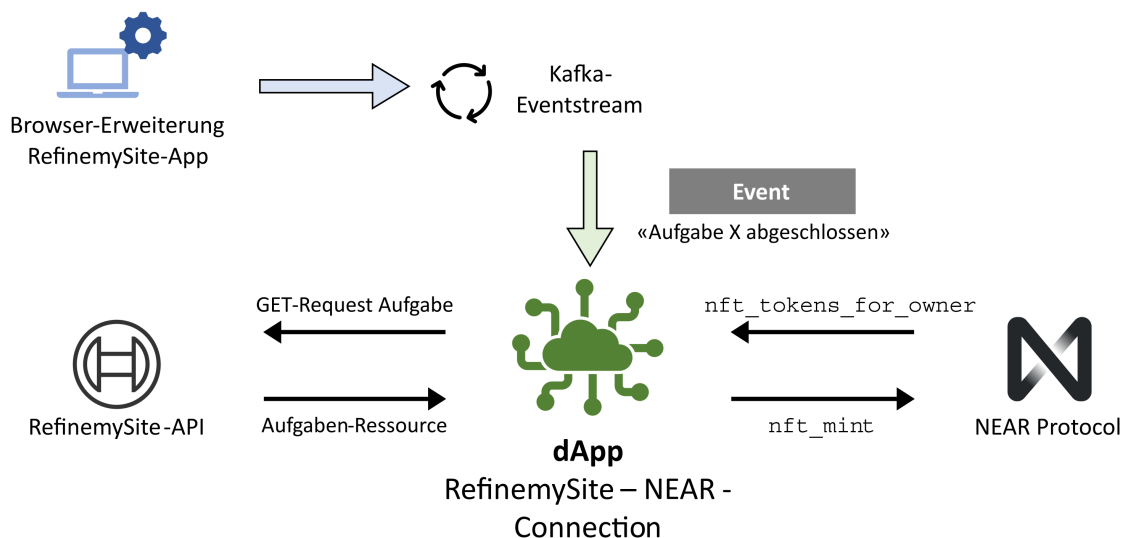


Abbildung 6.3 Prototyp-Funktionsweise für NFT-Arbeitsnachweis

Abbildung 6.3 stellt die Funktionsweise des Proof-of-Concepts dar. Sobald eine Aufgabe in RefinemySite abgeschlossen wird, wird dieser Event von der dApp erkannt. Im theoretischen Versuchsaufbau (Abbildung 6.1) würde dieser Event direkt vom Kafka-Eventstream von RefinemySite gesendet werden. Im effektiven Versuchsaufbau wird dieser Event aufgrund des Browser-Add-On und der entsprechenden Benutzerinteraktion erkannt und über einen lokalen Kafka-Eventstream versendet (Abbildung 6.2).

Die im effektiven Versuchsaufbau verwendeten Events enthalten die ID der Aufgabe (TaskId) in RefinemySite sowie den verwendeten Autorisierungstoken für den Zugriff auf die Refinemy-Site-API. Sobald die dApp eine Nachricht vom Eventstream empfängt, werden nacheinander folgende Dinge ausgeführt: Erstens holt sich die dApp die Task-Ressource über die

Refinemy-Site-API. Dazu wird aufgrund der im Event enthaltenen Informationen ein HTTP-GET-Request auf die RefinemySite-API getätigt. Zweitens wird die Methode `nft_mint` des Smart Contracts aufgerufen. Dieser Methode werden Informationen der RefinemySite-Aufgabe mitgegeben, beispielsweise Aufgabentitel, Projektname und Verantwortlicher der Aufgabe bzw. Empfänger des NFTs. Da es sich bei dieser Methode um eine payable Methode handelt, fordert NEAR die Überweisung von NEAR-Token an, um für den benötigten Speicherplatz auf der Blockchain zu bezahlen (Abbildung 6.4).

Während der Erstellung dieses Projektes waren die Kosten dafür zwischen 0.00049 und 0.00171 NEAR, was einem Betrag zwischen 0.3 und 1 Cent entspricht (Kurs 1NEAR = 5.86USD, Stand 25.05.2022).

Die Transaktionen können unter folgender URL verifiziert werden: testnet.nearblocks.io

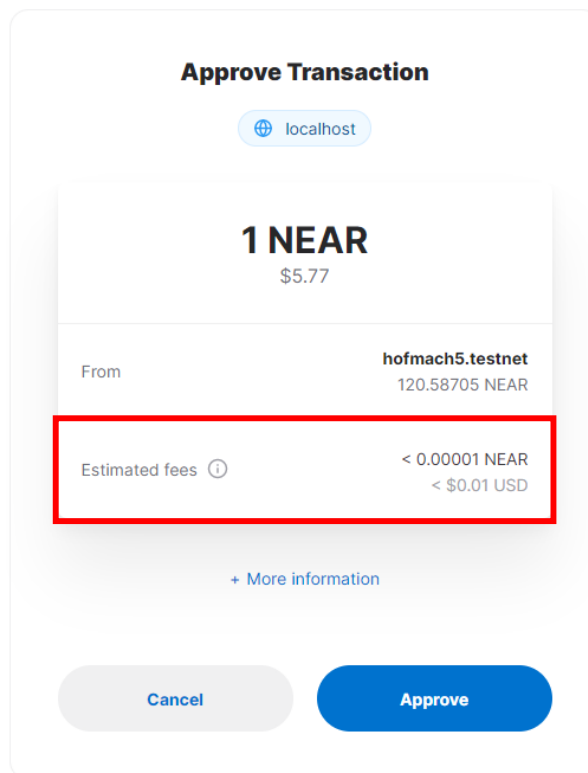


Abbildung 6.4 Transaktion mit erwarteter Transaktionsgebühr in NEAR

Drittens wird der neue NFT von der dApp geladen, sofern der angemeldete Anwender der Empfänger des NFTs ist. Der NFT wird daraufhin im Abschnitt des entsprechenden Projektes dargestellt (Abbildung 6.6a im Abschnitt Szenario). Dafür wird die Methode `nft_tokens_for_owner` verwendet, welche die NFTs eines NEAR-Accounts von diesem Smart Contract lädt. Zudem ist dieser auch im NEAR Wallet der Person ersichtlich (Abbildung 6.6b im Abschnitt Szenario).

Damit der Smart Contract funktionieren kann, muss er nach dem Deployment zunächst initialisiert werden. Deshalb prüft die dApp beim Start, ob die Methode `nft_tokens_for_owner` erreichbar ist. Wurde der Smart Contract noch nicht initialisiert, so schlägt diese Methode fehl und der Smart Contract wird durch Aufruf der Methode `new_default_meta` initialisiert.

6.2.2 Szenario

Nachfolgend wird anhand einer fiktiven Situation eines Bauprojektes aufgezeigt, wie der Prototyp funktioniert. Wie in Abbildung 6.5 ersichtlich, hat die Bauleitung AG der MaxiSanitär GmbH die Aufgabe in RefinemySite zugewiesen, die Sanitärinstallationen der Wohnung 1 im EG des Projektes Neubau MFH Wiesengrün vom 09. Mai 2022 bis zum 13. Mai 2022 fertigzustellen.

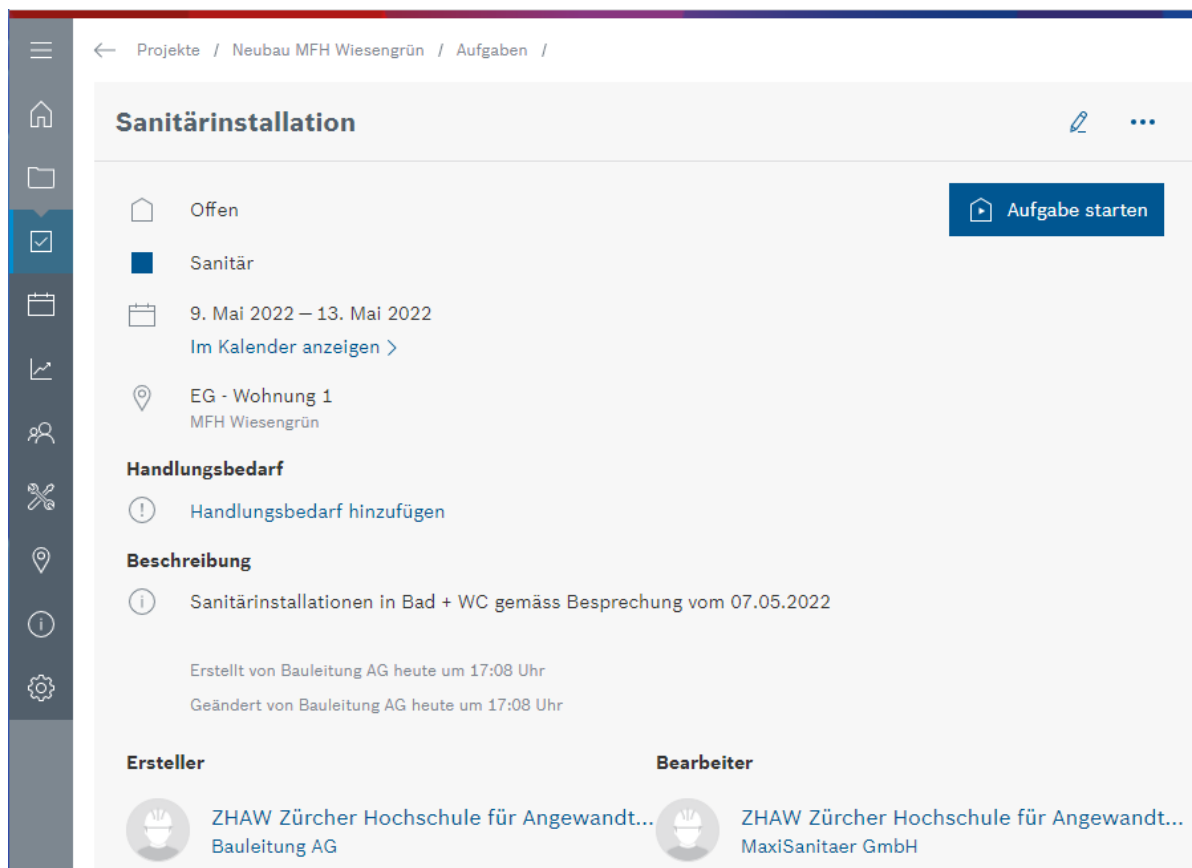
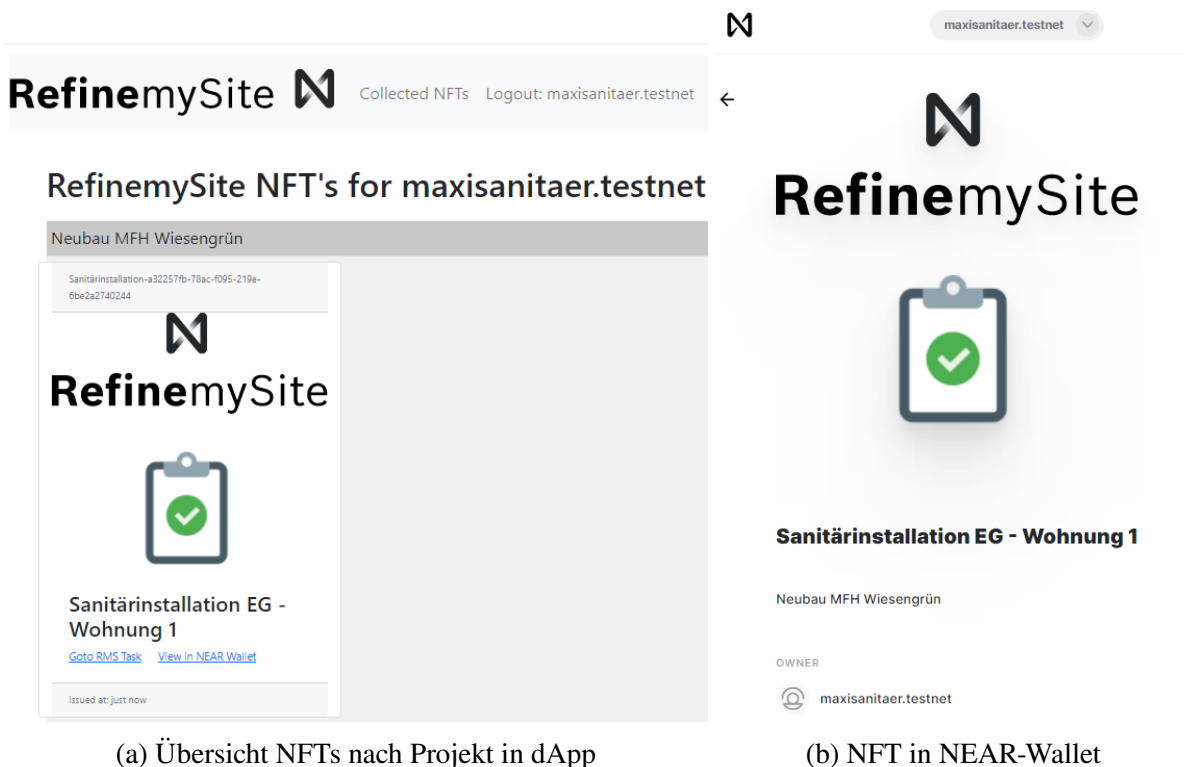


Abbildung 6.5 Details der Aufgabe in RefinemySite

Die Aufgabe wurde im Rahmen der Projektplanung mit der MaxiSanitär GmbH besprochen. Diese hat den Aufwand auf fünf Arbeitstage mit einem Installationsteam für diese Arbeit geschätzt. Die Sanitärinstallationen haben pünktlich begonnen und wurden bis zum 13. Mai ta-



dellos erledigt. Die Bauleitung AG bestätigt dies in einem Protokoll; Die Aufgabe in RefinemySite wird daraufhin durch die Bauleitung AG geschlossen. Sobald die Bauleitung AG die Aufgabe in RefinemySite geschlossen hat, wird der Betrag für den benötigten Speicherplatz des NFTs in NEAR-Token bezahlt. Daraufhin ist der NFT in der dApp (Abbildung 6.6a) sowie auf dem NEAR-Wallet (Abbildung 6.6b) der MaxiSanitär GmbH ersichtlich und bestätigt, dass die MaxiSanitär GmbH am 13. Mai die Sanitärinstallationen der Wohnung 1 im EG des Projekts Neubau MFH Wiesengrün ohne Beanstandung erfüllt hat.

6.2.3 Erweiterungsmöglichkeiten

Der Arbeitsnachweis aufgrund von in RefinemySite abgeschlossenen Aufgaben ist ein Beispiel dessen, was als NFT auf einer Blockchain wie NEAR dokumentiert werden kann. Wann immer es relevant ist, dass Daten oder generell Informationen transparent und trotzdem unveränderbar festgehalten werden sollen, kann der Einsatz von Blockchain sinnvoll sein. Allgemein können Protokolle und Rapporte, amtlich relevante Dokumente wie z.B. für eine Baueingabe, Prüfdokumente von Materialien wie der Materialprüfung eines speziellen Betons auf dessen statische Eigenschaften oder auch Echtheitszertifikate von verbauten Materialien über NEAR dokumentiert werden. So wäre eine Erweiterungsmöglichkeit in Bezug auf RefinemySite, dass

zur Aufgabe ein (standardisiertes) Protokoll beigelegt werden muss. Erst wenn dieses Protokoll vorliegt, könnte aufgrund dessen ein NFT gemintet und das Protokoll oder zumindest der Verweis darauf hinterlegt werden.

Da nicht immer alle Aufgaben reibungslos verlaufen, können in RefinemySite Gründe für Abweichungen hinterlegt werden. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn fehlerhafte Materialien geliefert wurden, notwendige Vorleistungen nicht erbracht oder nicht erkannt wurden oder die eigene Leistung überschätzt wurde. Eine erweiterte Möglichkeit dieses Anwendungsfalles wäre beispielsweise, fehlerfreie und zeitgerechte Arbeiten extra zu belohnen. Zusätzlich zum NFT können Fungible Token für tadellose Arbeiten vergeben werden. Als Beispiel könnte für jede der Aufgaben zugrundeliegenden Tageskarten zusätzliche Token vergeben werden. Werden die Arbeiten der Tageskarten oder Aufgaben im erwarteten Zeitrahmen gemacht, der Zeitaufwand passend geschätzt und keine Mängel oder Abweichungen festgestellt, so können zusätzliche Token vergeben werden. Das Sammeln dieser Token soll in diesem erweiterten Szenario zusätzliche Anreize schaffen, die in Form von höherem Profit oder anderweitig belohnt werden.

6.2.4 Nutzen

Die MaxiSanitär GmbH hat somit einen Arbeitsnachweis, auf den sie sich bei der Rechnungsstellung oder Uneinigkeiten berufen kann. Treten im Verlauf oder nach Abschluss des Projektes Probleme auf, beispielsweise weil später behauptet wird, dass die Sanitärinstallationen nicht einwandfrei gemacht und dabei andere Arbeiten wie beispielsweise die Fliesen beschädigt wurden oder der vereinbarte Betrag nicht wie vereinbart überwiesen wird, so kann die MaxiSanitär GmbH unter Berufung auf den NFT beweisen, dass die Arbeit korrekt erbracht wurde. Dadurch, dass der NFT auf der NEAR Blockchain gespeichert ist, ist eine nachträgliche Veränderung, Wiederrufung oder gar Löschung des NFTs nicht möglich.

Alle aufgrund der in RefinemySite abgearbeiteten Aufgaben werden transparent und für alle einsehbar als NFT auf NEAR gespeichert. Somit sind alle NFTs für jeden Projektbeteiligten einsehbar. Jeder Projektbeteiligte kann grundsätzlich alle NFTs von allen Projektbeteiligten sehen und prüfen, ob bzw. dass dieser korrekt ist. Dadurch steigt einerseits das Vertrauen unter den Projektbeteiligten, andererseits erhöht dies auch das Vertrauen in die Technologie und ist damit ein Schlüsselfaktor, um breite Zustimmung zu erlangen.

Wie in Kapitel 1 dargelegt, wird mangelhafte Transparenz und fehlendes Vertrauen als schwerwiegendstes Problem der wettbewerbsorientierten Auftragsvergabe in der Baubranche gesehen. Der vorgestellte Proof-of-Concept zielt deshalb darauf ab, Konflikte und Uneinigkeit

ten zu vermeiden, indem NFTs als Arbeitsnachweise für geleistete und abgenommene Arbeiten dienen. Dadurch, dass auf NEAR gespeicherte NFTs für jeden Beteiligten einsehbar sind und in transparenter Weise Auskunft über die geleistete Arbeit geben, erhöht sich die Transparenz und bildet die Basis, um gegenseitiges Vertrauen zu stärken.

6.3 Anwendungsfall: Automatisierte Zahlungsabwicklung

Einen Schritt weiter als NFT-Arbeitsnachweise zu erstellen geht dieser Anwendungsfall. Direkt eine Transaktion aufgrund abgeschlossener Arbeiten durchzuführen, kompensiert viele Arbeitsschritte, die heute noch notwendig sind. Die Vorteile des vorherigen Anwendungsfalles bleiben bestehen. Die Blockchain dokumentiert alle Transaktionen nachvollziehbar, sodass jederzeit überprüft und sichergestellt werden kann, wann welche Transaktion wozu getätigt wurde. Hinzu kommt, dass durch die Verwendung vom NEAR Protocol Transaktionen in wenigen Sekunden und zu minimalen Transaktionskosten ausgeführt werden.

6.3.1 Technische Lösung

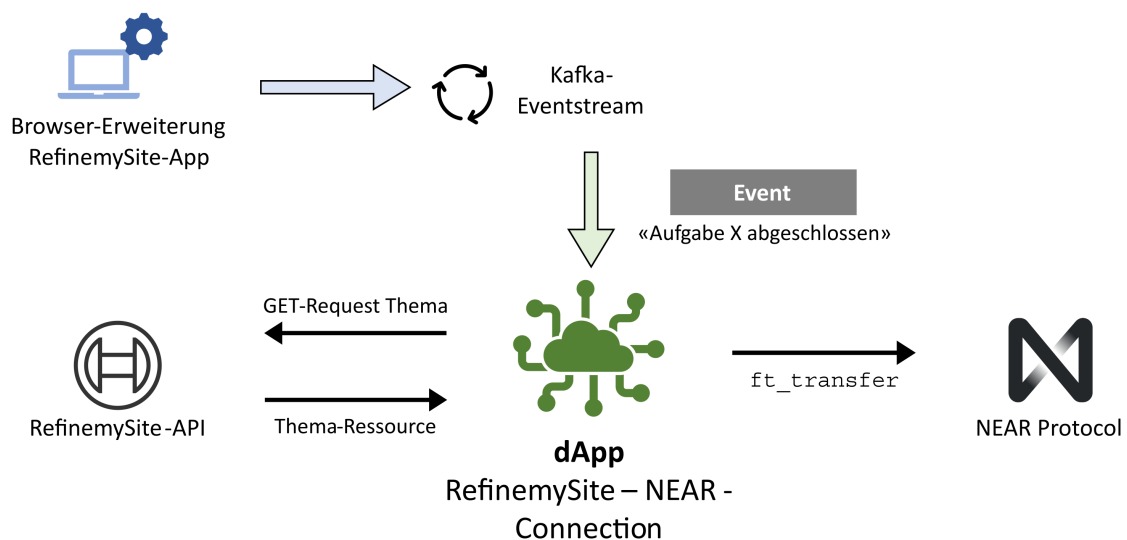
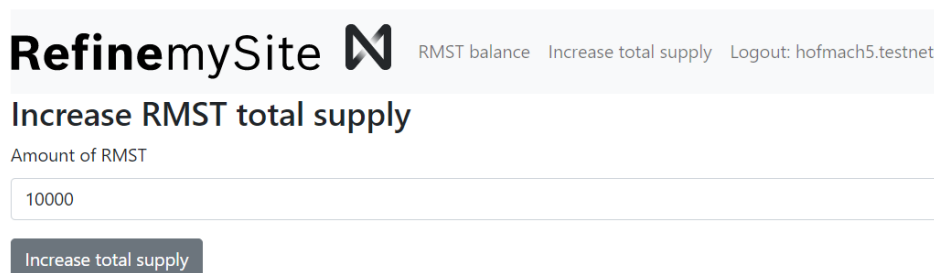


Abbildung 6.7 Prototyp-Funktionsweise für automatische Zahlungsabwicklung

Der Versuchsaufbau ist ähnlich wie beim vorherigen Anwendungsfall. Wie in Abbildung 6.7 ersichtlich, besteht der grösste Unterschied darin, dass der Smart Contract anstelle von NFTs zu erzeugen, direkt Fungible Token an den Verantwortlichen der Refinemy-Site-Aufgabe überweist. Für diesen Anwendungsfall wird über den Smart Contract ein eigener Fungible Token, der *RefinemySite Token* erstellt. Die Schaffung eines eigenen Tokens für jedes RefinemySite-Projekt wäre in einem weiteren Schritt prüfenswert. Da es in RefinemySite über die API nicht möglich ist, die Benutzeroberfläche zu erweitern, stehen die zu überweisenden Beträge für diesen Prototyp in den Themen der Aufgaben (Abbildung 6.9 im nächsten Abschnitt).

Erhält die dApp eine Nachricht vom Eventstream, so werden zunächst alle Themen einer Aufgabe über einen HTTP-GET-Request von der RefinemySite-API geladen. Die Themen werden anschliessend darauf überprüft, ob diese eine Angabe der zu überweisenden Token beinhaltet. Zuletzt werden die geforderten Token an den Bearbeiter der Aufgabe überwiesen, indem die Methode `ft_transfer` des Smart Contracts aufgerufen wird. Dieser Vorgang fordert die nutzende Person wie im vorherigen Anwendungsfall auf, NEAR-Token für den benötigten Speicherplatz auf der NEAR-Blockchain zu bezahlen und transferiert anschliessend die geforderte Anzahl RefinemySite-Token. Ist dieser Vorgang abgeschlossen, so sieht die anwendende Person ihr neu verfügbares Guthaben einerseits in der dApp (Abbildung 6.10a im nächsten Abschnitt), andererseits in seinem NEAR-Wallet (Abbildung 6.10b im nächsten Abschnitt). Die dApp erlaubt es ausserdem, zusätzliche RefinemySite-Token zu minten. Im realen Umfeld ist dies notwendig, um eine bestimmte Menge an Token zu kaufen und diese beispielsweise mit Schweizer Franken, Euro oder US-Dollar zu bezahlen. Im Kontext eines Bauprojektes ist dies beispielsweise dann notwendig, wenn die Token in der Höhe des Projektbudgets erhalten werden sollen oder wenn das Projekt das Budget übersteigt und zusätzliche finanzielle Mittel benötigt werden. In diesem Proof-of-Concept wurde dieser Aspekt nicht komplett berücksichtigt: Es wird beim Übermitteln des Formulars ohne Bezahlvorgang die gewünschte Menge an Token generiert und dem Account zugewiesen (Abbildung 6.8).



The screenshot shows the RefinemySite dApp interface. At the top, the RefinemySite logo is displayed next to the text 'RMST balance Increase total supply Logout: hofmach5.testnet'. Below this, the main heading is 'Increase RMST total supply'. Underneath the heading, the text 'Amount of RMST' is shown. A text input field contains the value '10000'. Below the input field is a button labeled 'Increase total supply'.

Abbildung 6.8 Ansicht minten zusätzlicher RefinemySite-Token in dApp

Auch der Smart Contract in diesem Anwendungsfall muss zu Beginn initialisiert werden. Dazu prüft die dApp beim Start, ob die Metadaten des RefinemySite-Token verfügbar sind, indem die Methode `ft_metadata` aufgerufen wird. Schlägt diese Methode fehl, so ist der Smart Contract noch nicht initialisiert und wird durch Aufruf der Methode `new_default_meta` initialisiert. Dieser Methode wird ein in der dApp hinterlegter Account sowie eine initiale Menge an RefinemySite-Token mitgegeben.

6.3.2 Szenario

Orientiert am Projektszenario des vorherigen Anwendungsfalles, muss in diesem Fall in den Themen der Aufgabe in RefinemySite angegeben werden, wie viele RefinemySite-Token der MaxiSanitär GmbH für die Sanitärinstallation der Wohnung zustehen. Wie in Abbildung 6.9 ersichtlich, wurden hierfür 70 Token vereinbart.

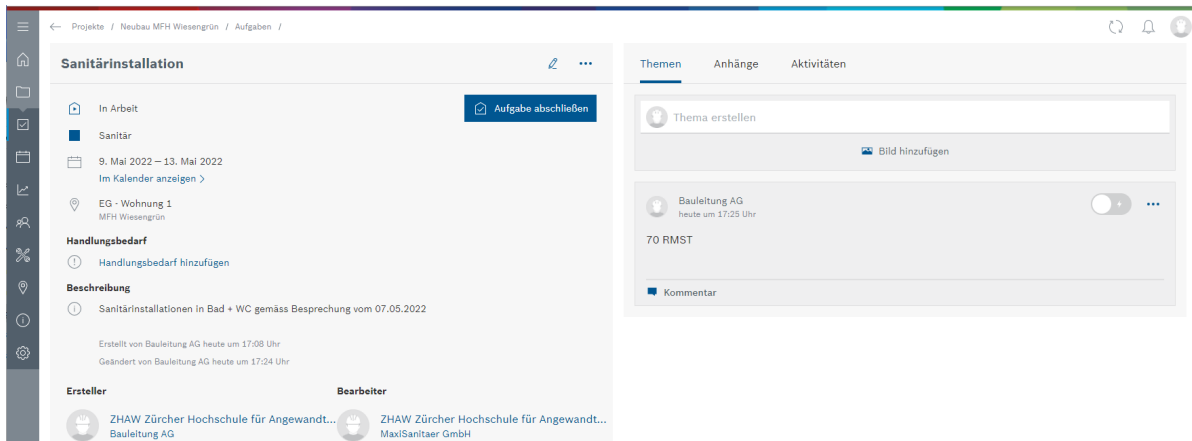
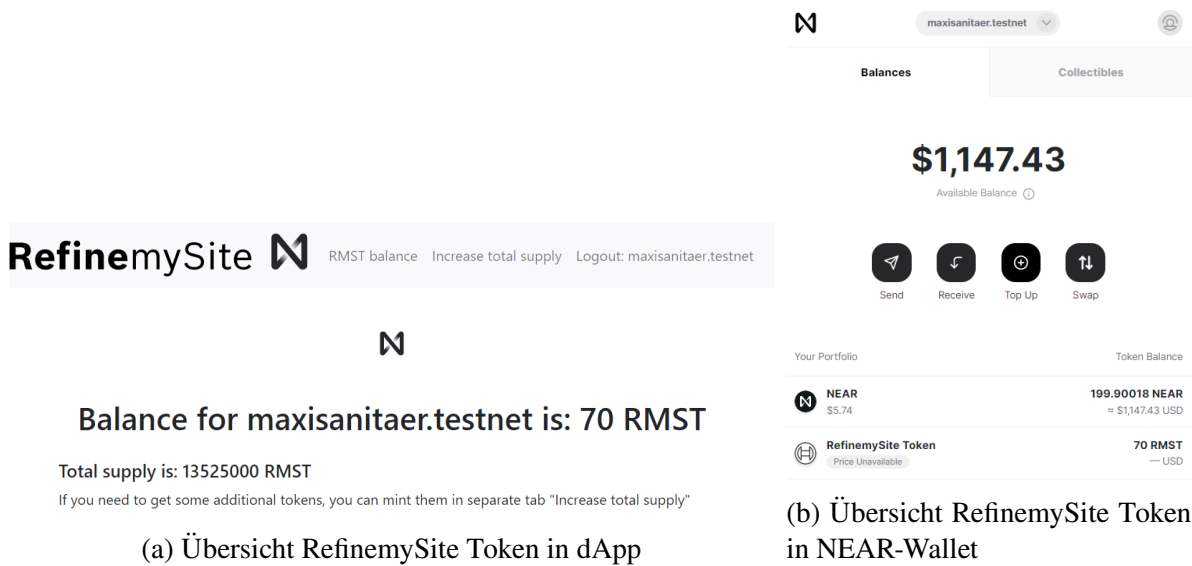


Abbildung 6.9 Aufgabe in RefinemySite mit Anzahl Token als Thema

Sobald nun die Bauleitung AG die Aufgabe in RefinemySite geschlossen hat, löst die dApp die Transaktion von 70 Token für die MaxiSanitär GmbH aus. Die MaxiSanitär GmbH sieht die überwiesenen 70 Token innert Sekunden auf ihrem Account (Abbildung 6.10a bzw. 6.10b). Da alle Transaktionen transparent dokumentiert sind, können sowohl die Bauleitung AG, die MaxiSanitär GmbH sowie grundsätzlich alle anderen prüfen, wann die Transaktion in welcher Höhe und wofür überwiesen wurde.

6.3.3 Erweiterungsmöglichkeiten

Die Beschleunigung von Zahlungsvorgängen oder das vereinfachte Zahlungsmanagement sind Vorteile, von welchen Unternehmen durchaus bereits heute profitieren könnten. Die Möglichkeiten von Fungible Token und Smart Contracts gehen jedoch viel weiter, wie auch in Kapitel 2.3 dargelegt. Es ist daher denkbar, dass künftig nicht mehr nur eine auftraggebende Person ein Bauobjekt bestellt und finanziert, sondern dass die Auftraggebenden durch eine DAO repräsentiert werden. Dadurch können mehrere Personen einen Teil zur Finanzierung des Bauprojekts beitragen, ähnlich wie dies im Crowdfunding der Fall ist. Aufgrund der DAO-Governance wird bestimmt, wie die DAO als Auftraggebende agiert und Entscheidungen trifft. Anreiz, um in einer solchen DAO mitzuwirken und zu investieren wäre in diesem Fall, dass die Teilnehmenden



anteilmässig an den investierten Token Belohnungen erhalten. Belohnungen können in Form von Mietzinsenträgen oder ähnlichem an die Mitglieder der DAO ausbezahlt werden.

Diese Form der Organisation mag auf den ersten Eindruck ungewohnt und in ferner Zukunft wirken, zeigt aber auf, wie nicht nur grosse Immobilienfirmen vom Bauen profitieren und daran teilhaben können, sondern auch Privatpersonen. Diesen Ansatz ein wenig weiter entwickelt, wird klar, dass die Projektbeteiligten ebenfalls Teil dieser DAO werden könnten. Wenn die Projektbeteiligten neu am Ertrag des Bauprojektes teilhaben, werden diese neu zu Teilhabenden, statt nur Ausführende zu sein. Dadurch haben die Projektbeteiligten ein direktes Interesse, dass das Projekt erfolgreich wird und Arbeiten in hochstehender Qualität erledigt werden.

6.3.4 Nutzen

Wenn Unternehmen lange auf die Begleichung offener Forderungen warten müssen, kann dies ein Problem für die Lohnauszahlung oder den Materialeinkauf werden. Bei einer durchschnittlichen Gewinnmarge von unter zwei Prozent kann dies gerade für kleine Unternehmen ein signifikanter Faktor sein (Bundesamt für Statistik, 2021, S. 33). Werden nun Beträge gleich nach Beendigung der Arbeit überwiesen, so kann dieses Problem minimiert werden. Durch die Automatisierung dieses Prozessschrittes wissen alle Beteiligte, dass die Transaktion direkt nach Abnahme der Arbeiten ausgelöst wird. Da die Transaktion ohne Einflussnahme einer Person stattfindet, ist es nicht möglich, einen Teil des Betrags zurückzuhalten oder die Zahlung her-

auszuzögern. Dies stärkt das gegenseitige Vertrauen signifikant und es wird ein transparentes Umfeld geschaffen.

Die Frage, wie hoch der zu überweisende Betrag für eine bestimmte Aufgabe ist, wird in diesem Proof-of-Concept bewusst abgegrenzt. Unterschiedliche Gewerke haben hierfür unterschiedliche Ansätze, die beispielsweise auf Stückzahlen oder der benötigten Zeit beruhen oder abhängig von den verwendeten Materialien sind. Berücksichtigt man, dass unvorhergesehene Ereignisse die ursprüngliche Schätzung dieser Angaben beeinflussen können, muss einer Lösung dieses Problems spezielle Beachtung geschenkt werden. Diese Komplexität wurde für den vorliegenden Proof-of-Concept ignoriert und der zu überweisende Betrag in RefinemySite lediglich als ein Kommentar eines Themas festgelegt.

7 | Diskussion

Die rasche Adaption von Blockchain-Technologien in anderen Branchen zeigt, dass definitiv das Potenzial besteht, die aufgezeigten Probleme der Baubranche zu lösen oder diese zumindest zu minimieren. Lassen sich Projektbeteiligte auf eine kollaborative Zusammenarbeit ein, basierend auf Lean oder zumindest deren zugrundeliegenden Prinzipien, so entsteht die Möglichkeit, die Wertschöpfung und somit die Produktivität signifikant zu erhöhen. Das vorgestellte Projekt zeigt auf, dass die eingangs erkannten Probleme durch die Verbindung des NEAR Protocols mit RefinemySite effektiv gelöst werden können. Erfolgreiche Bauprojekte beruhen nicht zuletzt auch auf der offenen Zusammenarbeit aller Beteiligten, weswegen eine gesunde Geschäftsbeziehung zwischen den Parteien anzustreben ist.

Beim ersten Prototyp wird klar, dass die Transparenz und dadurch auch das Vertrauen ineinander erhöht werden kann, indem für erledigte Arbeiten Nachweise als NFTs generiert werden. Durch die Verwendung einer Blockchain wie dem NEAR Protocol können alle einsehen, für wen wann und wofür ein Arbeitsnachweis ausgestellt wurde. Die NFTs der Arbeitsnachweise werden nicht nur transparent dokumentiert, sondern sind auch unveränderbar. Jegliche Manipulation an den Arbeitsnachweisen würde sofort auffallen. Da es sich bei der dApp im Wesentlichen um einen Microservice handelt, der Events vom Kafka-Eventstream konsumiert, läuft die dApp einfach nebenbei mit, Anwendende müssen nicht zwingend aktiv mit der App oder der Blockchain interagieren. Diese Tatsachen zeigen, dass der erste Prototyp das Ziel erreicht: für korrekt geleistete Arbeit einen Arbeitsnachweis zu erstellen, welcher Konflikte nach Projektabschluss vermeiden kann.

Die Erweiterungsmöglichkeit, weitere Token für tadellose Arbeiten auszustellen, kann einerseits einen erzieherischen Effekt auf die Projektbeteiligten haben und andererseits neue Möglichkeiten eröffnen, beispielsweise in der Verteilung der Profite. So wäre es denkbar, dass der Überschuss vom Projektbudget auf die Projektbeteiligten, abhängig von der Anzahl Token, aufgeteilt wird. Wie der Prozess der Abnahme einer Arbeit genau aussehen müsste, gilt es zu überprüfen. So wird in diesem Projekt davon ausgegangen, dass wenn eine Aufgabe in RefinemySite geschlossen wird, diese Arbeit von beiden Parteien (Bauleitung sowie Ausfüh-

rende) akzeptiert wird. Um dem Arbeitsnachweis eine verbindlichere Wirkung zu geben, wäre es prüfenswert, diesen Prozess um Elemente zu erweitern, bei denen beide Parteien explizit bestätigen müssen, dass die Arbeit in Ordnung ist. Der Prozess könnte beispielsweise durch eine einfache Checkbox in der Bedienoberfläche, eine Unterschrift oder ein vordefiniertes Protokoll erweitert werden.

Der zweite Prototyp baut überwiegend auf den Erkenntnissen des vorherigen auf. Da in diesem Fall jedoch direkt Beträge in Fungible Token überwiesen werden, wird das Minten des NFTs hinfällig. Die vorgestellte automatisierte Zahlungsabwicklung wird als eine signifikante Verbesserung vieler Prozessschritte im Zahlungsmanagement erachtet. Die Ausführenden müssen nicht mehr wie bis anhin mehrere Tage auf ihr Geld warten, sondern erhalten es umgehend innert wenigen Sekunden. Da zudem alle Schritte und Transaktionen auf der Blockchain dokumentiert werden, sind diese für jeden jederzeit ersichtlich und nachvollziehbar. Dadurch kann die komplette Rechnungsstellung und -abwicklung massgebend vereinfacht werden. Die Tatsache, dass es unmöglich ist, einen Teilbetrag zurückzuhalten oder den zu überweisenden Betrag ohne Wissen der anderen Partei zu ändern, wird als Schlüsselement betrachtet. Eine Schwierigkeit, dieses Projekt in RefinemySite tatsächlich umzusetzen, dürfte die Frage nach der Festlegung des Betrages, der zu einer Aufgabe gehört, sein. Diesem Teilproblem sollte daher in einer späteren Projektphase besondere Beachtung zukommen, wurde im Projekt aber bewusst abgegrenzt.

Die Resultate des Projektes zeigen nicht nur auf, dass relevante Praxisprobleme gelöst werden konnten. Sie eröffnen ausserdem neues Potenzial, das ohne diese Erkenntnisse heute noch nicht im selben Stil möglich wäre. Durch den Einsatz von Blockchain respektive Fungible Token, kann unter anderem auch die Welt der *dezentralen autonomen Organisationen* erschlossen werden. So können DAOs als Auftraggebende agieren, wodurch nicht eine Person oder Firma für die komplette Finanzierung eines Bauprojektes aufkommen muss. Einzelne Personen können sich in die DAO einbringen und so einen Beitrag zur Finanzierung des Bauprojektes leisten. Durch die DAO-Governance kann sichergestellt werden, wie die DAO Entscheidungen während des Bauprozesses trifft und sich verhalten soll. Für Privatpersonen kann es durchaus von Interesse sein, nur einen Teilbetrag für die Projektfinanzierung aufzubringen. Die DAO kann beispielsweise den Mietzins eines Wohngebäudes an die Teilnehmenden der Organisation aufteilen – in Abhängigkeit ihrer investierten Token.

Nicht zuletzt zeigt das Projekt auch neue Geschäftsmodelle für RefinemySite auf. Da jede Transaktion in NEAR verfolgt werden kann, richtet sich ein alternatives Preismodell an den Aufgaben bzw. NFTs oder Transaktionen aus. Bei NFTs besteht per NFT-Standard schon die

Möglichkeit, automatisch Royalties an definierte Accounts zu bezahlen. Dadurch ist es möglich, beim Minten des NFTs direkt einen bestimmten Betrag an RefinemySite zu überweisen. Eine ähnliche Möglichkeit besteht auch bei Transaktionen der Fungible Token. RefinemySite könnte bei jeder Transaktionen einen kleinen Betrag für das Betreiben der Plattform verlangen und automatisch abziehen.

Dies ermöglicht ein neues Preismodell, bei welchem nur das bezahlt wird, was auch wirklich genutzt wird – ein gängiges Preismodell für moderne Software-as-a-Service-Lösungen. Aus Sicht der Kunden von RefinemySite kann dies ebenfalls einen Vorteil haben. Wird die Plattform nicht pauschal pro anwendende Person bezahlt, sondern nach ihrem Gebrauch, so ist der Betrag für das Betreiben der Plattform direkt mit dem Projekt verbunden.

Einerseits bedeutet dies, dass es immer klar ist, wie gross die Aufwände für die Nutzung von RefinemySite in einem bestimmten Projekt sind. Damit können die Kosten der Plattform viel zuverlässiger kalkuliert und gegebenenfalls gar auf das Projekt verrechnet werden. Wo heute in der Regel die Unternehmen für die Kosten der eingesetzten Geräte und Softwares aufkommen müssen und diese nur indirekt an die Auftraggebenden verrechnet werden, so können durch dieses neue Preismodell die Kosten direkt auf das Projekt übertragen werden.

Andererseits bedeutet dies auch, dass es für kleinere Projekte günstiger ist, die Plattform zu nutzen. Dies ist ein nicht zu vernachlässigbarer Faktor für die Skalierung. Sind die Kosten für die Nutzung der Plattform skalierend, so ist es realistischer, dass die Plattform flächendeckend für alle Projekte genutzt wird. Bei grösseren Projekten deshalb, weil die Komplexität die Nutzung einer Plattform wie RefinemySite praktisch voraussetzt, um die Übersicht zu behalten. Bei kleineren Projekten darum, weil sich der gesamte Lean Prozess irgendwann als Standard in den Unternehmen etabliert hat und die Plattformkosten in einem angemessenen Verhältnis liegen.

8 | **Schlusswort**

Das vorliegende Projekt hat gezeigt, dass der Einsatz von Blockchain der Bauindustrie helfen kann, grundlegende Probleme zu lösen. Transparenz ist eines der Schlüsselemente einer Blockchain, im speziellen des NEAR Protocols. Alle Transaktionen wie auch jeder NFT-Arbeitsnachweis kann von jedem überprüft und verifiziert werden. Zudem lässt es das NEAR Protocol nicht zu, nachträglich Änderungen an den auf ihr gespeicherten Daten zu vollziehen. Dadurch kann sich auch das Vertrauen der Projektbeteiligten ineinander erhöhen.

In einem ersten Schritt wurde aufgezeigt, dass NFTs die in RefinemySite koordinierten und abgeschlossenen Arbeiten festhalten können. Diese Arbeitsnachweise helfen, die Situation zu einem bestimmten Zeitpunkt zu dokumentieren und unveränderbar auf der Blockchain zu speichern. Dadurch erhöht sich das Vertrauen der Projektteilnehmenden und das Konfliktpotenzial wird minimiert.

In einem zweiten Schritt konnte dargelegt werden, dass Zahlungsprozessen über das NEAR Protocol neue Dimensionen eröffnet werden können. So können sie einerseits signifikant beschleunigt werden, da Zahlungen in Sekunden statt Tagen vollzogen werden können. Zudem können die Zahlungsprozesse massgebend automatisiert werden, sodass Kontroll- und Freigabeprozesse für Rechnungen entfallen bzw. automatisch erledigt werden. Andererseits gibt der Einsatz von Fungible Token auch neue Möglichkeiten im Umgang mit dezentralen autonomen Organisationen. So können Auftraggebende dadurch auch eine Gruppe von Personen sein, die einen Beitrag zur Projektfinanzierung leisten; es muss daher nicht eine traditionelle Immobilienfirma als Auftraggebende auftreten.

Nicht zuletzt eröffnet das Projekt auch neue Geschäftsmodelle, vor allem neue Preismodelle für RefinemySite. Die transparente Dokumentation aller Transaktionen auf NEAR ermöglicht es, die Kosten der Plattform entsprechend ihrer Nutzung zu gestalten. Dadurch wird das Preismodell skalierbarer und transparenter, was es auch ermöglicht, die Plattformkosten direkt auf das Projekt zu übertragen.

In weiteren Projekten sollten zwei Dingen Beachtung geschenkt werden: Erstens sollte der Abnahmeprozess einer Arbeit überprüft werden. In diesem Projekt wurde angenommen, dass

wenn eine Aufgabe in RefinemySite abgeschlossen ist, die dahinterstehende Arbeit von beiden Parteien (der Bauleitung sowie des Ausführenden) akzeptiert wurde. Diesem Prozessschritt kann zusätzliche Verbindlichkeit verliehen werden, indem die Zustimmung, dass die Arbeit korrekt geleistet wurde, explizit erfolgen muss. Zweitens ist die Frage ungeklärt, wie hoch der finanzielle Beitrag einer Aufgabe ist und wie dieser angemessen festgelegt werden soll. Im Projekt wird der Betrag lediglich als ein Kommentar in einem Thema festgelegt. Hier muss aber sichergestellt werden, dass dieser Betrag nicht willkürlich geändert werden kann und auf Basis der dem Projekt zugrundeliegenden Verträge beruht.

Ausblickend bietet die zweite Fragestellung besondere Chancen: Einerseits ist der zu überweisende Betrag in RefinemySite notwendig, um die Transaktion zu vollziehen. Andererseits gibt dies die Möglichkeit, das Ökosystem um den Eventstream zu erweitern, indem die Kosten- und Vertragssicht in RefinemySite einfließen kann. Aus diesen Informationen können unter Umständen ebenfalls Erkenntnisse für Projekt-KPIs oder ähnlichem gewonnen werden.

Literaturverzeichnis

Erstellt mit Bib \LaTeX (v3.16) im german APA (v9.14) Stil.

- acatech (Hrsg.). (2018). *Blockchain (acatech HORIZONTE)*. Zugriff 21. März 2022 unter https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/10/acatech-HORIZONTE_Blockchain.pdf. (Siehe Seiten 2, 11, 12)
- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (2016). Imagining construction's digital future. *McKinsey & Company, 2016*. Zugriff 22. Mai 2022 unter <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future#> (Siehe Seiten 3, 4)
- Altun, A., & Ley, M. (Hrsg.). (2015). *Arbeitsproduktivität in der Schweiz: Analyse der Entwicklung von 1995 bis 2013*. Bundesamt für Statistik (BFS). (Siehe S. 1)
- Angelis, J., & Da Ribeiro Silva, E. (2019). Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons, 62*(3), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.12.001> (Siehe S. 13)
- Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2019). *Mastering Ethereum : Building Smart Contracts and DApps*. O'Reilly Media, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/zhaw/detail.action?docID=5594049>. (Siehe Seiten 13–15)
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. (Doctor of philosophy). The University of Birmingham. Birmingham, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. https://www.researchgate.net/publication/239062242_The_Last_Planner_System_of_Production_Control. (Siehe S. 5)
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J., Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N., & Brown, S. (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*. Zugriff 26. März 2022 unter https://www.mckinsey.com/de/~ /media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Deutschland/News/Presse/2017/2017-02-28/170228_mgi_construction.ashx. (Siehe Seiten 1, 3, 5)
- Berglund, T. (2019). What is Apache Kafka®? (A Confluent Lightboard by Tim Berglund) + ksqlDB. Zugriff 20. Mai 2022 unter <https://www.youtube.com/watch?v=06iRM1Ghr1k>. (Siehe S. 6)
- BigRentz. (2022). Construction Technology to Watch in 2022. Zugriff 17. März 2022 unter <https://www.bigrentz.com/blog/construction-technology>. (Siehe S. 18)

- Bundesamt für Statistik. (2021). *Buchhaltungsergebnisse schweizerischer Unternehmen: Geschäftsjahre 2018-2019*. Zugriff 26. März 2022 unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/industrie-dienstleistungen/wertschoepfungsstatistik.assetdetail.18505712.html>. (Siehe Seiten 1, 40)
- Chatt, A. (2019). What is event streaming? The next step for business. Zugriff 19. Mai 2022 unter <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2019/03/20/what-is-event-streaming-the-next-step-for-business/>. (Siehe S. 6)
- Colomo-Palacios, R., Sánchez-Gordón, M., & Arias-Aranda, D. (2020). A critical review on blockchain assessment initiatives: A technology evolution viewpoint. *Journal of Software: Evolution and Process*, 32(11), e2272. <https://doi.org/10.1002/smr.2272> (Siehe S. 13)
- Dakhli, Z., Lafhaj, Z., & Mossman, A. (2019). The Potential of Blockchain in Building Construction. *Buildings*, 9(4), 77. <https://doi.org/10.3390/buildings9040077> (Siehe S. 18)
- Eastman, C. M., Teicholz, P. M., Sacks, R., & Lee, G. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (3. Auflage). Wiley. (Siehe S. 4)
- Elghaish, F., Abrishami, S., & Hosseini, M. R. (2020). Integrated project delivery with blockchain: An automated financial system. *Automation in Construction*, 114, 103182. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103182> (Siehe S. 19)
- Ethereum. (2022). Introduction to dApps. Zugriff 21. Mai 2022 unter <https://ethereum.org/de/developers/docs/dapps/#benefits-of-dapp-development>. (Siehe Seiten 14, 15)
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Sudha, R. (2004). Design Science in Information Systems Research. *Management Information Systems Quarterly*, 28, 75–105 (Siehe S. 21)
- Introduction: Everything you need to know about Kafka in 10 minutes. (2022). Zugriff 19. Mai 2022 unter <https://kafka.apache.org/intro>. (Siehe Seiten 6, 7)
- Kai Waehner. (2020). Use Cases and Architectures for Apache Kafka across Industries - Kai Waehner. Zugriff 17. März 2022 unter <https://www.kai-waehner.de/blog/2020/10/20/apache-kafka-event-streaming-use-cases-architectures-examples-real-world-across-industries/>. (Siehe S. 6)
- Li, W., Andreina, S., Bohli, J.-M., & Karame, G. (2017). *Securing Proof-of-Stake Blockchain Protocols*. In J. Garcia-Alfaro, G. Navarro-Arribas, H. Hartenstein & J. Herrera-Joancomartí (Hrsg.), *Data Privacy Management, Cryptocurrencies and Blockchain Technology* (S. 297–315). Springer International Publishing. (Siehe S. 12)
- Lopes, L. (2019). Construction: a Blockchain Use Case. Zugriff 17. März 2022 unter <https://theblockchainland.com/2019/08/14/construction-blockchain-use-case/>. (Siehe S. 18)

- Luber, S., & Schmitz, P. (2019). Was ist SHA (Secure Hash Algorithm)? Definition SHA (Secure Hash Algorithm). Zugriff 20. Mai 2022 unter <https://www.security-insider.de/was-ist-sha-secure-hash-algorithm-a-851098/>. (Siehe S. 11)
- Müller, A. (2019). Zahlungsmanagement: Wie Blockchain und BIM schneller zum Geld verhelfen. Zugriff 6. März 2022 unter <https://www.bauen-aktuell.eu/zahlungsmanagement-wie-blockchain-und-bim-schneller-zum-geld-verhelfen/>. (Siehe S. 1)
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Zugriff 21. März 2022 unter <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (Siehe Seiten 2, 11, 12)
- NEAR Protocol. (2021). Decentralized Autonomous Orgs (DAOs). Zugriff 21. Mai 2022 unter <https://near.org/use-cases/dao/>. (Siehe Seiten 15, 16)
- NEAR Protocol. (2022a). The NEAR White Paper. Zugriff 17. März 2022 unter <https://near.org/papers/the-official-near-white-paper/>. (Siehe Seiten 11, 16)
- NEAR Protocol. (2022b). Non-Fungible Tokens (NFTs). Zugriff 21. Mai 2022 unter <https://near.org/use-cases/nft/>. (Siehe S. 14)
- NEAR Team. (2021). NEAR Launches Nightshade Sharding, Paving the Way for Mass Adoption. *NEAR Protocol*, Zugriff 17. März 2022 unter <https://near.org/blog/near-launches-nightshade-sharding-paving-the-way-for-mass-adoption/> (Siehe S. 16)
- Pease, J., Cheng, R., Allison, M., Ashcraft, H., & Klawans, S. (2019). Integrated Project Delivery: An Action Guide for Leaders. Zugriff 25. März 2022 unter https://www.ipda.ca/site/assets/files/2154/ipd_guide_pankow_ipda_cidci_v2_single_page.pdf. (Siehe S. 19)
- Pienkowski, M. (2014). *Waste Measurement Techniques For Lean Companies*. https://www.researchgate.net/publication/343083406_Waste_Measurement_Techniques_For_Lean_Companies. (Siehe S. 4)
- RefinemySite. (2021). Alles für Ihr Team. Zugriff 17. März 2022 unter <https://www.bosch-refinemysite.de/solution/>. (Siehe S. 8)
- RefinemySite. (2022). Solution – RefinemySite. Zugriff 25. Mai 2022 unter <https://www.bosch-refinemysite.us/solutions>. (Siehe Seiten 9, 10)
- Roy, D., Malsane, S., & Samanta, P. K. (2018). *Identification of Critical Challenges for Adoption of Integrated Project Delivery (IPD)* (Bd. 2018). https://www.researchgate.net/publication/325144825_Identification_of_Critical_Challenges_for_Adoption_of_Integrated_Project_DeliveryIPD. (Siehe S. 19)
- Schenkelmann, D. (2021). What is Event Streaming? A Deep Dive. Zugriff 19. Mai 2022 unter <https://ably.com/topic/event-streaming>. (Siehe S. 7)
- Schiegg, Y. (2021). NEAR Protocol Awarded the Climate Neutral Product Label. *NEAR Protocol*, Zugriff 24. März 2022 unter <https://near.org/blog/near-climate-neutral-product/> (Siehe S. 16)
- Schweizerischer Baumeisterverband. (2020a). *BIM im Bauunternehmen: Ein Anwenderhandbuch für die strategische BIM-Einführung im Bauunternehmen*. (Siehe S. 3)

- Schweizerischer Baumeisterverband. (2020b). *Zahlen und Fakten 2020: Wir gestalten die Zukunft*. Zugriff 6. März 2022 unter https://shop.baumeister.ch/shop/resources/downloads/19-12-31_Zahlen-und-Fakten-2020_de.pdf. (Siehe S. 1)
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2016). *Operations Management* (8. Aufl.). Pearson Education, Limited. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/zhaw/detail.action?docID=5186458>. (Siehe S. 5)
- Steimming, N. (2022). RefinemySite: Lean Collaboration Platform. (Siehe S. 8)
- Swiss Lean Construction Institute. (2022). Wieso Lean Construction? Zugriff 26. März 2022 unter <https://www.slci.ch/>. (Siehe S. 2)
- Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, 2(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548> (Siehe S. 13)
- Vinka, E., & Johansson, L. (2019). *Apache Kafka Beginners Guide: Things we wish we knew before we started learning Apache Kafka*. Zugriff 20. Mai 2022 unter <https://www.cloudkarafka.com/blog/part1-kafka-for-beginners-what-is-apache-kafka.html>. (Siehe S. 7)
- Voshmgir, S. (2020). *sherminvo/TokenEconomyBook*. Zugriff 21. Mai 2022 unter <https://github.com/sherminvo/TokenEconomyBook/wiki/Smart-Contracts>. (Siehe Seiten 13–15)
- Wolff, E. (2018). *Das Microservices-Praxisbuch : Grundlagen, Konzepte und Rezepte*. dpunkt.verlag. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/zhaw/detail.action?docID=5316351>. (Siehe S. 7)
- Xue, F., & Lu, W. (2020). A semantic differential transaction approach to minimizing information redundancy for BIM and blockchain integration. *Automation in Construction*, 118, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103270> (Siehe S. 1)
- Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., Yang, X., Amarasinghe, G., & Chen, S. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction*, 118, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103276> (Siehe S. 18)
- Zacharias, J. (2019). Auftragslage ist optimal, aber Zahlungsmoral sinkt. Zugriff 6. März 2022 unter <https://www.der-bau-unternehmer.de/nachrichten/auftragslage-ist-optimal-aber-zahlungsmoral-sinkt.html>. (Siehe Seiten 1, 25)

A | Sourcecode

Der detaillierte Sourcecode sowie dessen Dokumentation sind auf Github verfügbar:

<https://github.com/hofmach5/bsc-near-rms-connection>

Folgend werden die wichtigsten Elemente und deren Zweck vorgestellt.

dApp - RefinemySite-NEAR-Connection NFT

Die dApp besteht aus zwei Teilen:

1. Dem Smart Contract, der unter anderem das Minten der NFTs regelt.
2. Der Web-App, welche für die Benutzeroberfläche sowie die dahinterstehende Logik verantwortlich ist.

Die dApp abonniert das Topic *topic/group* vom Kafka-Eventstream und empfängt somit einen Event, wenn eine Aufgabe in RefinemySite abgeschlossen ist. Bei Erhalt eines solchen Events wird in RefinemySite die zugehörige Aufgaben-Ressource über die API geholt. Aufgrund der Aufgabe bzw. deren Angaben wird ein NFT über den Smart Contract gemintet und dem Bearbeiter der Aufgabe übergeben. Der NFT wird auf dem NEAR Protocol gespeichert und ist somit transparent für jeden einsehbar.

dApp - RefinemySite-NEAR-Connection FT

Die dApp besteht aus zwei Teilen:

1. Dem Smart Contract, der unter anderem das Minten von Fungible Token regelt sowie die Transaktionen der Token von einem zum anderen Account.
2. Der Web-App, welche für die Benutzeroberfläche sowie die dahinterstehende Logik verantwortlich ist.

Die dApp abonniert das Topic *topic/group* vom Kafka-Eventstream und empfängt somit einen Event, wenn eine Aufgabe in RefinemySite abgeschlossen ist. Bei Erhalt eines solchen Events wird in RefinemySite die zugehörige Thema-Ressource über die API geholt. Die Themen einer Aufgabe werden nach einem Kommentar durchsucht, welcher die Angabe der zu überweisenden Token beinhaltet. Aufgrund dieser Angabe wird letztlich eine Transaktion der Token an den Bearbeitenden der Aufgabe ausgelöst. Diese Transaktion wird auf dem NEAR Protocol gespeichert und ist somit transparent für jeden einsehbar.

Chromium Browser-Erweiterung

Die Browser-Erweiterung kann den Netzwerkverkehr abhören, der über die RefinemySite-App läuft. Dadurch kann erkannt werden, wenn der Benutzer eine Aufgabe in RefinemySite als *abgeschlossen* markiert. Ist dies der Fall, wird eine Nachricht an den Kafka-Eventstream geschickt, welche die URL der abgeschlossenen Aufgabe (mit der Task-Id) sowie dem Authentifizierungstoken beinhaltet.

Kafka Eventstream Konfiguration

Die Konfiguration des Kafka-Eventstreams sorgt dafür, dass Events von der Browser-Erweiterung empfangen und von den dApps konsumiert werden können. Dazu verarbeitet der Eventstream Events, welche er über die Adresse *http://localhost:8080/api/closetask* erhält. In diesem Projekt sind dies die Events, welche die Browser-Erweiterung sendet. Diese Events werden anschliessend von allen Consumern verarbeitet, welche das Topic *topic/group* abonniert haben.