

UNTERSUCHUNG DER EINSATZFÄHIGKEIT VON BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE FÜR DIE BAUPRÜFUNG

Jana Purgander
Johannes Hinckeldeyn

Für einen modernen Staat

Das Nationale E-Government Kompetenzzentrum vernetzt Experten aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft und ist die zentrale, unabhängige Plattform für Staatsmodernisierung und Verwaltungstransformation in Deutschland.

Herausgegeben und gefördert vom
Nationalen E-Government Kompetenzzentrum e. V.
Berlin 2021

INHALT

Zusammenfassende Empfehlungen	4
1. Einleitung	5
2. Wissenschaftlicher und praktischer Hintergrund	6
2.1 Blockchain im öffentlichen Dienst in Deutschland	6
2.2 Blockchain in der internationalen Baubranche	6
3. Ergebnisse	8
3.1 Methodik	8
3.2 Anwendungsfälle	9
3.2.1 Digitale Bauakte	10
3.2.2 Zustimmung im Einzelfall	10
3.2.3 Digitale Grundstücksakte	11
3.2.4 Bautechnische Prüfung	11
3.2.5 Dokumentation von Gebäudesicherheit und -betrieb	12
3.3 Fallbeispiele	12
3.3.1 Feinkonzept	12
3.3.2 Darstellung der Ergebnisse	13
3.4 Beschreibung der Implementierung	14
4. Handlungsempfehlungen	17
5. Zusammenfassung	18
Literatur	20
Über die Autor*innen	23
Impressum	24

ZUSAMMENFASSENDE EMPFEHLUNGEN

1. In deutschen Behörden und Ämtern sind die Verwaltungsprozesse noch nicht vollständig digitalisiert. Es gilt dafür eine Grundlage zu schaffen, indem die Digitalisierung von Informationen und Datensätzen, wie beispielsweise das Grundbuch oder Bauakten, weiter ausgebaut wird. Nur so können neue Technologien wie unter anderem die Blockchain-Technologie verwendet und ihre Erfolgspotentiale vollständig genutzt werden. Für den breiteren Einsatz digitaler Technologien in Ämtern und Behörden wird empfohlen, bestehende Informationen in adäquate Datenformate und -strukturen zu überführen.
2. Verwaltungsprozesse und die entstehenden Informationen sollten Bürgern auch auf digitalem Wege zugänglich gemacht werden. Dies würde die Nutzererfahrung verbessern und die Einsichtnahme in öffentliche Dokumente ermöglichen. Dementgegen stehen die föderalen Strukturen der deutschen Verwaltung, die Datenhaltung oftmals auf Ebene der Kommune oder Länder vorsieht. Um dennoch einen zentralen Service zur Einsichtnahme zu ermöglichen, bei gleichzeitiger Beibehaltung der Datensouveränität der staatlichen Akteure, bietet sich langfristig die Nutzung von Blockchain-Technologie für die Verwendung als Zugriffsschicht für dezentrale Datenbanken an. Die vorliegende Kurzstudie demonstriert diese Einsatzfähigkeit
- am Beispiel von Bauprüfungsunterlagen. Die Autor*innen empfehlen die Entwicklung der Blockchain-Technologie durch Unternehmen und Wissenschaft weiter zu beobachten und insbesondere auch die Übertragbarkeit von prototypischen Lösungen weiter kritisch zu evaluieren.
3. Die Übertragung von Daten in die digitale Welt benötigt die Beachtung von Sicherheitskonzepten. Wenn diese Daten des Weiteren über die Grenzen der Behörden hinaus an Privatpersonen übermittelt werden sollen, gewinnen Sicherheitsaspekte weiter an Bedeutung. Die Nutzung geeigneter Designs ist dabei unumgänglich. Durch eine Sicherheitsschicht zwischen internen Datenbanken der Bauämter und Datensätzen, die nach außen an Eigentümer und externe Dritte übertragen werden dürfen, kann der Zugriff auf die Daten der Bauämter verhindert werden. Die digitale Einsichtnahme von Informationen bei Behörden bietet einen Mehrwert für den Bürger. Um dies auf sicherem Wege zu ermöglichen, wird empfohlen Architekturen und Sicherheitskonzepte zu entwickeln, die Bürgern einen niedrighwelligen Zugang zu behördlichen Informationen schaffen.

Schlagworte: Blockchain, Baugenehmigung, öffentliche Verwaltung, Zugriffsmanagement

1. EINLEITUNG

Durch die Kryptowährung Bitcoin hat die Blockchain-Technologie in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit erfahren. Es gibt zusätzlich bereits eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten im Unternehmensbereich und in der öffentlichen Verwaltung, etwa bei der Weitergabe von Transportdokumenten in Lieferketten (Thi Do et al. 2019) oder bei Prozessen in der Finanzverwaltung (Wang et al. 2020). Die Blockchain ist eine dezentrale Datenstruktur zur manipulationssicheren Speicherung von Transaktionen durch kryptographische Sicherheitsverfahren. Somit besteht die Möglichkeit zur Schaffung einer Vertrauensstruktur zwischen verschiedenen Beteiligten ohne einen zentralen Administrator. Die Beteiligten können sicher Werte und Informationen austauschen, ohne dass das Vertrauen durch einen zusätzlichen Mittelsmann generiert werden muss. Gleichzeitig wird stets die Datensouveränität der Beteiligten gewahrt und sie behalten ihre Selbstständigkeit.

Heute existieren bereits in vielen Bereichen und Branchen Anwendungsfälle und Prototypen zum Einsatz einer Blockchain. Beispielhaft können dafür die Weitergabe von Exportdokumenten in Lieferketten, der Austausch von Wertpapieren und Lizenzen oder die Ablage von

Herkunftsinformationen für den Nachweis der Echtheit von Produkten und Rohstoffen genannt werden. Darüber hinaus wird der Blockchain-Technologie Anwendungspotential im Bereich des Bauwesens und in der öffentlichen Verwaltung zugeschrieben (Guggenmos et al. 2019; Shi et al. 2021). So bietet das Baugewerbe mit einer Vielzahl an beteiligten Akteuren eine gute Ausgangsposition für die Bildung eines dezentralen Blockchain-Netzwerkes. Baugenehmigungen sind dabei Dokumente, die sich aus unterschiedlichen Informationsquellen speisen und für den Bauherren einen entsprechenden Wert darstellen. Auch wenn Studien für das Baugewerbe und für den öffentlichen Dienst separat existieren, sind tiefergehende Studien für die Unterstützung der Bauprüfung deutscher Behörden durch Blockchain-Technologie bisher nicht bekannt.

Aufgrund dieser Umstände ist es das Ziel dieser Kurzstudie, die Potentiale und Anwendungsfälle von Blockchain-Technologie bezogen auf die Prozesse der Bauprüfung zu untersuchen, prototypenhaft zu implementieren und zu bewerten. Dabei ist stets auf die Einbindung der an dem Baugenehmigungsprozess beteiligten Nutzer und Behörden zu achten.

2. WISSENSCHAFTLICHER UND PRAKTISCHER HINTERGRUND

Studien, welche die Nutzung von Blockchain-Technologie in der Bauprüfung in Deutschland untersuchen, existieren bisher nicht. Daher werden im Folgenden die aktuellen Forschungsstände bezüglich Blockchain-Technologie in deutschen Behörden und in der Baubranche separat erläutert.

2.1 Blockchain im öffentlichen Dienst in Deutschland

Die Forschungsarbeiten zu Blockchain im öffentlichen Dienst befinden sich in Deutschland noch in einem frühen Stadium. Es handelt sich meist um die Erarbeitung von Konzepten und vereinzelt Prototypen (Fraunhofer 2017). Ein Anwendungsbereich von Blockchain-Technologie in der öffentlichen Verwaltung betrifft den allgemeinen Asylprozess in Deutschland. Hier wurde in einem Proof-of-Concept Blockchain als Struktur zur behördeninternen Kommunikation bei Asylverfahren verwendet. Es wurde festgestellt, dass Blockchain die dezentrale Datenhaltung unterstützen kann, indem verfahrensrelevante Daten auf der Blockchain für alle Behörden geteilt werden. Dies schließt unter anderem den Asylantrag, eine Personen-ID, einen Zeitstempel, die zuständige Behörde und den Prozessstatus des Antrags mit ein. Die Behörden behalten die volle Datensouveränität und können die Transparenz in der behördenübergreifenden Zusammenarbeit steigern. Der Aspekt des Vertrauens, welcher in anderen Zusammenhängen eines der Hauptargumente für die Verwendung von Blockchain-Technologie darstellt, fällt bei dieser Anwendung nicht ins Gewicht (Guggenmos et al. 2019).

Ein weiterer Anwendungsfall von Blockchain-Technologie stellt die Justiz dar. Ebenfalls in einer Proof-of-Concept-Studie wurde ein prototypenhaftes Gültigkeitsregister für notarielle Vollmachten und Erbscheine geschaffen (Danninger et al. 2020). Die Transparenz, Rechtssicherheit und Geschwindigkeit von Abläufen waren unter Verwendung der Blockchain-Technologie vor allem im Falle der Ungültigkeit

von Dokumenten den aktuellen Verfahren deutlich überlegen. In Zukunft ist eine Ausweitung auf ein generelles Gültigkeitsregister für amtliche Legitimationsurkunden wie Erbscheine, Vollmachten oder Bestallungsurkunden für Vormund denkbar.

2.2 Blockchain in der internationalen Baubranche

Es gibt aktuell noch keine einsatzbereiten Lösungen für Blockchain in der Bauindustrie, sondern lediglich Vorschläge für Einsatzgebiete und technische Möglichkeiten (Darabseh und Martins 2020). Bisher werden baubezogene Dokumente auf einem cloudbasierten zentralen Speicherort abgelegt und von einem Projektteilnehmer oder einer dritten Partei verwaltet. Dies birgt die Gefahr, dass Daten verloren gehen oder manipuliert werden. Auch ein Verlust der Zugriffsrechte ist möglich, solange nur eine Partei diese Rechte verwaltet (Das et al. 2021). Um die Verwaltungsmacht zu dezentralisieren, sind Peer-to-Peer-Netzwerke ein gut erforschtes Mittel. Blockchain kann die Schwächen von Peer-to-Peer-Netzwerken hinsichtlich der Aspekte Vertrauen und Sicherheit lösen und die Effektivität, Produktivität, Transparenz und Cybersicherheit in kollaborativen Projekten erhöhen. Kollaboration ist im Bauwesen mit seinen unterschiedlichen Akteur*innen besonders relevant, birgt aber auch Gefahren, da diese für eine reibungslose Kommunikation zum Teil sensible Geschäftsdaten austauschen müssen. Blockchain ist dabei potentiell geeignete Technologie zur Implementierung eines Peer-to-Peer-Netzwerkes, da die Probleme der Abwesenheit eines zentralen Administrators gelöst werden (Shi et al. 2021).

Auch im Zusammenhang mit BIM-Technologie bietet Blockchain eine Vielzahl an Vorteilen. Mithilfe des Building Information Modelling (BIM) wird ein virtuelles Modell eines Gebäudes digital erstellt. Dieses Modell, das so genannte Building Information Model, kann für die Planung, den Entwurf, den Bau und den Betrieb des

Gebäudes verwendet werden (Liu et al. 2019). BIM zeigt jedoch noch Schwächen in den Bereichen der Cyber-Sicherheit, der Datenintegrität sowie bei der Dokumentation und Durchsetzung einer Rechenschaftspflicht aller Teilnehmer, die im Projektverlauf Änderungen am Modell durchführen. Die Zuweisung von Zuständigkeiten und Verantwortung sind aktuell ein großes Problem. Es ist oft unklar, welcher Teilnehmer welche Aspekte im Modell bearbeiten darf und welche Veränderungen letztlich akzeptiert werden (Nawari 2021). Aus diesem Grund wird das BIM-Modell oft von vielen Seiten bearbeitet und unterschiedliche Versionen entstehen. Durch die Integration von BIM und Blockchain können die beschriebenen

Anwendungsprobleme von BIM gelöst werden. Smart Contracts sind Computerprotokolle, welche die vertragsgerechte Abwicklung von Abläufen unterstützen (Wilkins und Falk 2019). Durch diese können nur die zuständigen Parteien jeweilige Änderungen vornehmen, die in der Blockchain gespeichert werden. Geistiges Eigentum wird dadurch geschützt und allgemein Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Änderungen gewährleistet (Yang et al. 2020). Auch kann das Potential von Smart Contracts zur Automatisierung von Zahlungsabläufen bei Bauvorhaben genutzt werden, wenn man sie mit BIM koppelt. Entsprechende Arbeiten befinden sich jedoch noch in einem frühen Stadium (Ye und König 2021).

3. ERGEBNISSE

3.1 Methodik

Als ausgewähltes Szenario dieser Kurzstudie wurde die Bauprüfung der Freien und Hansestadt Hamburg betrachtet und die verschiedenen Beteiligten der zuständigen Behörden integriert, wie etwa der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen und des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt). Anhand von Workshops und Gesprächen wirkten die Praxispartner partizipativ am Projektlauf mit. Der Schwerpunkt lag im ersten Schritt auf der Aufnahme der Prozessschritte und Dokumente des Baugenehmigungsverfahrens (siehe Abbildung 1). Dafür wurden seitens der zuständigen Behörden nach dem Workshop zum Projekt-Kickoff die notwendigen Unterlagen zur Prozessübersicht zur Verfügung gestellt und in Expert*inneninterviews besprochen. Nach der Sichtung der Prozessunterlagen wurden in einem zweiten

Workshop gemeinsam Anwendungsfälle identifiziert, bei welchen die Nutzung von Blockchain-Technologie zu einem verbesserten Ablauf der Bauprüfung führen könnte. Für diese Anwendungsfälle wurden Grobkonzepte erarbeitet und in weiteren Expert*inneninterviews durch die unterschiedlichen Blickwinkel der beteiligten Akteur*in weiterentwickelt und konkretisiert. Bei einem erneuten Zusammentreffen der Projektbeteiligt*innen fand eine Evaluierung der gefundenen und konzeptionierten Anwendungsfälle statt. Die Einsatzmöglichkeiten mit Potential wurden für Feinkonzeptionierung und Implementierung als Prototyp ausgewählt. Insgesamt wurden drei Workshops und fünf Experteninterviews durchgeführt. Im vierten Schritt wurde eine digitale Infrastruktur geschaffen, in welcher ein ausgewählter Anwendungsfall prototypenhaft implementiert und anschließend bewertet wurde.

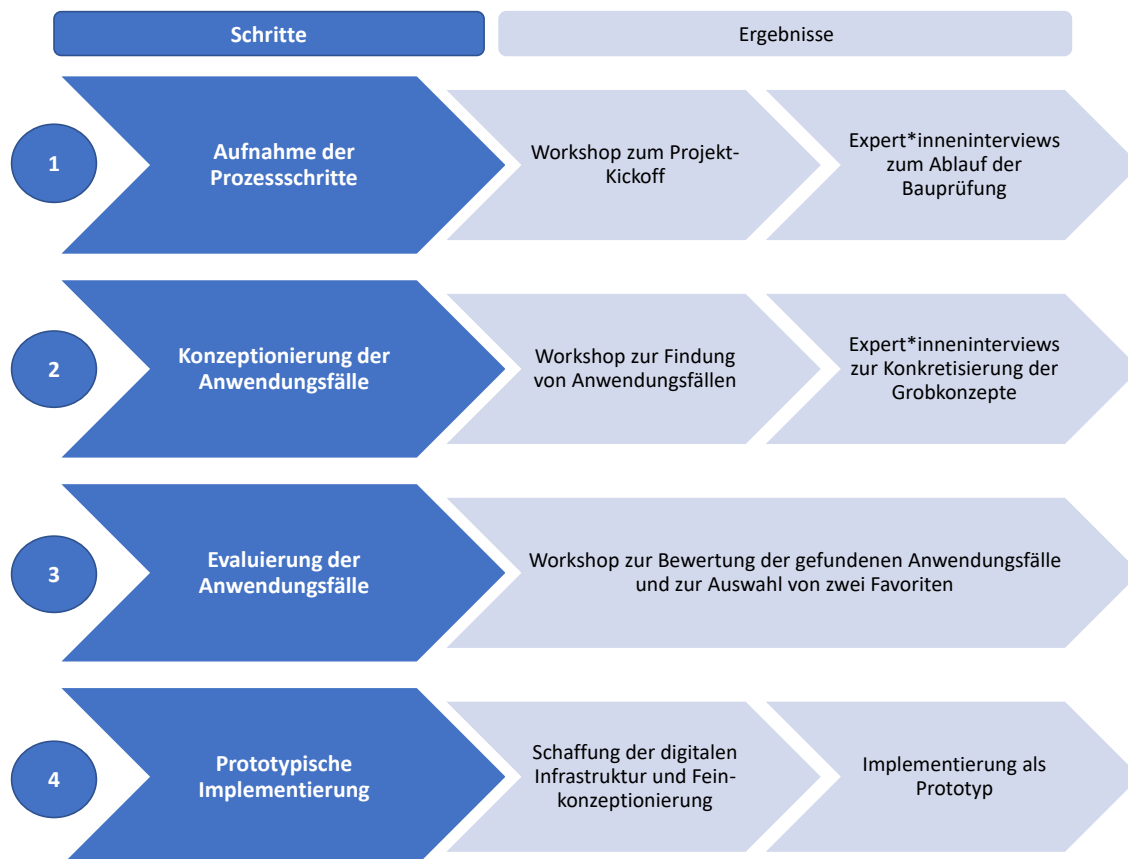


Abbildung 1: methodischer Projektlauf

3.2 Anwendungsfälle

Bei den Anwendungsfällen, welche in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden der Stadt Hamburg für die Einbindung von Blockchain-Technologie gefunden wurden, handelt es sich stets um eine vereinfachte Vergabe von Zugriffs- und Leserechten an externe Dritte (siehe Abbildung 2). Die Einsicht in immobilienbezogene Unterlagen, welche während des Baugenehmigungsprozesses oder der Bearbeitung anderer Anträge durch die Behörde entstehen, wird dabei über eine Blockchain und eine Datenbank abgewickelt. Die Behörde erstellt im ersten Schritt während der ablaufenden Bauprüfungsprozesse eine Menge an Unterlagen, legt diese passwortgeschützt in der Datenbank ab. Die Zugangsdaten für die Datenbank werden mithilfe eines kryptografischen Schlüssels verschlüsselt und auf der Blockchain veröffentlicht. Nun reicht die Behörde den öffentlichen Schlüssel an die Immobilieneigentümer*in weiter. Dieser kann mithilfe des Schlüssels Einsicht in die

Unterlagen zu seiner Immobilie nehmen und gleichzeitig durch gezielte Weitergabe des öffentlichen Schlüssels die Leserechte an externe Dritte weitergeben. Im zweiten Schritt entschlüsselt der/die externe Dritte die Zugangsdaten aus der Blockchain mit dem erhaltenen öffentlichen Schlüssel und kann sich nun im dritten Schritt mit den entschlüsselten Zugangsdaten bei der Datenbank der Behörde anmelden. Hier erhält der/die externe Dritte die Möglichkeit, die immobilienbezogenen Unterlagen herunterzuladen. Da es zu jedem Satz von Unterlagen einen separaten öffentlichen Schlüssel gibt, kann die Vergabe der Leserechte sehr granular erfolgen. Die Blockchain dient insgesamt als Zugriffs-Layer auf ein dezentrales Datenbanksystem. Die Anwendungsfälle selbst unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich der beteiligten Akteur*innen sowie der auszutauschenden Informationen, welche während der Bearbeitung der verschiedenen Anträge erstellt werden (siehe Tabelle 1).

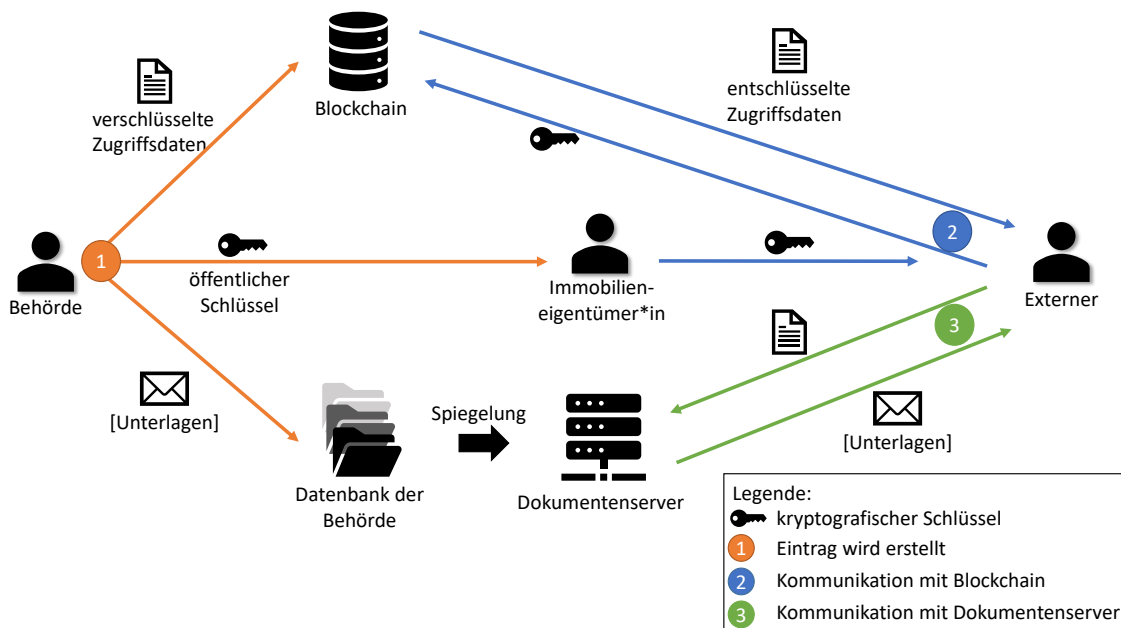


Abbildung 2:
übergeordnetes
Grobkonzept

Anwendungsfall	Informationen für den Datenaustausch
Digitale Bauakte	Identifizierungsinformationen für Zugriff auf die digitalisierten Bauakten
Zustimmung im Einzelfall	Antragsunterlagen der Zustimmung im Einzelfall (Erläuterung, Pläne, Berechnungen, Gutachten, Prüfungen u.Ä.) + Bescheid über die Zustimmung im Einzelfall
Bautechnische Prüfung	Ergebnis der Bautechnischen Prüfung + Kennnummern der genehmigten Pläne
Dokumentation von Gebäudesicherheit und Betrieb	Ergebnis der Prüfung von Gebäudesicherheit und Betrieb (+ ggf. Erläuterungen)
Digitale Grundstücksakte	Baulasten und Grunddienstbarkeiten, welche das Grundstück betreffen

3.2.1 Digitale Bauakte

Neubauten, Umbauten und Abrisse sind oftmals baugenehmigungspflichtig. Diese Maßnahmen müssen vom Bauamt genehmigt und in der Bauakte eingetragen werden. Eine lückenlose Dokumentation stellt einen Wert für Eigentümer*in und potentielle Käufer*in dar. Kaufinteressent*innen benötigen zur Einsicht eine Berechtigung durch den Eigentümer*in. Die Einsicht kann beim Bauamt vor Ort unter Vorlage der Berechtigung durch die Eigentümer*in und nach Zahlung der entsprechenden Gebühren durchgeführt werden.

Um für Kaufinteressent*innen eine Zeit- und gegebenenfalls Kostenreduktion zu realisieren, eignet sich eine Kombination aus digitaler Datenbank und Blockchain-Technologie (analog zu Abbildung 2). Dabei werden Informationen zu baugenehmigungspflichtigen Maßnahmen in der digitalen Bauakte in der Datenbank zugriffsgeschützt abgelegt. Die Zugriffsdaten liegen verschlüsselt auf einer Blockchain und können mithilfe des passenden öffentlichen Schlüssels gelesen werden. Die Eigentümer*in besitzt den Zugang und kann diesen durch den öffentlichen Schlüssel an Kaufinteressent*innen weitergeben.

Alle beteiligten Akteur*innen können bei diesem Konzept von jeweiligen Mehrwerten profitieren. Das Bauamt kann durch die digitale Akteneinsicht Zeit und Kosten einsparen, welche als Ressourcen für die analoge Einsicht vor Ort eingeplant waren. Die Immobilieneigentümer*in

genießt weiter seine gewohnte Datensouveränität, da noch immer keine Einsicht ohne ihre Zustimmung geschehen kann. Gleichzeitig ist eine Wertsteigerung ihrer Immobilie denkbar, da er unkompliziert eine einwandfreie Bauakte vorweisen kann. Die Kaufinteressent*in hat mehrere Vorteile durch die Blockchain-Technologie. Zum einen wird die Einsicht vereinfacht und gleichzeitig entfallen Zeiten für die Fahrt zum Bauamt und gegebenenfalls werden die Gebühren zur Einsicht durch das Bauamt reduziert.

3.2.2 Zustimmung im Einzelfall

Gibt es für ein Bauprodukt, welches für ein genehmigungspflichtiges Bauprojekt verwendet werden soll, keinen Verwendungsnachweis, keine Norm und keine Baubestimmung, ist ein Nachweis im Einzelfall erforderlich. Für einen solchen Nachweis muss ein Antrag erfolgen, welcher formlos auf dem Postweg oder elektronisch an die Oberste Bauaufsichtsbehörde übermittelt wird. Zur Beurteilung des Antrags sind Unterlagen in einfacher Ausfertigung einzureichen z.B. Material- und Konstruktionsangaben. Nach Bearbeitung des Antrags geht der Bescheid über die Zustimmung im Einzelfall im originalen an die Antragsteller*in und als Kopie an weitere Beteiligte. Bei großen Bauvorhaben sind diese weiteren Beteiligten unter anderem Dienstleister*innen der Bank, sogenannte Chartered Surveyors, welche die Zustimmung im Einzelfall sichten und anschließend den Geldfluss für den nächsten Bauabschnitt genehmigen. Der Bauprozess kann folglich gestoppt oder

verzögert werden, wenn der Chartered Surveyor die Unterlagen durch eine Zustellung per Post erst einige Tage nach Erteilung der Zustimmung im Einzelfall erhält und aus diesem Grund das Geld für den nächsten Bauabschnitt des großen Bauvorhabens erst verspätet eintrifft. In diesem Fall kommt es zu einer Verlängerung des Bauprozesses und zusätzlichen Kosten für die Bauherr*in.

Bei Verwendung von Blockchain-Technologie könnte die Ablage der Antragsunterlagen inklusive der durch die Oberste Bauaufsicht erstellten Prüfzeugnissen, Stellungnahmen und dem Bescheid über die Zustimmung im Einzelfall in einer zugriffsgeschützten Datenbank realisiert werden (analog zu Abbildung 2). Die Erlangung des Zugriffs würde über eine Blockchain abgewickelt werden, in welcher der Chartered Surveyor nach Erhalt des öffentlichen Schlüssels durch die Immobilieneigentümer*in die Zugriffsdaten für die Datenbank auslesen kann. Dies ermöglicht einen schnellen Zugang für alle Berechtigten zur Überprüfung des Antrags sowie auf den erteilten Bescheid und somit eine Zeitersparnis durch schnellere Kommunikation.

Allgemein ist die Einbettung der Unterlagen der Zustimmung im Einzelfall in eine Kombination aus Blockchain und Datenbank vor allem für größere Bauvorhaben interessant, da hier der Geldfluss für den nächsten Bauabschnitt erst dann durch die Bank genehmigt wird, wenn die Zustimmung im Einzelfall für die verwendeten Bauprodukte in eben diesem Bauabschnitt durch die Oberste Bauaufsichtsbehörde erteilt wurde. Durch Verwendung von Blockchain-Technologie kann so die Eigentümerseite von Zeit- und Kosteneinsparungen durch schnellere Prozessabwicklung profitieren und gleichzeitig durch die Fähigkeit zur Schlüsselvergabe weiterhin über die gewohnte Datensouveränität verfügen. Die Bankdienstleister*in kann von einer schnelleren und vereinfachten Einsicht Gebrauch machen.

3.2.3 Digitale Grundstücksakte

Baulasten werden als öffentlich-rechtliche Verpflichtungen im Baulastenverzeichnis bei der Bauaufsichtsbehörde geführt. Zu ihnen gehören etwa die Einhaltung von Abstandsflächen zu Nachbarhäusern. Das Baulastenverzeichnis kann in Hamburg über einen Online-Dienst abgerufen werden. Grunddienstbarkeiten

hingegen beinhalten Belastungen zugunsten der Eigentümer*in eines anderen Grundstücks (§1018 BGB) und beinhalten etwa Wege- und Zufahrtsrechte. Grunddienstbarkeiten werden im Grundbuch geführt. Diese können von Unternehmen und Behörden auch online über das Grundbuchabrufverfahren eingesehen werden. Alle anderen müssen beim zuständigen Grundbuchamt vor Ort Einsicht nehmen. Als Kaufinteressent*in für ein Grundstück ist es von hoher Relevanz, die zu diesem Grundstück gehörigen Baulasten und Grunddienstbarkeiten zu kennen. Die Kaufinteressent*in muss folglich sowohl bei der Bauaufsichtsbehörde als auch beim Grundbuchamt die Informationen anfordern und entsprechende Kosten für die Gebühren zur Einsicht und die Fahrt zum Grundbuchamt auf sich nehmen. Würden die Baulasten und Grunddienstbarkeiten eines Grundstücks in Form einer Grundstücksakte gesammelt und digital in einer Datenbank abgelegt werden, könnte die Zugriffsverwaltung über eine Blockchain organisiert werden.

Vorteile der Verwendung von Blockchain wären auch hier seitens der Behörden ein neuer Service und die damit einhergehende Zeitersparnis durch das Wegfallen analoger Akteneinsichten (analog zu Abbildung 2). Die Grundstückseigentümer*in behält die bisherige Souveränität über seine Daten, während vor allem Kaufinteressent*innen und weitere externe Dritte durch eine vereinfachte digitale Einsicht von Zeitersparnissen und einer höheren Nutzerfreundlichkeit profitiert. Die für die Einsicht anfallenden Anfahrtskosten würden wegfallen und die Gebühren zur Einsicht gegebenenfalls reduziert werden. Das Hindernis für eine Implementierung dieses Anwendungsfalls stellt die Tatsache dar, dass das Grundbuch aktuell nicht in einem digitalen Datenbankformat vorliegt und in naher Zukunft auch nicht digital verfügbar sein wird.

3.2.4 Bautechnische Prüfung

Im Zuge des Baugenehmigungsverfahrens wird eine bautechnische Prüfung durchgeführt, welche die Überprüfung der statisch-konstruktiven Unterlagen und etwa des Brandschutzes beinhaltet. Die bautechnische Prüfung findet durch Prüffingenieur*innen statt, welche keine Mitarbeiter*innen der Behörde sind, sondern für die entsprechenden Fachrichtungen anerkannte externe Ingenieur*innen. Auf der Website der Stadt Hamburg ist ein Verzeichnis aller

anerkannten Prüfingenieur*innen zu finden. Die Prüfingenieur*innen schicken nach Beendigung der Prüfung einen Prüfbericht an die zuständigen Bauprüfer*in, eine Behördenmitarbeiter*in, welche diesen in die Unterlagen für das Baugenehmigungsverfahren mit aufnimmt.

Bei einer Kombination aus Datenbank und Blockchain-Anwendung würden der Prüfbericht und die dazugehörigen Pläne in der Datenbank abgelegt und die Zugriffsverwaltung über die Blockchain organisiert (analog zu Abbildung 2). So kann die Antragsteller*in über die erstellten Prüfdokumente und die genehmigten Pläne verfügen und diese ohne Umwege über das Bauamt einsehen. Da jedoch nicht alle Informationen, die während des Baugenehmigungsverfahrens entstehen, auch an die Antragsteller*in weitergegeben werden dürfen, stellt die Differenzierung zwischen den internen Informationen und jenen, die kommuniziert werden dürfen, ein Hindernis dieses Anwendungsfalls dar.

3.2.5 Dokumentation von Gebäudesicherheit und -betrieb

Alle drei Jahre müssen Betreiber von Sonderbauten eine Prüfung der technischen Anlagen und Einrichtungen veranlassen. Die Betriebssicherheit und Wirksamkeit der Anlagen sind durch bauaufsichtlich anerkannte Prüfsachverständige zu prüfen. Die Bauaufsichtsbehörde überwacht die Einhaltung der Prüfinderintervalle und Nachbesserungen.

In einer Datenbank, deren Zugriff über eine Blockchain organisiert wird, können die erstellten Prüfnachweise und die Identität der Prüfenden hinterlegt werden (analog zu Abbildung 2). Betreiber*innen von Sonderbauten können so gegenüber externen Personen die sachgemäße Prüfung der Gebäudesicherheit nachweisen. Die Eigentümer*in würde so von einer transparenten, vollständigen und manipulationssicheren Dokumentation der Prüfnachweise profitieren und eine neue Souveränität über die Weitergabe dieser Informationen erhalten. Allerdings liegen die Prüfnachweise und weitere Informationen über die Prüfungen nicht immer digital vor. Ein vollständiger Umstieg auf digitale Prüfungsnachweise ist ein Hindernis dieses Anwendungsfalls.

3.3 Fallbeispiele

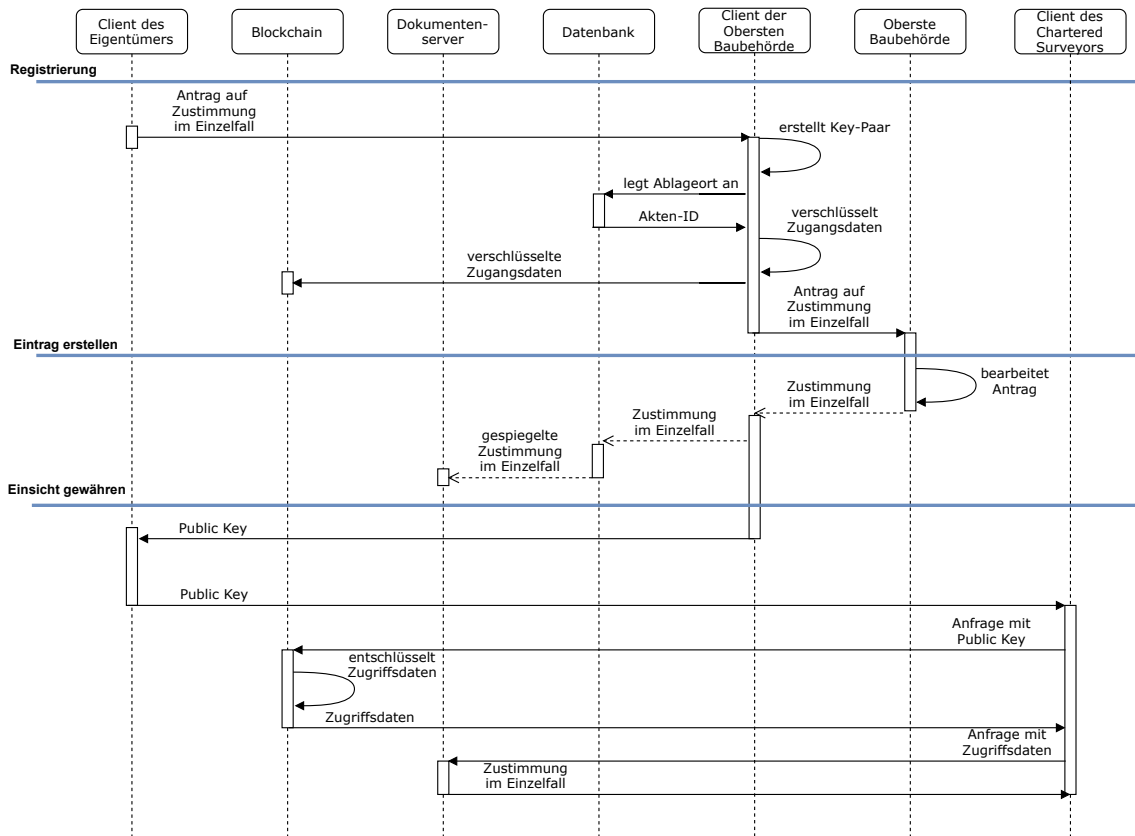
Im Zuge der Evaluierung der in Kapitel 3.2 vorgestellten Anwendungsfälle wurden in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden die Anwendungsfälle Zustimmung im Einzelfall, Bautechnische Prüfung und Digitale Bauakte favorisiert. Die weiteren erarbeiteten Anwendungsfälle werden aufgrund des gering eingeschätzten externen Mehrwerts und dem Fehlen eines einheitlichen Datenformats für den Austausch von Dokumentationsinformationen nicht weiter verfolgt. Aufgrund der Ähnlichkeiten der drei ausgewählten Anwendungsfälle wird im Folgenden die Feinkonzeptionierung und die Ergebnisse der Implementierung als Prototyp für die Zustimmung im Einzelfall genauer erläutert. Die Feinkonzepte der anderen beiden Anwendungsfälle gestalten sich analog.

3.3.1 Feinkonzept

Der Ablauf des Anwendungsfalls teilt sich in drei grundlegende Abschnitte auf: die Registrierung der Antragsteller*in, die Erstellung des Eintrags in die Baudatenbank sowie die Gewährung der Einsicht (siehe Abbildung 3). Der Prozess der Registrierung beginnt damit, dass die Eigentümer*in einen Antrag auf Zustimmung im Einzelfall an die Oberste Bauaufsicht stellt. Der Antrag besteht aus dem Antragschreiben und dazugehörigen Anhängen wie Lageplänen und Grundrissen. Die Oberste Bauaufsicht legt ihrem Datenbankregister einen Eintrag zur Ablage der Antragsunterlagen an und verknüpft diesen mit der Person der Antragsteller*in. Außerdem wird ein Schlüsselpaar erstellt. Die Oberste Bauaufsicht verschlüsselt die Zugriffsdaten zum passwortgeschützten Bereich des Dokumentenservers, in welchen die Antragsunterlagen gespiegelt werden mit dem privaten Schlüssel. Die verschlüsselten Zugangsdaten werden in der Blockchain abgelegt und sind nur bei Verwendung des passenden öffentlichen Schlüssels lesbar. Es sind alle Grundlagen für das Hochladen und Teilen der Zustimmung im Einzelfall geschaffen.

Eine Sachverständige*r der Obersten Bauaufsicht bearbeitet den Antrag und lädt die entstandenen Dokumente wie gutachterliche Stellungnahmen, das Prüfzeugnis und den Bescheid über die Zustimmung im Einzelfall im entsprechenden Eintrag auf der Datenbank der Behörde hoch. Der erstellte Eintrag wird auf den

Abbildung 3: Feinkonzept der Zustimmung im Einzelfall



Dokumentenserver gespiegelt und ist nun durch die Zugangsdaten erreichbar, welche sich in verschlüsselter Form auf der Blockchain befinden. Der dazugehörige öffentliche Schlüssel wird an die Eigentümer*in weitergegeben. Es beginnt der Abschnitt der Gewährung der Einsicht. Die Eigentümer*in kann durch Weitergabe des öffentlichen Schlüssels externen Personen die Einsicht in die Antragsunterlagen gewähren. Gibt die Eigentümer*in den öffentlichen Schlüssel an den zuständigen Chartered Surveyor seiner Geldgeber*in weiter, so kann diese die in der Blockchain abgelegten Zugangsdaten entschlüsseln. Der Chartered Surveyor erhält die ID des Dokumentenservers, die ID der Antragsakte sowie das notwendige Passwort. Mit diesen Zugangsdaten kann er die Dokumente vom entsprechenden Dokumentenserver der zuständigen Obersten Bauaufsicht herunterladen. Der Chartered Surveyor gibt die Information über die genehmigte Zustimmung im Einzelfall an die Bank weiter, welche den Geldfluss für den nächsten Bauabschnitt genehmigt.

3.3.2 Darstellung der Ergebnisse

Der implementierte Prototyp für den Anwendungsfall „Zustimmung im Einzelfall“ stellt das

erarbeitete Konzept einer kombinierten Nutzung von Blockchain-Technologie und gespiegelter Datenbank für die Leserechtsvergabe von Dokumenten dar. Durch die digitalen Abläufe wird sowohl der Zugriff von Bürger*innen auf ihre oder für sie relevante Daten verbessert als auch die Zugriffsgeschwindigkeit deutlich erhöht (siehe Tabelle 2). Durch den Aufbau eines landesweiten Service können Bürger*innen für Anträge auf Zustimmung im Einzelfall auf digitalem Wege mit der Obersten Bauaufsicht kommunizieren. Verzögerungen durch eine Kommunikation per Post und daraus resultierende mögliche Verzögerungen im Bau fallen weg. Dies sorgt für verbesserte Abläufe und resultierende Vermeidung von Zusatzkosten. Beim Anwendungsfall der Digitalen Bauakte kommt außerdem hinzu, dass die Bauakte lediglich beim zuständigen Bauamt vor Ort in Papierform vorliegt. Möchte eine Kaufinteressent*in in diese Bauakte Einsicht nehmen, muss sie den Weg zum Bauamt auf sich nehmen. Je nach Entfernung kommen hier entsprechende Zeit- und Kostenaufwände auf die Interessent*in zu, welche bei der digitalen Einsicht bei einem ausreichend großen Netzwerk aus beteiligten Ämtern entfallen oder reduziert werden können. Auch wird in diesem Fall das Personal des Bauamtes durch weniger Einsichten vor Ort entlastet.

Eigenschaften	Vergleich zum bisherigen Verfahren	
Datenzugriff für Bürger*innen	Vereinfachung durch Zugriff über das Internet	↑
Zugriffsgeschwindigkeit	Höhere Geschwindigkeit, da der Zugriff auch von außerhalb der Behörde möglich ist	↑
Kosten pro Zugriff	Tendenzielle Reduzierung (in Abhängigkeit von jetzigen Kosten und Modus)	↗
(Daten-)Souveränität der Behörde	Souveränität einzelner Behörden bleibt gleich	→
Serviceportfolio der Behörde	Erweiterung um einen zusätzlichen Dienst, welcher hohen Mehrwert für die Bürger bietet	↑
Aufwände für Instandhaltung und Betrieb	Es entstehen Kosten durch Investitionen und Betrieb	↘

Trotz der Digitalisierung der Abläufe behält die Behörde ihre volle Datensouveränität. Sie kann weiter über die Antragsunterlagen wachen, Einsicht nehmen oder Änderungen durchführen. Alle Unterlagen befinden sich in der Datenbank der einzelnen Behörde und müssen für die Schaffung eines zentralen Service nicht auch zentral gespeichert werden. Die Behörden bleiben souverän. Es gibt zwar neue Aufwände für Einführung, Instandhaltung und Betrieb des neuen Zugriffsservices, jedoch profitieren beide Seiten, Bürger und Behörden von verbesserten Abläufen.

3.4 Beschreibung der Implementierung

Grundlegend für die Implementierung der beiden ausgewählten Anwendungsfälle wurde zunächst die notwendige digitale Infrastruktur geschaffen. Es wurden zwei virtuelle Maschinen aufgesetzt, welche als Knoten der Blockchain dienen. Als Framework für die Blockchain wurde MultiChain in der Enterprise-Version der Firma Coin Sciences gewählt (siehe [https://www.](https://www.multichain.com/)

[multichain.com/](https://www.multichain.com/)) und auf den beiden virtuellen Maschinen eingerichtet. Da die digitale Ablage der auszutauschenden Daten nicht auf der Blockchain selbst geschehen soll, wurde hierfür die Open-Source-Datenbank MySQL gewählt (siehe <https://www.mysql.com/de/>). Die Ergebnisse der Implementierung sind in GitLab öffentlich zugänglich gespeichert. Informationen zum Zugang sind am Ende des Dokuments zu finden. Die in Kapitel 3.3 dargestellte detaillierte konzeptionelle Erarbeitung der beiden ausgewählten Anwendungsfälle wurde dann als Prototyp umgesetzt.

Grundlegend ist festzuhalten, dass zu jedem einzelnen Datensatz, einer Zustimmung im Einzelfall oder einer digitalen Bauakte, ein Satz von Zugangsdaten und ein öffentlicher Schlüssel gehört (siehe Abbildung 4). Mit einem Schlüssel bekommt der Nutzer nur einen Satz von Zugangsdaten und mit diesen Zugangsdaten lassen sich, je nach Anwendungsfall, nur eine Zustimmung im Einzelfall oder eine digitale Bauakte einsehen. Die Authentifizierungsmethode mit digitalen Schlüsseln gleicht



Abbildung 4: Zusammenhang von Datensatz, Zugangsdaten und öffentlichem Schlüssel

konzeptionell der Nutzung eines Passwortes. Sowohl Schlüssel als auch Passwort sind eine Zeichenkette, die lediglich Sender und Empfänger kennen. Digitale Schlüssel haben jedoch den Vorteil, dass sie im Vergleich zu Passwörtern ohnehin nicht zu merken und daher leichter zu ersetzen sind. Für weitere Sicherheitsgewinne könnte die Validität der Schlüssel zeitlich oder inhaltlich beschränkt werden. So wäre lediglich eine zeitlich begrenzte oder einmalige Nutzung möglich.

Im Zuge der Implementierung ergaben sich unterschiedliche Schichten des Systems. In Abbildung 5 wird die Kommunikation der beteiligten Parteien über die Schichten hinweg dargestellt und im Folgenden anhand des Anwendungsfalls der digitalen Bauakte erläutert. Die Zustimmung im Einzelfall erfolgt analog.

Es beginnt mit der grundlegenden Schicht des Systems, der Operationsschicht der Bauämter. Hier werden die Baugenehmigungsanträge bearbeitet und die dabei entstehenden Pläne, Prüfzeugnisse und Bescheide nach Anträgen

sortiert in der Datenbank des zuständigen Bauamtes abgelegt. Darüber hinaus hostet jedes Bauamt einen Dokumentenserver. Auf diesen Server wird die Datenbank gespiegelt, sodass eine Sicherheitsschicht entsteht und das System in die Seite der Bauämter und die Seite der Nutzer*innen geteilt wird. Die Nutzer*in greift somit nicht in die operativen Systeme der Bauämter ein. Findet eine Leserechtigungsvergabe von der Eigentümer*in an die Externe*n statt, so erfolgt nach einer Anfrage seitens der Externen (Schritt 1) die Übergabe des öffentlichen Schlüssels (Schritt 2). Diese Kommunikation findet in der Nutzerschicht statt und erfolgt absolut unabhängig von den digitalen Infrastrukturen der Behörden. Mit dem öffentlichen Schlüssel erhält die Externe Zugriff zur Blockchain der Bauämter (Schritt 3). Diese besteht aus einer Vielzahl miteinander kommunizierenden Knoten und bildet die Zugriffsschicht. Hostet jedes Bauamt einen Knoten, so entsteht ein dezentrales Netzwerk. Auf jedem Knoten befinden sich dieselben Informationen, die Daten sind synchron. Die Zugangsdaten für die zum öffentlichen Schlüssel gehörige digitale Bauakte, kann folglich von

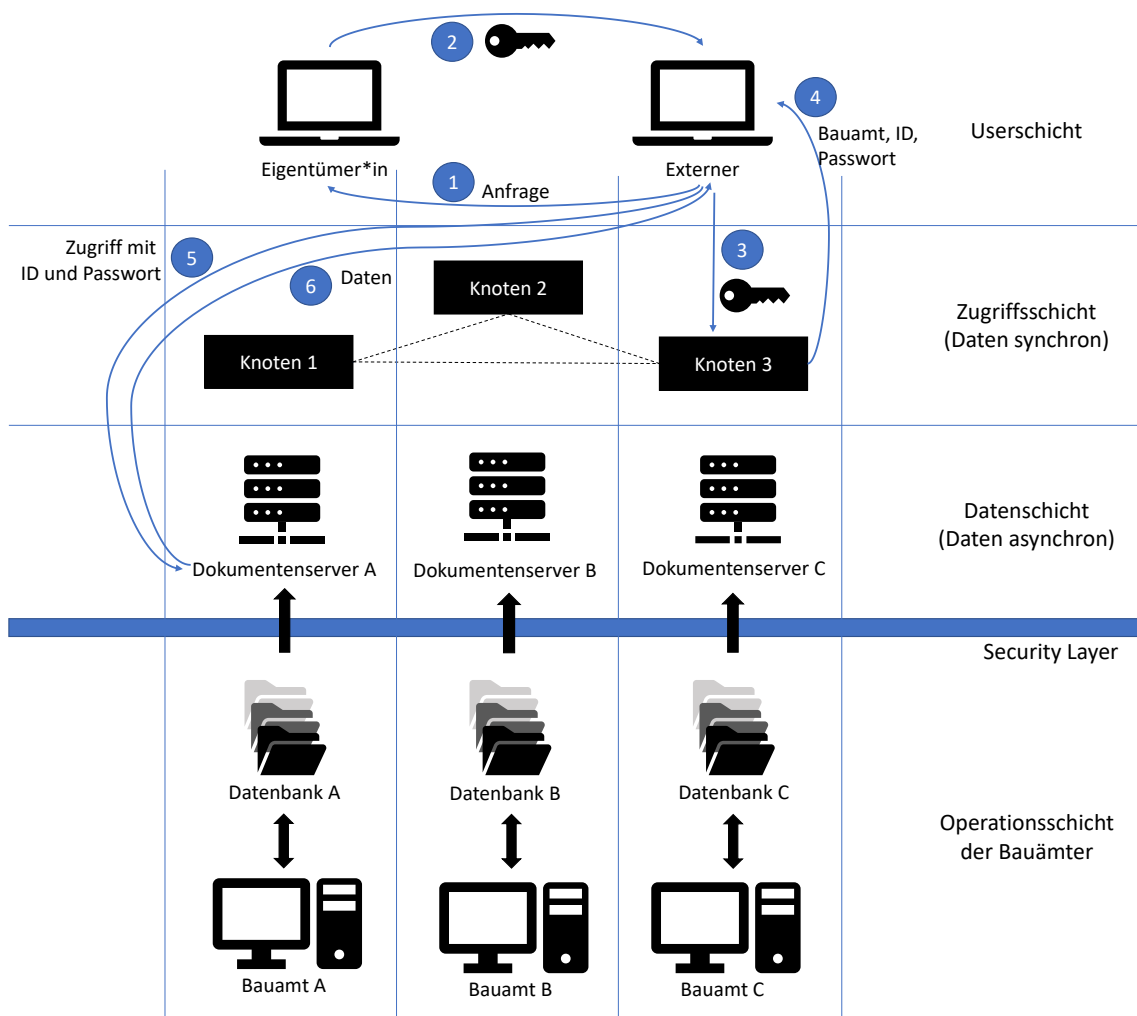


Abbildung 5: Übersicht der Schichten

jedem Knoten bereitgestellt werden (Schritt 4). Mit den erhaltenen Zugriffsinformationen kann der Externe auf die Dokumentenserver auf der Datenschicht zugreifen (Schritt 5). Da die Dokumentenserver aus den gespiegelten Daten der Datenbank des jeweiligen Bauamtes bestehen, unterscheiden sich die Daten von Server zu Server. Die Daten sind asynchron. Mit dem Wissen, auf welchem Dokumentenserver sich die zum Schlüssel gehörige Bauakte befindet, der übermittelten ID und dem Passwort, kann sich die Externe bei diesem Dokumentenserver einloggen. Er ist nun in der Lage, die digitale Bauakte vom Server zu laden (Schritt 6). Ihm fehlen jedoch die Rechte, um selbst Daten hochzuladen.

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei der Implementierung lediglich um einen Prototyp handelt, mit welchem die Eigenschaften und Fähigkeiten des erarbeiteten Konzepts gezeigt werden sollen, wurden nicht alle Schichten in Gänze umgesetzt. Die Operationsschicht der Bauämter wurde nicht umgesetzt, sondern in ihrer Funktion simuliert. Die zuständigen Behörden stellten digitale Bauakten und eine Zustimmung im Einzelfall in Form eines anonymisierten Dummies zur Verfügung. Diese dienten als realistischer Ersatz für die eigentlichen Datensätze. Auch auf eine Spiegelung der Datenbank auf den Dokumentenserver wurde im Sinne der Komplexitätsreduktion und des Entwicklungsaufwandes verzichtet. Die Beispieldaten wurden direkt auf den Dokumentenserver geladen. Dazu wurde ein neues Nutzerkonto in der

MySQL-Datenbank erstellt, welches anders als das Konto für Externe über Upload-Rechte verfügt. Auch in der Zugriffsschicht gab es vereinzelte Abweichungen. So existiert eine Problematik bei der Leserechtsvergabe durch den öffentlichen Schlüssel. Seitens MultiChain ist es zum aktuellen Zeitpunkt nicht möglich, das Leserecht durch Eingabe des öffentlichen Schlüssels zu erhalten. Stattdessen muss ein Knoten im Bauamt bei einer Anfrage das Leserecht vergeben. Alternativ müssten die Daten verschlüsselt und für jeden sichtbar hochgeladen werden. Externe würden die verschlüsselten Daten dann herunterladen und mit einem separaten Programm mithilfe des öffentlichen Schlüssels lesbar machen. Aufgrund der Langfristigkeit der hochgeladenen Daten und der Möglichkeiten zukünftiger technischer Entwicklungen wie Quantencomputer, welche für die unbefugte Entschlüsselung verwendet werden könnten, wurde auf diese Herangehensweise verzichtet. Es ist aber technisch denkbar, dass MultiChain seine Grundfunktionalität hinsichtlich dieser Problematik erweitern kann. Des Weiteren ist es zum aktuellen Zeitpunkt seitens MultiChain nicht möglich, von außerhalb eines Knotens auf Informationen zuzugreifen. Es ist stets eine Einwahl auf einen Nutzerknoten notwendig. Auf diesem Knoten werden dann die Leserechte freigegeben und nach jedem ausloggen wieder entzogen. Externe benötigen also für den Prototypen neben dem öffentlichen Schlüssel ebenfalls die Einwahldaten für den Nutzerknoten der Eigentümer*in.

4. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die gezeigten Anwendungsfälle ergaben verschiedene Vorteile für die beteiligten Akteur*innen. Als Grundvoraussetzung wird den Bauämtern im Zuge einer Umsetzung der digitale Zugriff auf ihre Akten ermöglicht. Auch profitieren sie von der Schaffung eines zentralen Service ohne eine zentrale Datenbank. Es entsteht ein neuer einheitlicher Service, welcher das Leistungsportfolio um weitere Features erweitert, ohne Einschränkungen hinsichtlich der Datensouveränität hinnehmen zu müssen. Auch ist die vorgestellte Lösung auf alle Bauämter anwendbar, ohne dass die bestehenden digitalen Infrastrukturen verändert werden müssen. Die Verwaltung der Daten wird damit verbessert, da neben einem digitalen, detaillierten und dezentralen Zugriffsrechtmanagement auch ein vollständiges Logbuch über alle getätigten Zugriffe geschaffen wird. So können Zugriffsrechte gezielt vergeben und wieder entzogen werden. Die Datensouveränität wird folglich auf den digitalen Raum übertragen und bleibt vollständig erhalten. Wichtige Voraussetzung für die Einführung eines entsprechenden Service zur Einsichtnahme ist die Beteiligung von möglichst vielen Bauämtern in Deutschland. Nur so kann ein entsprechender Netzwerkeffekt erzeugt werden, wenn möglichst viele Daten über diese Art der Einsichtnahme erreichbar sind.

Die Bürger*innen profitieren von einem vereinfachten Zugriff auf die Daten des Bauamtes durch die Nutzung digitaler Möglichkeiten. Dank der besseren Abläufe für die Akteneinsichten kann von Zeit- und Kostenersparnissen profitiert werden. Für Eigentümer*innen beziehen sich diese Ersparnisse vor allem auf den Bauablauf und für Kaufinteressent*innen vorwiegend auf schnellere Zugriffszeiten und nicht mehr erforderliche Wege zur Einsicht vor Ort.

Das vorgestellte Schema zeichnet sich durch die hohe Übertragbarkeit auf weitere Anwendungsfälle in der öffentlichen Verwaltung aus. Aufgrund der in Deutschland vorherrschenden föderalen Strukturen ist die Schaffung zentraler Zugriffsservices bei dezentraler Datenanlage und -verwaltung möglich. Die einzelnen Ämter

und Behörden behalten ihre volle Datensouveränität durch lokale und dezentrale Datenbanken, während die Bürger*innen von einheitlichen Zugriffsmechanismen und einem amtsübergreifenden und gegebenenfalls sogar länderübergreifenden Service profitieren, welcher Zeit- und Kostenaufwände für eine Akteneinsicht vor Ort überflüssig macht. Denkbar sind Beispiele wie ein zentrales Geburten- und Sterberegister, in welchem die Standesämter in einem entsprechenden Service die Ausfertigung und Ablage von Geburts- und Sterbeurkunden anbieten. Ein weiteres Beispiel wäre die Echtheitsprüfung von Zertifikaten, indem dezentral abgelegte Zeugnisse zentral verwaltet werden und so eine einfache Weitergabe an potentielle Arbeitgeber*innen in Bewerbungsprozessen ermöglicht wird. Grundsätzlich besteht eine sehr hohe Anschlussfähigkeit weiterer Anwendungsgebiete. So wurde auch im Asylbeispiel, welches in Kapitel 3 erläutert wurde, bereits ein ähnliches Konzept für die behördeninterne Kommunikation verwendet. Dieses wurde in dieser Kurzstudie um die Kommunikation außerhalb der Behörde mit den Bürgern ergänzt. Bezieht man die Kommunikation mit Personen außerhalb der Behörde mit ein, entstehen jedoch auch einige Schwachstellen. Im aktuellen Konzept ist ein Entzug der Leserechte nicht möglich. Sollte ein öffentlicher Schlüssel durch einen Externen veröffentlicht werden, sind auch die mit diesem Schlüssel geschützten Daten veröffentlicht. Eine Lösung für diese beiden Probleme wären öffentliche Schlüssel mit einer zeitlich begrenzten Validität. Nach Ablauf einer definierten Zeitspanne verfällt ein Schlüssel und die Zugangsdaten zur Datenbank lassen sich nicht mehr einsehen. Dieses Feature existiert bisher nicht in MultiChain und müsste manuell in weiteren Forschungsvorhaben entwickelt werden.

Die generelle Erkenntnis zu den Nutzungsmöglichkeiten von Blockchain im Zuge dieser Kurzstudie ergibt, dass Blockchain nicht nur als reines Transaktionssystem oder Speichermedium genutzt werden kann. Blockchain kann vielmehr ebenfalls als Zugriffsschicht für eine dezentrale Rechteverwaltung dienen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge dieser Kurzstudie konnten Anwendungsfälle von Blockchain-Technologie für die Bauprüfung identifiziert und bewertet werden. Die Anwendungsfälle *Digitale Bauakte*, *Bau-technische Prüfung* und *Zustimmung im Einzelfall*, welche im Evaluierungsprozess mit den zuständigen Behörden das höchste Potential zeigten, wurden detailliert konzeptioniert und der Anwendungsfall der *Zustimmung im Einzelfall* anschließend implementiert. Da es sich bei allen gefundenen Anwendungsfällen um eine vereinfachte Zugriffsrechtevergabe handelte, ist eine hohe Übertragbarkeit auf andere Anwendungen für Baubehörden oder andere föderale Strukturen gegeben. Die Blockchain dient dabei nicht als dezentrale Datenbank oder Transaktionssystem, sondern als Zugriffsschicht, mit welcher die Kommunikation zwischen föderal strukturierten Behörden und den Bürgern realisiert werden kann. Dies ist eine für eine Blockchain untypische Funktionsweise, da die Technologie in der Regel zur Schaffung von Manipulations-sicherheit und Vertrauen verwendet wird. Da deutsche Behörden jedoch keine Vertrauensdefizite aufweisen, die mithilfe einer Blockchain zu lösen wären, ist diese Art der Anwendung für die Bauprüfung nicht sinnvoll. Stattdessen wird

Blockchain-Technologie für die Schaffung eines zentralen Service zur Leserechtevergabe genutzt, sodass keine zentrale Datenhaltung notwendig ist. Eine zentrale Datenbank mit den Datensätzen verschiedener Baubehörden ist aufgrund föderaler Strukturen weder wünschenswert noch sinnvoll. Durch die Spiegelung der Datenbanken der Behörden auf einen externen Dokumentenserver ist auch die sicherheitstechnische Perspektive bedacht. Die Datenbereitstellung findet ausschließlich von der Behördenseite hin zu den Bürger*innen statt, sodass letztere keinen Zugriff in die operativen Systeme der Behörden haben. Das vorgestellte Konzept hat den Forschungsbedarf im Hinblick auf diese und weitere Sicherheitsfragen aufgezeigt.

Der aus der Implementierung des Prototypen entstandene Quellcode bestehend aus Knotenkonfiguration der Blockchain, MySQL-Datenbank und einem Programm zur Übertragung von Dateien in die Datenbank in die Datenbank ist öffentlich zugänglich und über GitLab mit folgendem Link abrufbar:

<https://collaborating.tuhh.de/w-6/publications/blockchain-in-der-baupruuefung>

LITERATUR

Danninger, N.; Drasch, B.; Ehresmann, A.; Guggenberger, T.; Rieger, A.; Urbach, N. et al. (2020): Das Blockchain-basierte Gültigkeitsregister. Eine Machbarkeitsstudie zur ersten Blockchain-Kooperation in der deutschen Justiz.

Darabseh, Mohammad; Martins, João Poças (2020): Risks and Opportunities for Reforming Construction with Blockchain: Bibliometric Study. In: *Civ Eng J* 6 (6), S. 1204-1217. DOI: 10.28991/cej-2020-03091541.

Das, Moumita; Tao, Xingyu; Cheng, Jack C. P. (2021): A Secure and Distributed Construction Document Management System Using Blockchain. In: Eduardo Toledo Santos und Sergio Scheer (Hg.): Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020, Bd. 98. Cham: Springer (Lecture notes in civil engineering, v. 98), S. 850-862.

Fraunhofer (2017): Blockchain und Smart Contracts. Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen.

Guggenmos, Florian; Lockl, Jannik; Rieger, Alexander; Fridgen, Gilbert (2019): Blockchain in der öffentlichen Verwaltung. In: *Informatik Spektrum* 42 (3), S. 174-181. DOI: 10.1007/s00287-019-01177-y.

Liu; Jiang; Osmani; Demian (2019): Building Information Management (BIM) and Blockchain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework. In: *Electronics* 8 (7), S. 724. DOI: 10.3390/electronics8070724.

Nawari, Nawari O. (2021): Blockchain Technologies: Hyperledger Fabric in BIM Work Processes. In: Eduardo Toledo Santos und Sergio Scheer (Hg.): Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020, Bd. 98. Cham: Springer (Lecture notes in civil engineering, v. 98), S. 813-823.

Shi, Meiling; Hoffmann, André; Wagner, Anna; Huyeng, Tim; Thiele, Christian-Dominik; Rüppel, Uwe (2021): Using Blockchain Technology to Implement Peer-to-Peer Network in Construction Industry. In: Eduardo Toledo Santos und Sergio Scheer (Hg.): Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020, Bd. 98. Cham: Springer (Lecture notes in civil engineering, v. 98), S. 839-849.

Thi Do, Hoang; Hoiczky, Claudia; Uckelmann, Dieter (2019): Blockchain – Anwendungen in Logistik und Supply Chain. In: *ZWF* 114 (10), S. 617-620. DOI: 10.3139/104.112163.

Wang, Ying; Gou, Yong; Guo, Yinjuan; Wang, Harry Haoxiang (2020): Construction of Audit Internal Control Intelligent System Based on Blockchain and Cloud Storage. In: 2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184), 2020/06: IEEE.

Wilkens, Robert; Falk, Richard (2019): Smart Contracts. Grundlagen, Anwendungsfelder und rechtliche Aspekte. 1st ed. 2019. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Gabler (essentials).

Yang, Rebecca; Wakefield, Ron; Lyu, Sainan; Jayasuriya, Sajani; Han, Fengling; Yi, Xun et al. (2020): Public and private blockchain in construction business process and information integration. In: *Automation in Construction* 118, S. 103276. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103276.

Ye, Xuling; König, Markus (2021): Framework for Automated Billing in the Construction Industry Using BIM and Smart Contracts. In: Eduardo Toledo Santos und Sergio Scheer (Hg.): Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020, Bd. 98. Cham: Springer (Lecture notes in civil engineering, v. 98), S. 824–838.

ÜBER DIE AUTOR*INNEN

Jana Purgander ist IT-Organisatorin am Institut für Technische Logistik an der Technischen Universität Hamburg. Sie beendete ihr Studium der Logistik und Mobilität an der Technischen Universität Hamburg im Jahr 2020 und ist seitdem am Institut für Technische Logistik an nationalen Förderprojekten beteiligt.

Dr. Johannes Hinckeldeyn ist Oberingenieur am Institut für Technische Logistik an der Technischen Universität Hamburg. Nach einem Studium der Produktionstechnik und Management an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg promovierte er von 2013 an der University of the West Scotland zum Thema Produktivitätssteigerung von Entwicklungsprozessen durch Engpassmanagementstrategien. Nach einer Stelle als Chief Operating Officer bei der EL-Cell GmbH ist Dr. Johannes Hinckeldeyn seit 2016 als Oberingenieur am Institut für Technische Logistik tätig und hat bereits mehrfach zum Thema Blockchain publiziert und hält Vorträge zu diesem Thema auf einer Vielzahl von Fachkongressen.

IMPRESSUM

Die Kurzstudie basiert auf einer Initiative des Nationalen E-Government Kompetenzzentrums e. V.

Ansprechpartner

Jana Purgander

Technische Universität Hamburg
jana.purgander@tuhh.de

Dr. Johannes Hinckeldeyn

Technische Universität Hamburg
johannes.hinckeldeyn@tuhh.de

Nationales E-Government Kompetenzzentrum e. V.

Pressehaus / 4102
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin

+49 (0)30 80494747
info@negz.org
negz.org

Gestalterische Umsetzung

made in – Design und Strategieberatung
www.madein.io

BERICHTE DES NEGZ

Folgende Kurzstudien sind in der Reihe „Berichte des NEGZ“ bereits erschienen:

- Nr. 1** Schuppan, T., Köhl, S., Off, T. (2018). Vollzugsorientierte Gesetzgebung durch eine Vollzugssimulationsmaschine, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 2** Ogonek, N., Distel B., Ben Rehouma, M., Hofmann, S., Räckers, M. (2018). Digitalisierungsverständnis von Führungskräften, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 3** Djeflal, C. (2018). Künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 4** Fadavian, B., Franzen-Paustenbach, D., Rehfeld, D., Schmitt, M., Schweikart, D., Djeflal, C. (2019). Data Driven Government, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 5** Balta, D., Hofmann, S., Rehfeld, D., Kuhn, P., Krcmar, H. (2019). Sharing Economy: Potential im öffentlichen Sektor, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 6** Hoepner, P., Welzel, C., Wulff, M. (2019). Identifizierung und Authentifizierung leicht gemacht – die Nutzer ins Zentrum stellen, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 7** Köhl, S., Müller, H. (2019). Sicherheitsanforderungen und -nachweise bei Cloud-Diensten – Grundlagen für öffentliche Auftraggeber, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 8** Houy, C., Gutermuth, O., Fettke, P., Loos, P. (2020). Potentiale Künstlicher Intelligenz zur Unterstützung von Sachbearbeitungsprozessen im Sozialwesen, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 9** Schaffer, S., Reithinger, N., Standt, J., Krebs, R. (2020). Sprachsteuerung von E-Government Diensten in Deutschland, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 10** Houy, C., Gutermuth, O., Fettke, P. (2020). Robotergestützte Prozessautomatisierung für die Digitale Verwaltung, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 11** Ogonek, N., Distel, B., Hofmann, S. (2020). Kompetenzvermittlung im öffentlichen Sektor neu gedacht, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 12** Distel, B., Hofmann, S., Østergaard Madsen, C. (2020). Nationale E-Government-Strategien: Deutschland und Dänemark im Vergleich, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 13** Halsbenning, S., Scholta, H., Distel, B. (2020). Quo vadis, Civis? Entwicklung einer Citizen Journey für eine nachfrageorientierte Dienstleistungsentwicklung im öffentlichen Sektor, Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 14** Oschinsky, F., Stelter, A., Kaping, C., Niehaves, B. (2021). Kompetenzoffensive Bad Berleburg Digital (KOBOLD), Berlin. » [DOI](#)
- Nr. 15** Buchinger, M., Kuhn, P., Balta, D. (2021). Interoperabilität von Smart City-Datenplattformen, Berlin. » [DOI](#)

BERICHTE DES NEGZ

- Nr. 16** Löbel, S., Schuppan, T. (2021). Potenziale und Herausforderungen einer neuen Datenorientierung im Kontext öffentlicher Aufgabenwahrnehmung, Berlin. »[DOI](#)
- Nr. 17** Djeffal, C., Horst, A. (2021). Übersetzung und künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung, Berlin. »[DOI](#)



**Nationales E-Government
Kompetenzzentrum e. V.**

Pressehaus/ 4102
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin

+49 (0)30 80494747
info@negz.org