

Quelle: Michael Matthews VP, Ensto

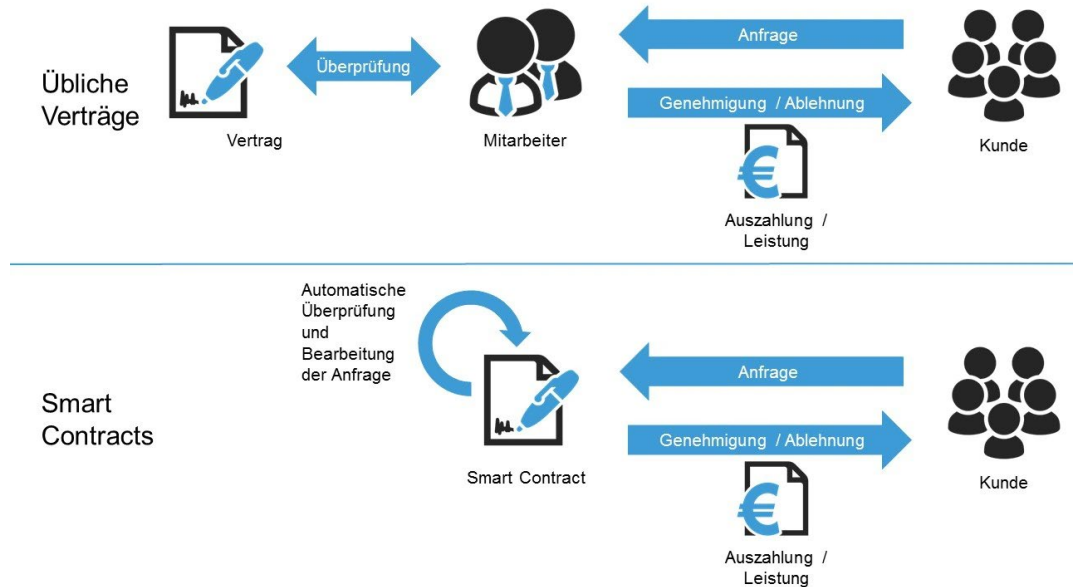
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

ANWENDUNGEN UND POTENTIALE VON BIM-BASIERTEN SMART CONTRACTS IM BAUWESEN

Prof. Dr.-Ing. Markus König

Was ist ein Smart Contract?

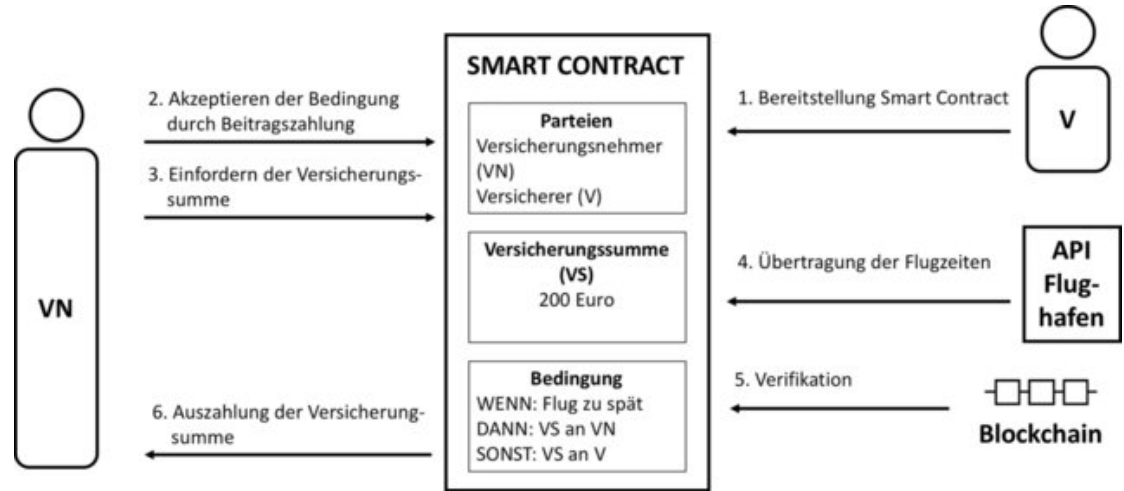
- Selbstausführender Vertrag, bei dem die Vertragsbedingungen in einem Programm umgesetzt sind
- Smart Contracts werden automatisch ausgelöst, wenn vordefinierte Bedingungen erfüllt sind



Quelle: <https://blog.doubleslash.de/smart-contracts-was-steckt-hinter-den-smarten-vertraegen>

Warum Smart Contracts?

- Automatisierung und Dezentralisierung der Vertragsprozesse
- Erhöhte Sicherheit und Transparenz in Transaktionen
- Senkung von Betrugsrisiken und Vermittlerkosten



Quelle: Schütz, A.E., Fertig, T., Weber, K. et al. Vertrauen ist gut, Blockchain ist besser – Einsatzmöglichkeiten von Blockchain für Vertrauensprobleme im Crowdsourcing. HMD 55, 1155–1166 (2018)

Warum Smart Contracts?

- Automatisierung und Dezentralisierung der Vertragsprozesse
- Erhöhte Sicherheit und Transparenz in Transaktionen
- Senkung von Betrugsrisiken und Vermittlerkosten

Quelle:
<https://kreditkarte.net/wissenswertes/smart-contracts/>

Versicherungsunternehmen

Kosten	Kostenreduktion <ul style="list-style-type: none">• Reduzierung der Vertragsgestaltungskosten durch eindeutigere Vertragsinhalte• Reduzierung der Anspruchsbearbeitungskosten durch den Wegfall aufwändiger Kontroll- und Bearbeitungsprozesse
Zeit	Zeitersparnis <ul style="list-style-type: none">• Verkürzung des Schadensmanagementprozesses durch automatische Berechnung der Entschädigung
Qualität	Qualitätsgewinne <ul style="list-style-type: none">• Reduktion menschlicher Fehler durch den Wegfall der manuellen Schadensbeurteilung• Verbesserte Kundenbeziehung durch ...<ul style="list-style-type: none">• schnellere Schadensregulierung und Auszahlung• neue/bessere Versicherungsangebote (bspw. in sonst unterversorgten Märkten und Regionen)

Versicherungsnehmer

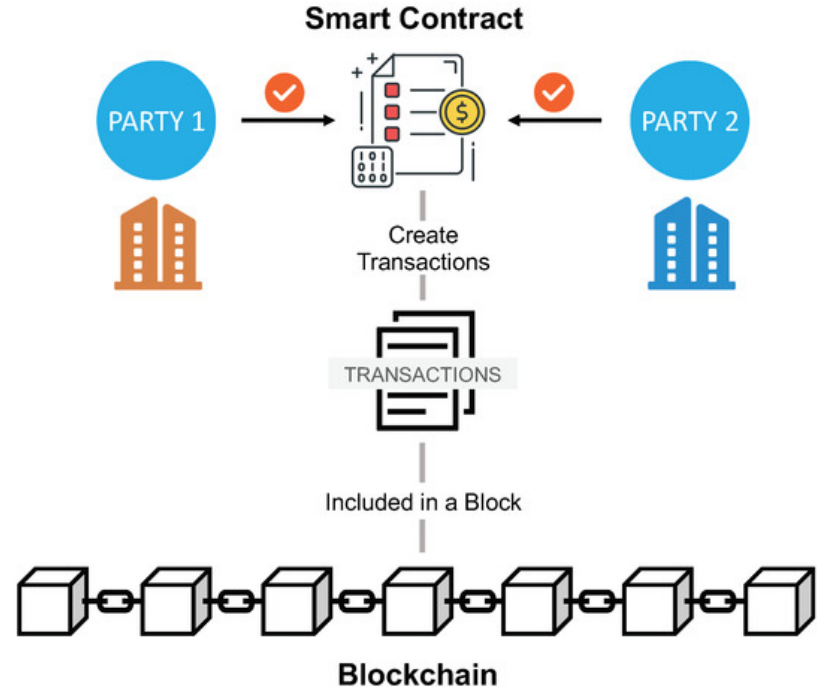
Kostenreduzierung durch potentielle Umverteilung der Einsparungen
Schnellere Anspruchsbearbeitung & Auszahlung
Wegfall lästiger Anspruchsbegründungen und gerichtlicher Auseinandersetzungen
Sicherheit durch klare Vertragsverhältnisse
fundamentale Versicherungsmöglichkeiten für unterversorgte Kunden, Märkte und Regionen

Quelle: die bank 04//2019

Smart Contracts Technologien

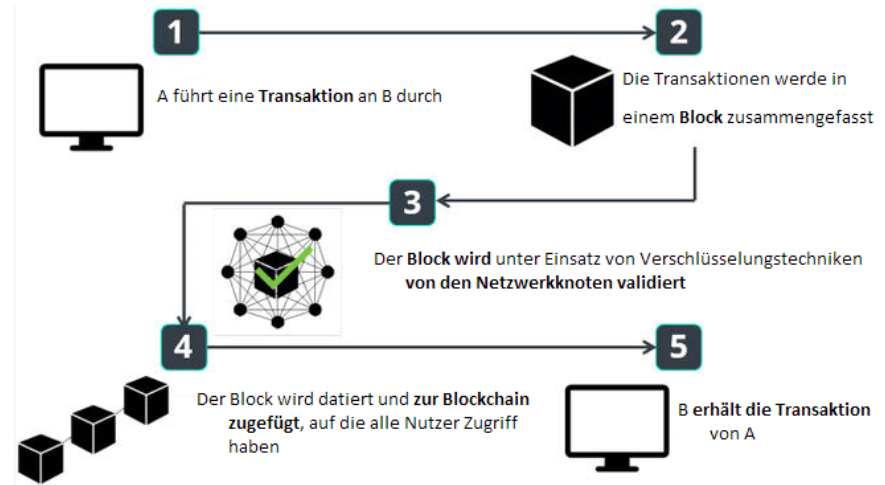
- **Blockchain:** Das Hauptbuch, in dem Smart Contracts leben. Gewährleistet Transparenz und Unveränderlichkeit
- **Kryptographische Signaturen:** Sicherstellen, dass Transaktionen authentisch und unverändert sind
- **Verteilte Systeme:** Gewährleisten, dass der Vertrag über mehrere Netzwerkknoten repliziert und validiert wird

Quelle: Zhang, Y.; Liu, D. Toward Vulnerability Detection for Ethereum Smart Contracts Using Graph-Matching Network. *Future Internet* 2022, 14, 326. <https://doi.org/10.3390/fi14110326>



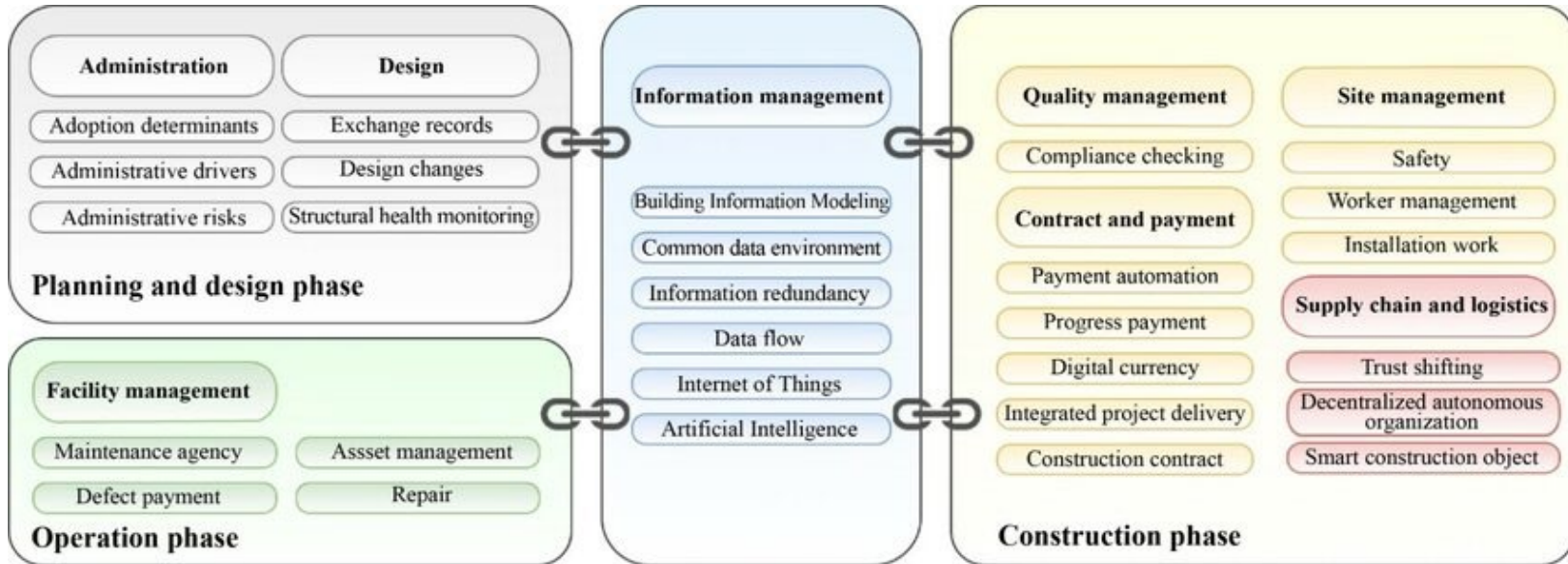
Blockchain Technologie

- Dezentrale und verteilte Datenbank, die aus einer Kette von Blöcken besteht
- Jeder Block enthält einen Kryptografie-Hash des vorherigen Blocks, einen Zeitstempel und Transaktionsdaten
- Daten in einem Block können nicht rückwirkend ohne die Änderung aller nachfolgenden Blöcke geändert werden
- Es gibt keine zentrale Autorität, die die Blockchain kontrolliert



Quelle: Blockchain France

Anwendungen in der Bauwirtschaft



Quelle: Ye, X., Zeng, N., & König, M. (2022). Systematic literature review on smart contracts in the construction industry: Potentials, benefits, and challenges. *Frontiers of engineering management*, 9(2), 196-213.

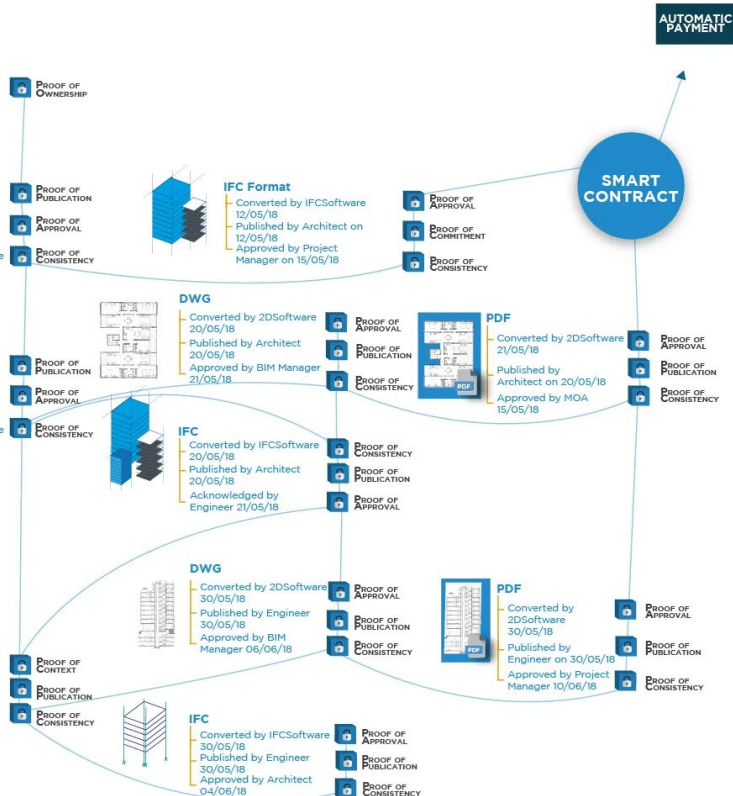
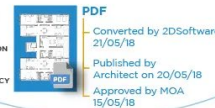
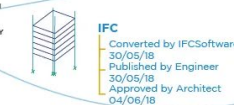
Planungsprozesse

- Festlegung von Austausch- und Nutzungsbedingungen zur Verbesserung der Transparenz, Überprüfbarkeit und Effektivität des Datenaustauschs

ARCHITECT



ENGINEER

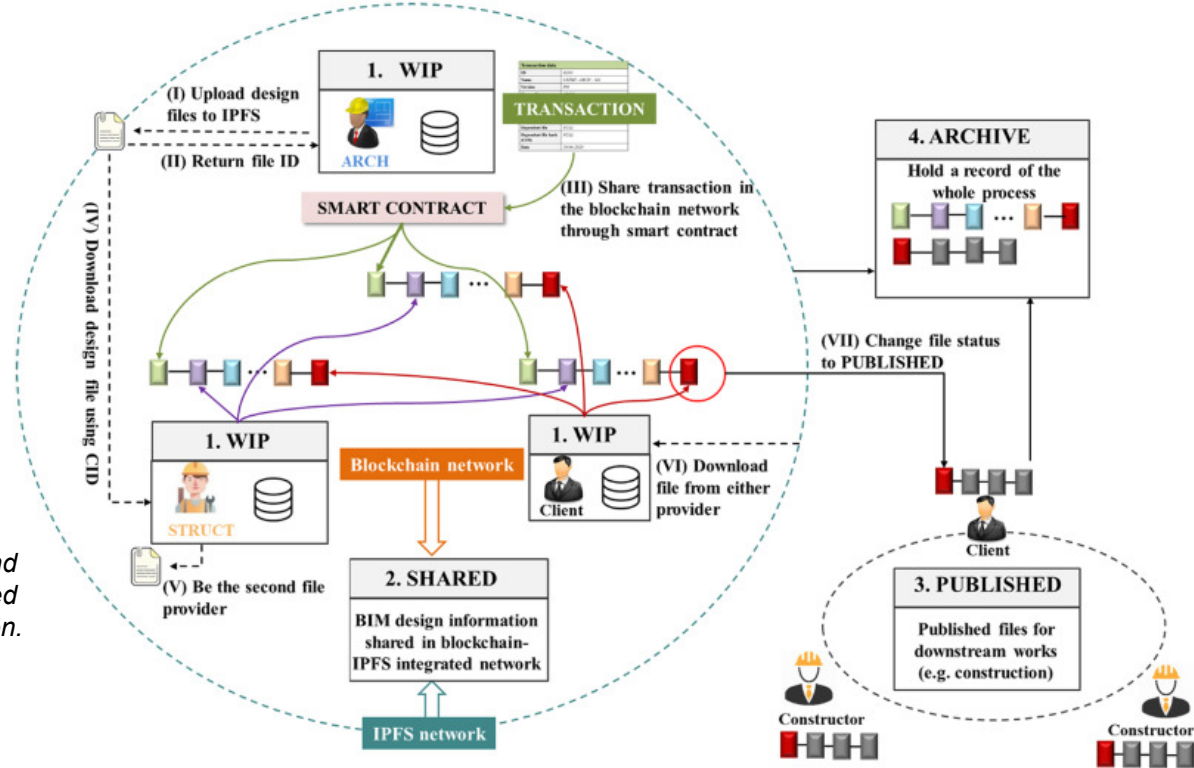


Quelle: <https://bimchain.io/>

Planungsprozesse

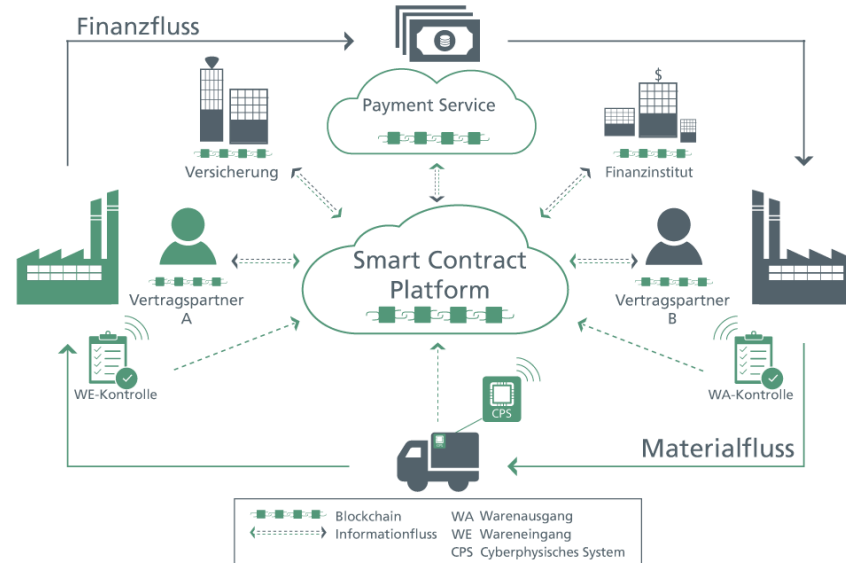
- Festlegung von Austausch- und Nutzungsbedingungen zur Verbesserung der Transparenz, Überprüfbarkeit und Effektivität des Datenaustauschs

Quelle: Tao, Xingyu & Das, Moumita & Liu, Yuhan & Cheng, Jack. (2021). Distributed common data environment using blockchain and Interplanetary File System for secure BIM-based collaborative design. *Automation in Construction*. 130. 103851. 10.1016/j.autcon.2021.103851.



Lieferkettenmanagement

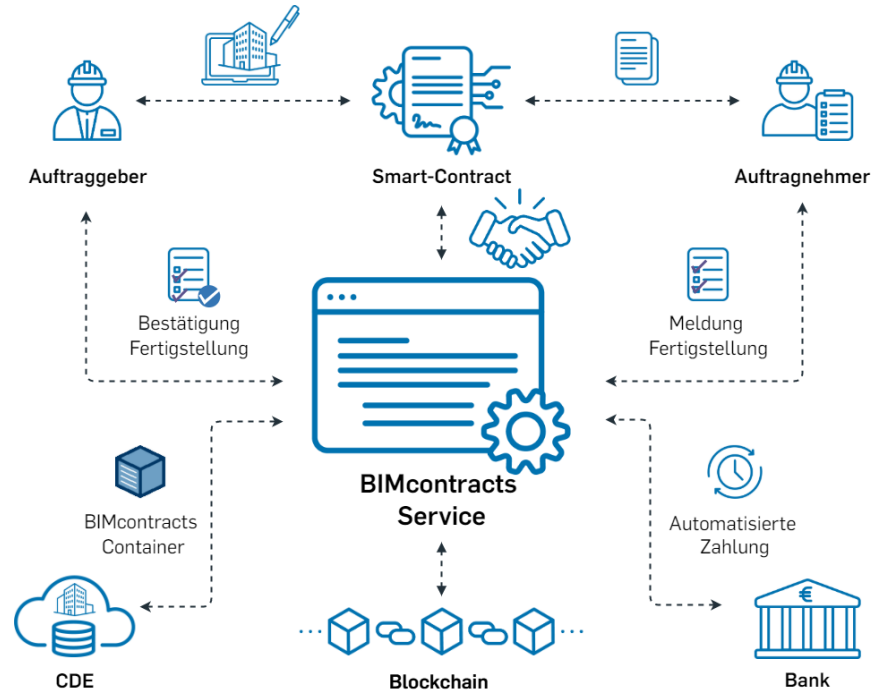
- Lückenlose Nachverfolgung eines Produkts von der Herstellung über den gesamten Produktlebenszyklus
- Konformität und die Lieferung von Waren sicherstellen und Verluste verhindern
- Blockchain fungiert als verteilter Datenspeicher und sichert alle relevanten Informationen für den Smart Contract



Quelle: https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b2/einkauf_finanzen_supply_chain_management/dienstleistungen/blockchain_smart-contracts.html

Bauberechnung – Projekt BIMcontracts

- Referenzarchitektur für das automatische Zahlungs- und Vertragsmanagement
- Abrechnung mittels BIM und Smart Contracts für die Bauausführung

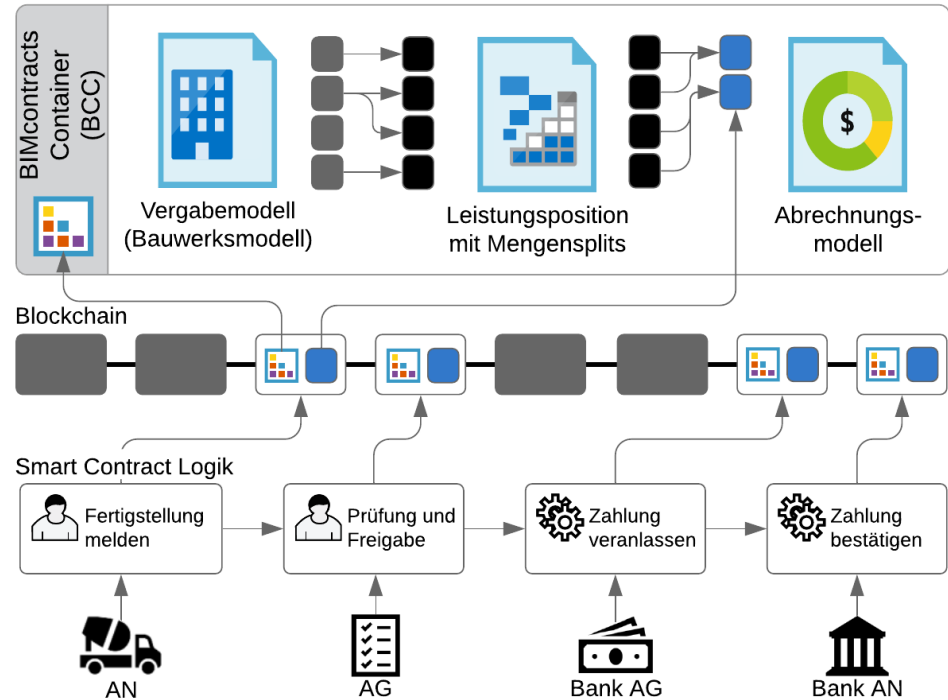


Quelle: www.bimcontracts.de



BIMcontracts

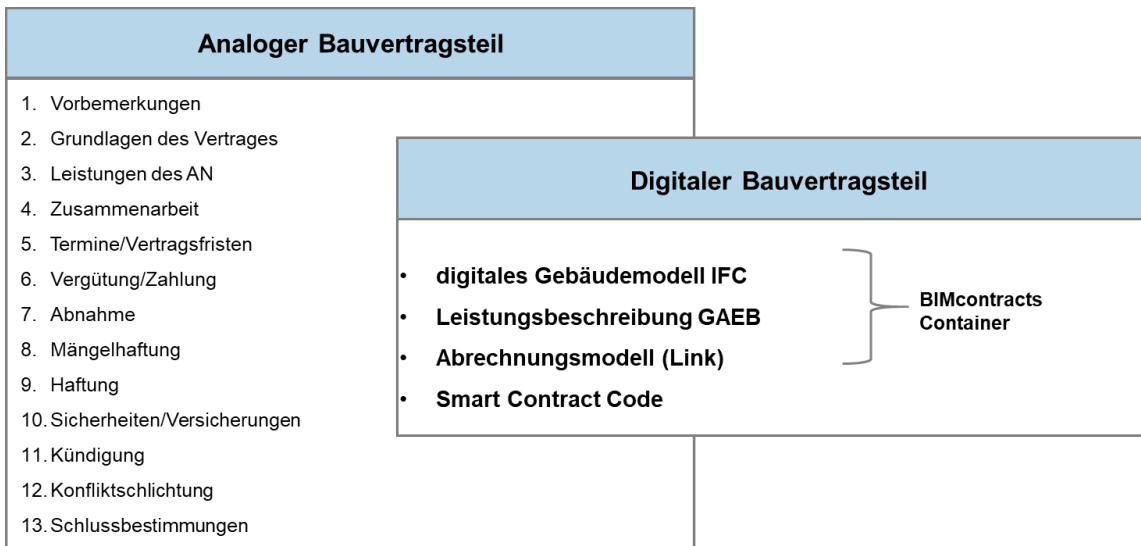
- Digitales Bauwerksmodell auf Basis des IFC-Formats ist Vertragsoll
- Leistungsbeschreibung erfolgt mittels GAEB-Standards
- Bauwerksmodell, Leistungsverzeichnis und Abrechnungsmodell bilden eine Einheit



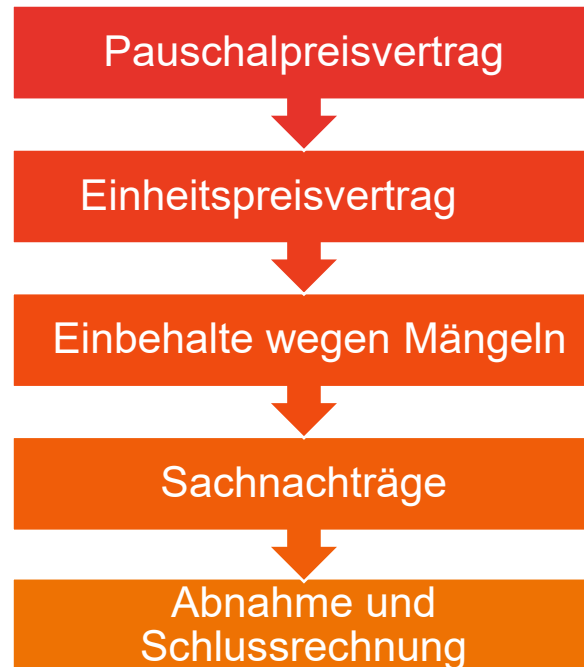
Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

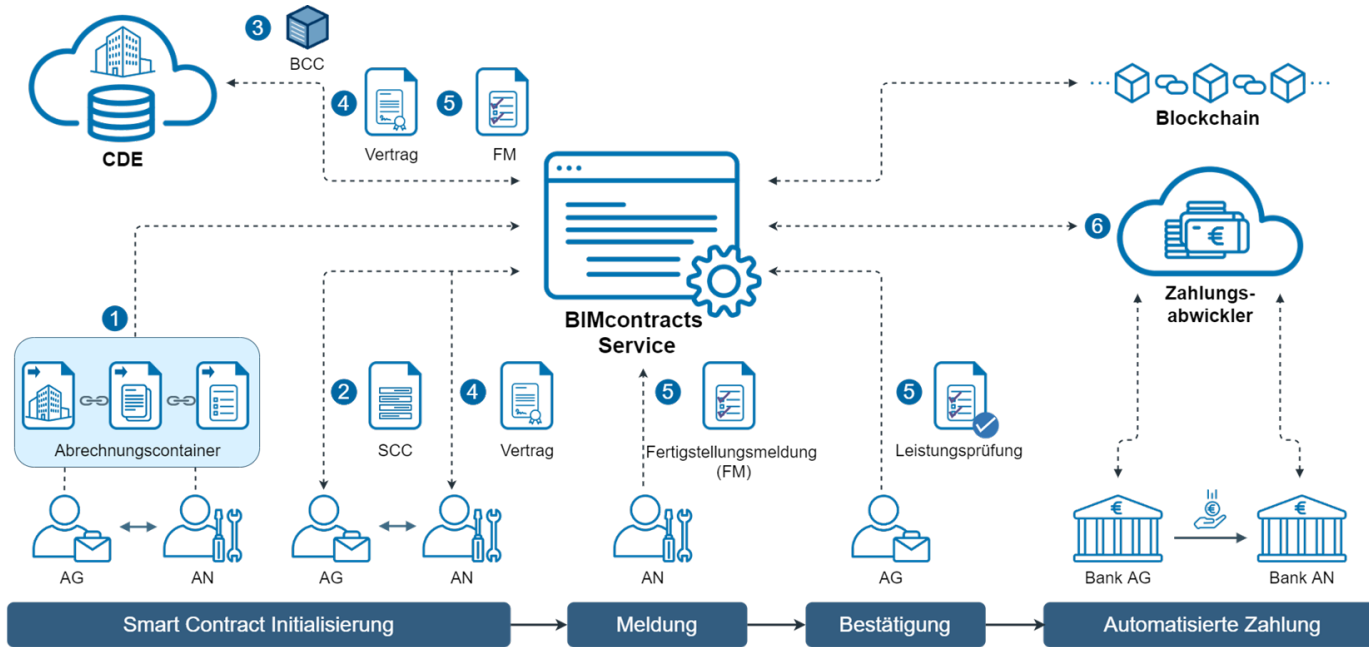
■ Konventioneller Vertrag mit digitalen Bestandteilen



Quelle: www.bimcontracts.de

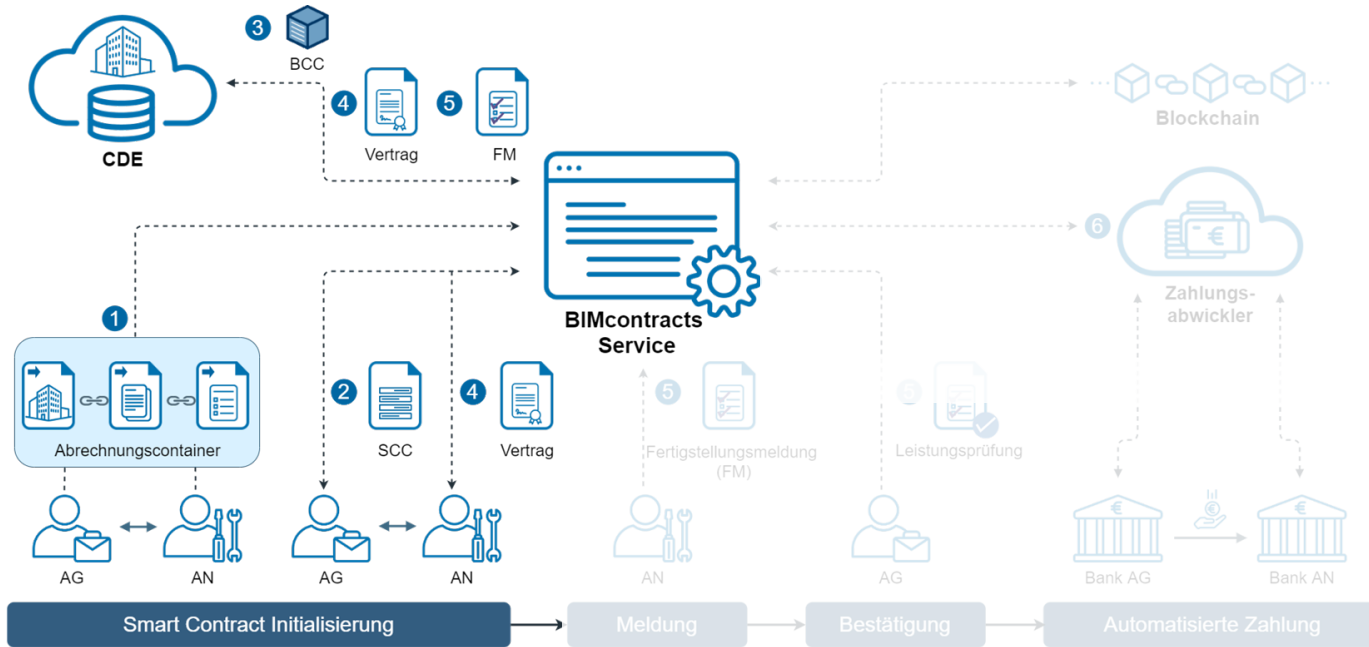


BIMcontracts



Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts



Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

- Plattform für die Vertragsgestaltung und Abwicklung

The screenshot displays the BIMcontracts platform interface. On the left, a modal window titled "Neuer Vertrag für ProjektSueduferRUBTest" is open, showing a form for contract details. The form includes sections for "Vertragsdetails", "Auftragnehmerdaten", and "Auftragnehmerdaten". The "Auftragnehmerdaten" section is active, showing the name "Nachunternehmer1 GmbH, Hamburg" and a "AUSWÄHLEN" button. Below this, there are fields for "Wahlid" (0x646D2e9a78cAc01fa1Bea8fC01a0110FE1E2033E) and "Bankverbindung" (DE342001002028395208, Poazbank). At the bottom of the modal are "ZURÜCK", "ABBRECHEN", and "SPEICHERN" buttons.

The main interface shows a 3D BIM model of a building structure. The model is highlighted in purple, indicating the selected element. The interface includes a navigation bar with tabs: "VERTRAGSÜBERSICHT", "ABRECHNUNGSCONTAINER", and "KONFIGURATION". The "ABRECHNUNGSCONTAINER" tab is active, showing the "IFC-Modell" and "Abrechnungsplan" sections.

The "Leistungverzeichnis" (Bill of Materials) table is visible, listing items with their names, quantities, units, and prices. The selected item is "1.3 1.Obergeschoss".

Name	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis netto	Struktur	Gesamtpreis brutto
1.1 Gründung			344.424,27 €	344.424,27 €		
1.2 Erdgeschoss			316.112,04 €	316.112,04 €		
1.3 1.Obergeschoss			305.357,44 €	305.357,44 €		
1.4 2.Obergeschoss			320.105,46 €	320.105,46 €		
1.5 3.Obergeschoss			116.195,12 €	116.195,12 €		
1.6 Dach			118.026,94 €	118.026,94 €		

The "Abrechnungsplan" (Billing Plan) table shows the breakdown of the selected item:

Beschreibung	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis netto	prel. Fertigstellung
1.Obergeschoss	1		305.357,44 €	305.357,44 €	05.01.20
Rohbaufertigstellung 1.Obergeschoss	1				01.02.21
Rohbaufertigstellung 2.Obergeschoss	1				08.03.21
Rohbaufertigstellung 3.Obergeschoss	1				08.03.21
Rohbaufertigstellung Decke i 3.00 einschl. Attikaufbauten	1			118.026,94 €	08.03.21

Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

- Plattform für die Vertragsgestaltung und Abwicklung

Standardkonfiguration

Abschlagszahlung
 Abrechnungsplan Zeitintervall Mindestbetrag
 Teilzahlung
min. Fertigungsgang in %
50

Prüfungskonfiguration Abschlagszahlung
Abrechnungs-Prüfung: 21 Tage Zweitprüfung erforderlich

Schlussrechnung
Prüfungstermin: 30 Tage

Sicherheitsbehalt: 10 %
Kostenbeteiligung: 0 %
Sonstige Kosten: 0 %
Beschreibung sonstiger Kosten: Sonstige Kosten
Bauleistungsversicherung: 2 %
Skonto Vereinbarung vom Zahlungsziel: 0 %

Kostenbeteiligung Pauschal: 0 €
Sonstige Kosten Pauschal: 100000 €

ALS STANDARD ÜBERNEHMEN

KONFIGURATION

VERTRAG KONFIGURIEREN

Abrechnungsplan

Filter

Kurzbeschreibung	Beschreibung	Kosten	Fertigstellung	Konfiguration
<input type="checkbox"/> Gruendung	Fertigstellung Gruendung (Bodenplatte + Fundamente)	344.424,27 €	29.10.21	Standard
<input type="checkbox"/> Erdgeschoss	Rohbau/fertigstellung Erdgeschoss	316.112,04 €	03.12.20	Standard
<input type="checkbox"/> 1.OG	Rohbau/fertigstellung 1.Obergeschoss	305.357,44 €	05.01.20	Abrechnung
<input checked="" type="checkbox"/> 2.OG	Rohbau/fertigstellung 2.Obergeschoss	320.105,49 €	01.02.21	Standard
<input checked="" type="checkbox"/> 3.OG	Rohbau/fertigstellung 3.Obergeschoss	116.195,12 €	08.03.21	Standard
<input checked="" type="checkbox"/> Dach	Rohbau/fertigstellung Decke u 3.OG einschl. Attikaufbauten	118.026,94 €	08.03.21	Standard

Items per page: 10 1 - 6 of 6

Konfiguration für "2.OG" und 2 weitere

Abschlagszahlung
 Abrechnungsplan Zeitintervall Mindestbetrag
 Teilzahlung
min. Fertigungsgang in %
75

Prüfungskonfiguration Abschlagszahlung
Abrechnungs-Prüfung: 21 Tage Zweitprüfung erforderlich

Standardkonfiguration

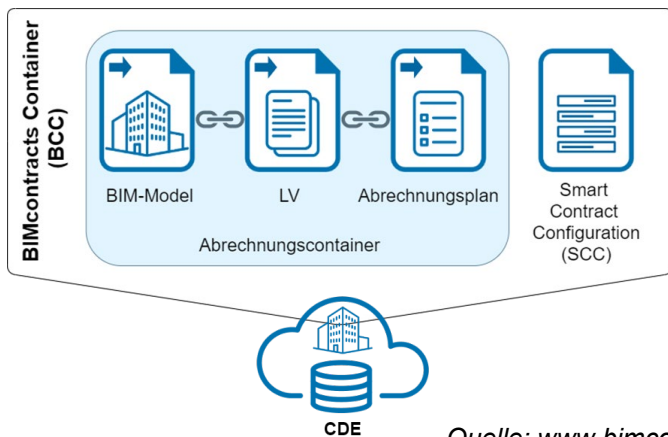
FÜR AUSWAHL ÜBERNEHMEN

ALS STANDARD ÜBERNEHMEN

Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

- Aktivierung des Smart Contracts und Hinterlegung auf der Blockchain
- Unterzeichnung mit Blockchain-Identitäten durch AG und AN



Quelle: www.bimcontracts.de

Übersicht Bearbeiten

✓ Abrechnungscontainer
✓ Konfiguration
✓ Papiervertrag
✓ Blockchain-Verknüpfung
5 Bestätigung
6 Live

Der Vertrag muss auf der Blockchain signiert werden!

JETZT ANZEIGEN

Status von Aufträgen

Fertiggestellt **0%**

Auftragsvolumen **1.520.221,27 €**

■ Abgenommen
■ Managet gerügt
■ Abnahme verweigert
■ Offen

3D-Modell

Datei: [Bauwerksmodell_11 \(1\).ifc](#)

Hash: [243f700ee9ef1a2fce...](#)

Leistungsverzeichnis

Datei: [Abrechnungsplan verknüpft_Pauschalpreise](#)

Hash: [d1440ea368de8542b...](#)

Abrechnungsplan

Datei: [BillingModel1 \(1\).xml](#)

Hash: [fc1286f098cbb88cfe0...](#)

Papiervertrag

Datei: [GU-Vertrag mit auftragnehmerseitiger Ausfu...](#)

Hash: [ccd890a3b74bcf30d...](#)

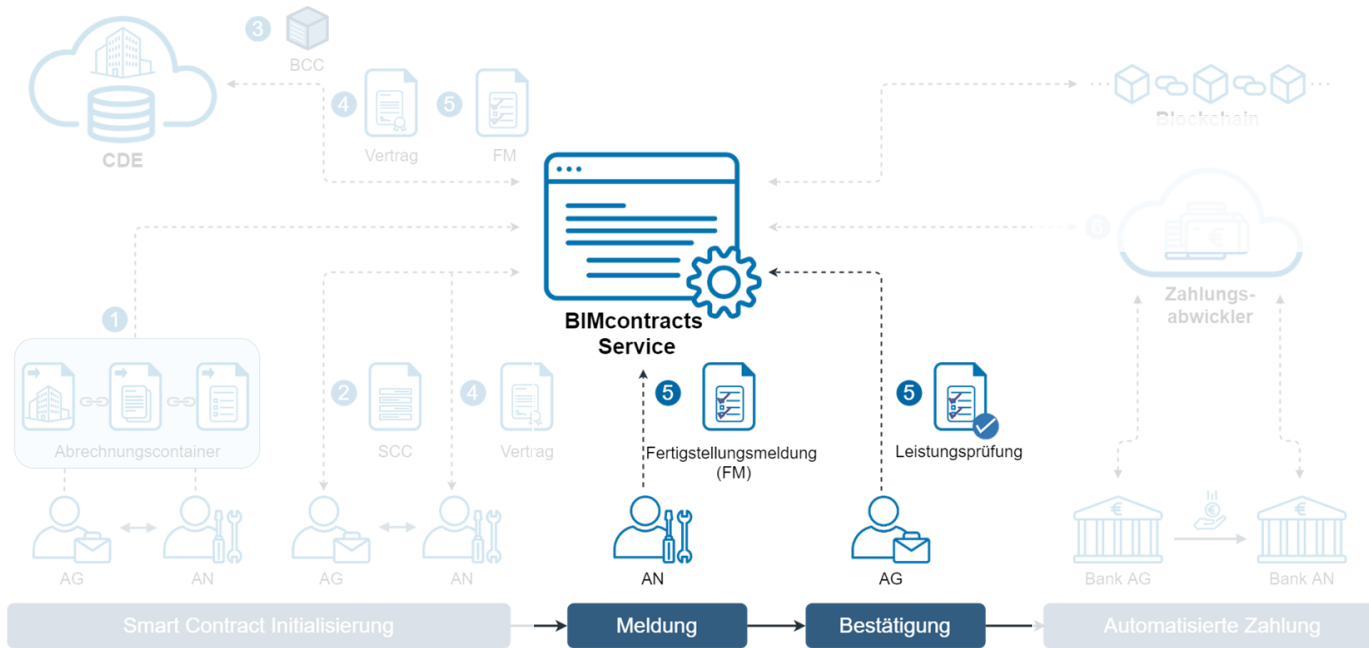
Vertragsdaten

Gewerk	RohbauGPV
Beschreibung	Neubau eines Bürogebäudes am PHOENIX See
Ausführungsbeginn	10.10.2022
Ausführungsende	10.10.2024
Auftragsvolumen	1.520.221,27 €

Auftragnehmer		Auftraggeber	
Firmenname	Nachunternehmer1 GmbH	Firmenname	Freundlieb
Adresse	Diagonaltstrasse 15 20537 Hamburg Deutschland	Adresse	Hoerder Burgertrasse 15 44264 Dortmund Deutschland
			Freundlieb

✓ deployed auf Blockchain
⌚ warte auf Unterschrift des Nachunternehmers

BIMcontracts



Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

- Auftragnehmer wählt die fertiggestellten Leistungen aus und sendet die Fertigstellungsmeldung
- Nach dem Absenden der Fertigstellungsmeldung kann eine Rechnung generiert und gespeichert werden
- Auftraggeber kann die als fertig gemeldeten Abrechnungseinheiten prüfen und eine Zahlung veranlassen

The screenshot displays the BIMcontracts web application interface. At the top, there are tabs for 'FERTIGSTELLUNGSMELDUNG' and 'SCHLUSSRECHNUNG'. A 3D model of a building is shown in the center, with a 'Leistungsmeldung erfolgreich gesendet!' (Performance report successfully sent!) notification box overlaid on it. The notification lists the next steps: '• XRechnung gemeldeter Items herunterladen', '• Weitere Fertigstellungsmeldungen erstellen', and '• Aktuelle BCF-Container herunterladen'. Below the notification, there are buttons for 'Download' (XRechnung, PDF Rechnung, BCF-Container) and 'Schließen' (Close).

Below the notification, there is a section for 'Abrechnungseinheiten' (Billing units) with a table of units. The table has columns for 'Beschreibung' (Description) and 'Status' (Status). The units are:

Beschreibung	Status
Grundung	Abnahme angefordert
Erdgeschoss	Abnahme angefordert
1. Obergeschoss	Abnahme angefordert teilweise Fertigstellung (50%) möglich
2. Obergeschoss	Teilfertigstellung
3. Obergeschoss	Fertigungsmeldung möglich ab sofort
Dach	Fertigungsmeldung möglich ab sofort

Below the table, there is a section for 'Abschlussvermerk' (Final statement) and 'Anhänge' (Attachments). A message states: 'In der Konfiguration des Vertrags wurde ein minimaler Fertigstellungsgrad von 75% vereinbart'.

At the bottom right, there is a 'Leistungsprüfung' (Performance check) table with columns for 'Beschreibung' (Description), 'Menge' (Quantity), 'Status' (Status), and 'Preis' (Price). The table shows the following data:

Beschreibung	Menge	Status	Preis
Grundung	1	Abnahme angefordert Leistungsanfrage liegt seit 2 Stunden vor	344.624,27 €
Erdgeschoss	1	Abnahme angefordert Leistungsanfrage liegt seit 2 Stunden vor	316.112,04 €
1. Obergeschoss	1	Abnahme angefordert Leistungsanfrage liegt seit 2 Stunden vor	303.537,44 €
2. Obergeschoss	1	Abnahme angefordert Leistungsanfrage liegt seit einer Stunde vor	325.195,46 €
3. Obergeschoss	1	Abnahme angefordert Leistungsanfrage liegt seit 34 Minuten vor	116.195,12 €

Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

19:48 Safari

Ortbeton Bodenplatte, d = 60 cm

SOLL	IST	FREIGEgeben
546,559	546,559	546,559
m ³	m ³	m ³

01.01.0080 RECHENANSATZE

3D	Keine Erläuterung	WERT
	10.2.2021 14:07 AG 1TKe8alebBbwVzOvKPBcNz	8,408
	10.2.2021 14:07 AG 3m5_6h4uXAXvBoFETks_Vb	7,683
	10.2.2021 14:07 AG 1tzViciS14RxxUQwvzNbyd	3,634
	10.2.2021 14:07 AG 0exT9AIyb9EQZSniXHdOFF	8,408
	10.2.2021 14:07 AG 0exT9AIyb9EQZSniXHd09z	9,309
	10.2.2021 14:07 AG 1RFkyCSSf5pupOHgr1z6FP	509,117

POSITIONSTEXT NACHRICHTEN

19:50 Safari

Ortbeton Bodenplatte, d = 60 cm

19:54

Beton der Einzel- und Streifenfundamente

Fundament:FB-FU-STB ...
Beton - unbewehrt

19:56

Beton der Einzel- und Streifenfundamente

Wandfundament:FB-FU-...
Stahlbeton - Ortbeton

Volumen=
10,872 m³
In Position bereits abgerechnet
0,000 m³ (0 %)

Abmessungen

Breite
3

Fläche
18.120

GLOBALID
3m5_6h4uXAXvBoEk\$ks_Sf

Höhe Vermessung oben
-0.250

Höhe Vermessung unten



Quelle: NOVA AVA Aufmaß App

BIMcontracts

- Leistungen können abgelehnt werden oder es erfolgt eine Mängelerfassung inkl. eines Einbehalts

The screenshot displays the BIMcontracts software interface. On the left, a 3D model of a building is shown. The main area is divided into two sections: 'Leistungsprüfung' (Performance Check) and 'Mängelmeldung' (Defect Report).

Leistungsprüfung

Wählen Sie Abrechnungseinheiten aus

Beschreibung	Menge	Status	Preis
Gründung	1	Abnahme erfolgt	344.424,27 €
Erdgeschoss	1	ANNAHME VERBODEN warte auf Nacherfüllung seit einer Stunde	316.112,04 €
1.Obergeschoss	1	ANNAHME VERBODEN warte auf Nacherfüllung seit 8 Minuten	305.357,44 €
2.Obergeschoss	1	ANNAHME VERBODEN Eingang außerhalb des Systems erforderlich	320.105,46 €
3.Obergeschoss	1	ANNAHME VERBODEN Eingang außerhalb des Systems erforderlich	114.195,12 €

Mängelmeldung

Technischer Mangel

Titel: Zulage Decke EG

Nacherfüllung gewünscht

Bezeichnung: Zulage-Bewehrung auf der Filigrandecke nicht gem. Statik

Werkungsbeschreibung: EG

Erreicht in %: 30%

bewehrung-decke.jpg

ABRECHNEN SENDEN

Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

- Auftragnehmer kann sich die Mängeldokumentation anschauen
- Mängel können als beseitigt gemeldet werden
- Abgelehnte Leistungen können erneut gemeldet werden

FERTIGSTELLUNGSMELDUNG | SCHLUSSRECHNUNG

Auswahl aufheben

MANGEL ALS BESEITIGT MELDEN

Abrechnungseinheiten

Es ist 1 Element ausgewählt.

Abrechnungseinheit	Beschreibung	Status	Preis
<input type="checkbox"/>	Gründung	Abnahme erfolgt	344.424,07 €
<input checked="" type="checkbox"/>	Erdgeschoss	Mangel gemeldet Ende der Nachfrist: in 2 Monaten (29.11.2022)	316.112,04 €
<input type="checkbox"/>	1. Obergeschoss	Mangel gemeldet Ende der Nachfrist: in 2 Monaten (29.11.2022)	305.357,44 €
<input type="checkbox"/>	2. Obergeschoss	ABGELEHNT VERMISST Eingung außerhalb des Systems erforderlich	320.105,46 €
<input type="checkbox"/>	3. Obergeschoss	ABGELEHNT VERMISST Eingung außerhalb des Systems erforderlich	116.195,12 €
<input type="checkbox"/>	Dach	Fertigstellungsmeldung möglich ab sofort	118.026,94 €

Items per page: 10000 1 - 12 of 12

Abschlussvermerk

Optionaler Vermerk zu dieser Fertigstellungsmeldung

Abchlussvermerk:

Mängel EG Decke beheben

29 / 255

Anhänge

Fügen Sie der Fertigstellungsmeldung optional Anhänge hinzu

HERUNTERLADEN

Mangel

Status: Mangel gerügt

Ablauf Nachfrist: in 2 Monaten (29.11.2022)

Letzte Änderung: vor einer Stunde

Ausbezahl: gesamt: 221.278,43 € (70%)

Einbezahl: gesamt: 94.833,61 € (30%)

Mängel als beseitigt melden

Fertigstellungsmeldung

Datum: 06.10.2022

Kommentar: Zulage-Bewehrung auf der Filigrandecke nicht gem. Stanb.

Mängelanzeige: Zulage Decke EG

Melder: maria.freundlieb

Ausbezahl: 70%

Einbezahl: 30%

Mangeltyp: Technischer Mangel

Meldungsdatum: 06.10.2022

Fälligkeitsdatum: 2022-11-29

Tage bis zur Prüffrist: in 2 Monaten

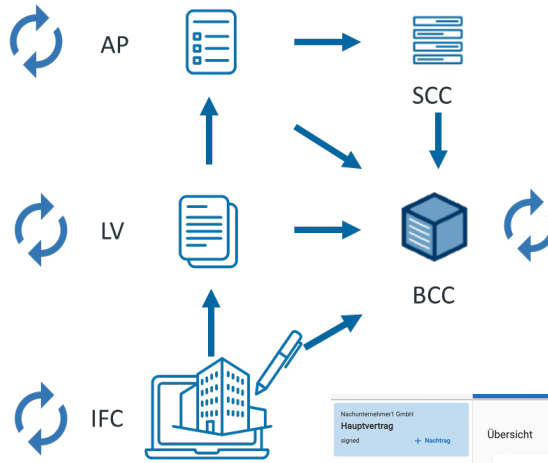
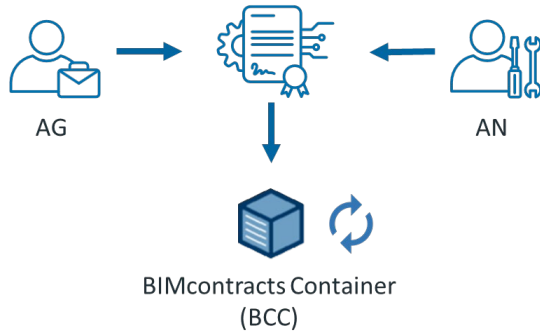
Verantwortungsbeschreibung: EG

Kommentar: Zulage-Bewehrung auf der Filigrandecke nicht gem. Stanb.

Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

- Bei nicht vorgesehenen Änderungen (Sachnachträge) muss ein Nachtragsangebot vereinbart werden



Vertragsdaten

Gewerk	Nachtrag
Beschreibung	Das ist der Nachtrag
Ausführungsbegren	29.10.2022
Ausführungsende	19.11.2022
Auftragsvolumen	202.020,00 €
Auftragnehmer	Auftraggeber

3D-Modell

fehlt

Leistungsverzeichnis

fehlt

Abrechnungsplan

fehlt

Quelle: www.bimcontracts.de

BIMcontracts

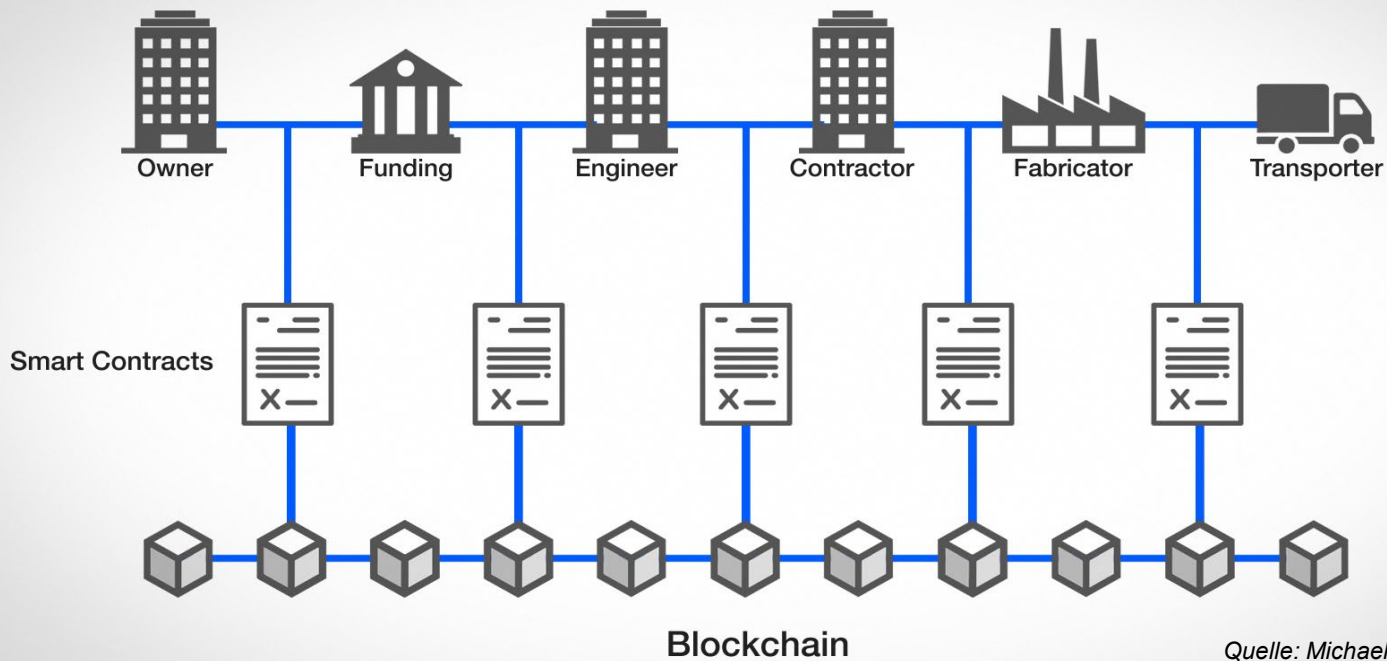
- Abnahme ist eine Fertigstellungsmeldung (Abnahmeaufforderung)
 - keine offenen Abrechnungseinheiten
 - Abnahme kann verweigert werden
 - weitere Mängel können erfasst werden
- Nach der Erklärung der Abnahme wird eine Schlussrechnung im System generiert, abzüglich
 - getätigter Abschlagszahlungen und Einbehalte
 - aller beim Vertragsabschluss vereinbarten Kosten (Nachlässe, Versicherungen etc.)

Aktuelle Herausforderungen

- Technische Komplexität bei der Implementierung von Smart Contracts
- Integration von Smart Contracts in bestehende Systeme
- Juristische Rahmenbedingungen sind noch zu klären
- Personenbezogene Daten dürfen nicht in der Blockchain abgelegt werden
- Aufbauen von Vertrauen in Technologie für eine breite Akzeptanz



Quelle: Dirk Leopold, <https://blogs.itemis.com/>



Quelle: Michael Matthews VP, Ensto

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

ANWENDUNGEN UND POTENTIALE VON BIM-BASIERTEN SMART CONTRACTS IM BAUWESEN

Prof. Dr.-Ing. Markus König