

Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis

Berichtszeitraum: 01.01.2021 – 31.12.2021	Förderkennzeichen/Aktenzeichen: 36-3400.7/110
<u>Vorhabenbezeichnung:</u> Zuwendung des Landes Baden-Württemberg zur Projektförderung des Vorhabens „Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB“	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2021 – 31.12.2021	

1 Ausgangssituation

Ziel des 12-monatigen Verbundprojektes KI4VPB - Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung war die Erstellung einer Plattform, die wesentliche Prozesse der Bauplanung digitalisiert und durch den Einsatz von KI vereinfacht. Prozesse wie Datenfusion, Validierung und in Teilen Verifikation sollen in diesem virtuellen und automatisierten Planungsbüro zunächst teilautonom bzw. nach Abschluss der Anlernphase autonom bzw. selbstlernend umgesetzt werden. Der (erstmalige) Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Erkennung und Verwaltung von Bauplänen über eine webbasierte Plattform mit autonomer Integrationsfunktionalität sollen bei den Konsortialpartnern zu Qualitätsgewinnen, erheblichen Prozessoptimierungen, Einsparpotenzialen und neuen Wertschöpfungsmodellen führen. Im Ergebnis des Projektes wird Bauträgern oder vergleichbaren Zielgruppen eine zentrale KI-gestützte Plattform zur teilautomatisierten Verwaltung, Datenveredelung sowie der intelligenten Bereitstellung von Bauplänen (Plandaten) angeboten werden können. Für die Umsetzung des Projektvorhabens waren die folgenden Arbeitspakete bzw. Meilensteine vorgesehen.

#	Lead	AP Titel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP1	bwcon	Anforderungsanalyse												
AP2	UMA	KI-Konzipierung, Training												
AP3	Chain	KI-Anwendung												
AP4	d-serv	KI-Pilotierung												
AP5	Loidl	Business Plan, Verwertungskonzept												
AP6	d-serv	PoC Produktivumgebung												
AP7	bwcon	Projektleitung												

Abbildung 1: Übersicht Projektplan

Die für den Berichtszeitraum vorgesehenen Aktivitäten wurden planmäßig durchgeführt und die vorgesehenen Meilensteine erreicht.

M 1: Anforderungsdokumentation + KI-Konzept

M 2: Umsetzungs-Report + Business Plan

2 Projektergebnisse

Nachfolgenden werden die Projektergebnisse inklusive wesentliche Abweichungen zur ursprünglichen Planung per Arbeitspaket aufgeschlüsselt dargestellt.

2.1 Anforderungsanalyse

Zur Erstellung von nutzenstiftenden Softwarelösungen sind in den letzten Jahren die rein ingenieurmäßigen Herangehensweisen des Requirement-Engineerings um Methoden des nutzerzentrierten und agilen Software-Entwurfs erweitert worden. Die nutzerorientierte Umsetzung einer Innovation – sei es ein neues Software-Produkt oder ein neuer Software-basierter Service – kann man grob in drei Phasen unterteilen: Strategische Orientierung über Design-Thinking-Workshops, Nutzerorientiertes Design der Software-Lösung und einhergehende, Agile Entwicklung der Software. Gegenstand dieses Projektes sind insbesondere die Phasen 2 und 3, die unter dem Begriff Lean UX zusammengefasst werden. Hier haben sich in den letzten Jahren formalisierte nutzerorientierte Methoden der Konzeption und der Umsetzung etabliert, die iterativ in mehreren aufeinander abfolgenden Zyklen ausgeführt werden.

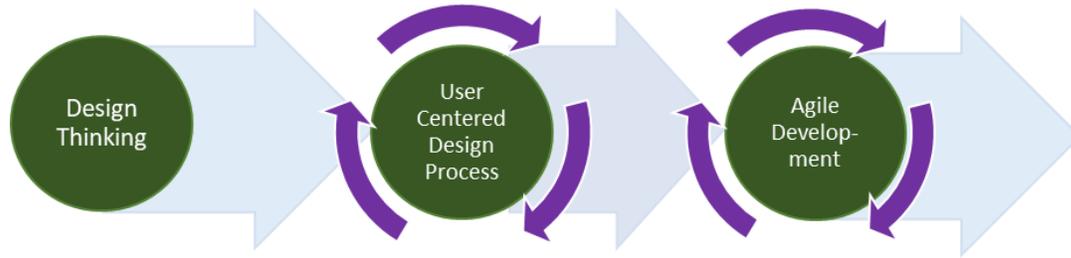


Abbildung 2: Lean UX Ansatz

Kernpunkt ist hier, dass sich die Arbeiten an den Bedürfnissen der zukünftigen Nutzer leiten lassen. Nutzerorientierte Konzeptionsarbeiten zum Design der Ziel-Anwendung und in der Regel agil gesteuerte Softwareentwicklungsarbeiten wechseln einander ab. Inkrementell und iterativ werden auf diese Weise die innovativen Ideen umgesetzt und der Nutzergruppe zur Erprobung übergeben. In dieser Weise werden auch die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und die softwaretechnische Realisierung im Projekt KI4VPB durchgeführt. Der nutzerorientierte Designprozesses der intendierten Software-Lösung wurde mittels Methoden und Werkzeuge strukturiert, die feingranular Nutzerverhalten und -bedürfnis und die technischen Realisierungsmöglichkeiten spezifizieren.

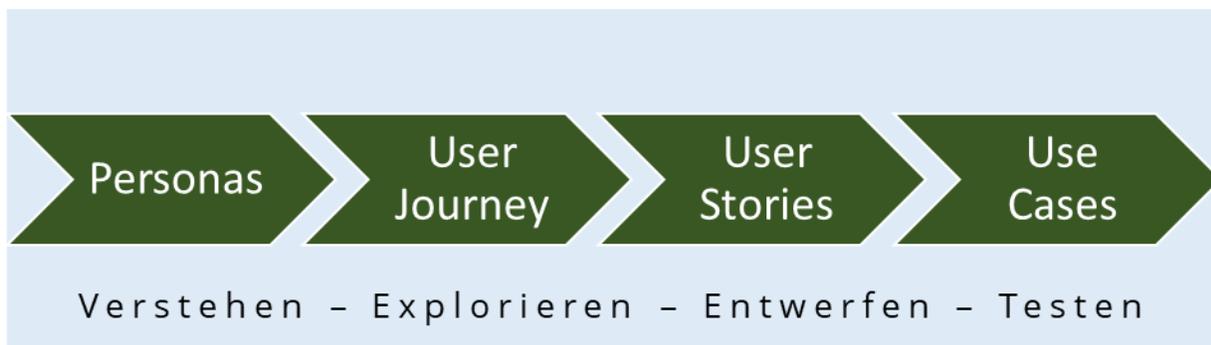
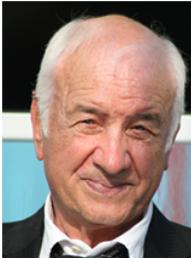


Abbildung 3: nutzerorientierter Designprozesses

Der nutzerorientierte Designprozess durchlief iterativ wiederholt diese Phasen: Verstehen, Explorieren, Entwerfen und Testen. Diese Phasen wurden mit konkreten Arbeitsschritten unterlegt, die in regelmäßigen Workshops (Teilnehmer aus den Gruppen Nutzer/Planer/Architekten/Bauingenieure, KI-Entwickler, SW-Entwickler, SW-Designer, Projektleiter) absolviert worden sind. Als Arbeitsergebnisse liegen jeweils methodisch klar strukturierte Anforderungsdokumentation vor 1. die Definition von Personas, 2. die Ausformulierung von User Stories, 3. deren eventuelle Zusammenfassung zu Epics, 4. die Durchführung des Customer/User Journey Mapping und 4. die Ableitung von Use Cases. Die dokumentierten Nutzeranforderungen und Nutzungsszenarien steuern nun die Entwicklungsarbeiten der KI-Algorithmen und der SW-Gesamtlösung Für das technische Zusammenspiel der einzelnen Komponenten der SW-Lösung wurden das folgende IT-Blueprint entworfen, das auch die verschiedenen Nutzerrollen benennt. Gemeinsam mit der Zielgruppe wurden die Nutzerrollen: "Armin Architekt", "Bernd Bauzeichner" und "Fritz Fachplaner" als relevante Anwendergruppe identifiziert. Für jeden der Nutzer wurden Personamodelle (Abb. 5) erarbeitet, welche Demografische Fakten und Rollen, Bedürfnisse und Ziele, Aufgaben, Fertigkeiten und Fähigkeiten, Herausforderungen und Besonderheiten beinhalten. Darauf aufbauend wurde im nächsten Schritt die sogenannte Customer Journey gestartet, um die einzelnen Touchpoints der einzelnen Nutzer mit der anvisierten Lösung zu erfassen. Dafür kamen sechs Einzelschritte zur Anwendung: Persona auswählen; Schritte bei der Nutzung beschreiben; Storyboard entwerfen (gestalte eine kleine Skizze zu jedem Step); Erstellung eine Swimlane (Die Grenze zwischen Online- und Offline-Wahrnehmung ist fließend.); Bewertung der Emotional Lane; Bewertung der Dramatic Arc.

User Journey Mapping										
Persona (Name Position Unternehmen) Arnim - Architekt										
	7:00	8:00	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	13:00
JOURNEY STATES	Vorentwurfsphase	Entwurfsphase		Genehmigungsphase		Ausführungsphase 1	Ausführungsphase 2		Abschlussphase	
Tätigkeiten	Auf Papier zeichnen	gibt mehrere Varianten zum Digitalisieren an Bauzeichner	Prüft digitalisierte Entwürfe. Auf einen Entwurf festlegen Weiterleiten der Entwürfe	Pläne aus der Plattform bereitstellen und Genehmigung in Plattform ablegen		Erstellt Ausführungspläne, leitet an Fachplaner weiter	Prüft die Planung der Fachplaner und ausführenden Firmen	Über PDF-Tool kann er direkt Markups in Pläne eintragen und an Plattform übergeben		
Herausforderungen										

Abbildung 4: Auszug Ergebnisse User Journey Mapping



Aufgaben

Szenarien, Prozesse, Tätigkeiten, Verantwortlichkeiten.

- Vorgaben des Bauherren planerisch erfassen und umsetzen
- Koordination zwischen einzelnen Gewerken/Fachingenieuren
- Fungiert oft als Hauptplaner
- Kollisionsprüfung

Fertigkeiten und Fähigkeiten

Stärken, Talente, Charaktermerkmale, Kenntnisse.

- Räumliches Vorstellungsvermögen + Denken
- Bedürfnisse des Bauherren verstehen und umsetzen können
- Idealerweise – organisatorisch geschickt

Name: **Armin**
 Alter: 48
 Position/Rolle: **Architekt**
 Unternehmen: **Architekturbüro**

Herausforderungen

Probleme, Bedenken, Überzeugungen.

- Am Anfang so gut wie möglich planen, um spätere Planänderungen zu minimieren

Besonderheiten

Was wurde noch nicht erwähnt?

- Arbeitet auf Basis von Werkvertrag, jede Planänderungen kostet ihm unmittelbar Geld
- Wenig Interesse an Planänderungen

Abbildung 5: Auszug Ergebnisse Personamodelle

2.2 KI-Konzeptionierung, Training

In Bezug auf die in AP1 identifizierten Anforderungen teilt sich die momentan realisierte KI-Konzipierung in zwei logische Bereiche auf, welche in einem zusätzlichen Schritt zusammengeführt werden sollen. Im Speziellen wird die Plan-Plausibilisierung durch die Extraktion von Metadaten und die Plan-Kategorisierung durchgeführt. Für die Metadaten Extraktion wurde die Anwendung von konventionellen Texterkennungsmethoden (OCR) realisiert, um relevante Textstellen in den Plan Dokumenten zu identifizieren. Die Plankategorisierung erfolgt durch den Einsatz von Convolutional Neural Networks (CNN) in Verbindung mit Fully Connected Neural Networks (FCN), welche standardmäßig im Bereich der Bildklassifikation eingesetzt werden. Die Zusammenführung soll auf Ebene der Plankategorisierung erfolgen, indem spezielle Text Variablen zur Architektur der Kategorisierung hinzugefügt werden.

2.2.1 Texterkennung

Die Texterkennung erfolgt durch das Anwenden einer LSTM-Architektur, welche eine spezielle Architektur der Recurrent Neural Networks ist. Sie ist für die Verarbeitung von sequenziellen Daten ausgelegt. Als Fehlerfunktion kommt CTC-Loss zum Einsatz. The Chainless hatte vor diesem Projekt bereits Erfahrung mit Methoden zur Texterkennung sammeln können. Hierbei wurde sich allerdings auf sogenannten Szenen-Text fokussiert. Dabei wurden OCR-Methoden auf reale Szenen in Videodaten von Rundfunkanstalten angewandt. Die Herausforderung dieses Projektes war es, dieses Wissen auf die Domäne von Bauplänen zu transferieren, die sich viel mehr klassischen Textdokumenten ähneln. Die folgende Illustration zeigt eine Veranschaulichung der Texterkennungs-Pipeline.

**Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis**

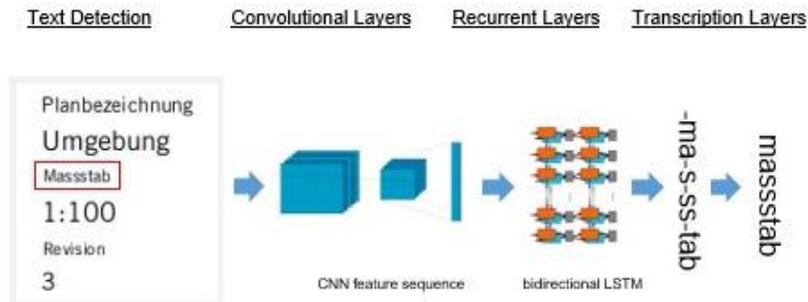


Abbildung 6: Texterkennungspipeline

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde das LSTM-Modell mit synthetisch hergestellten Daten trainiert. Die Trainingsdaten enthalten Textdokumente mit unterschiedlichen Schriftarten und -größen. Dabei wurden zufällige Wörter aus einem deutschen Wörterbuch auf ein Bild mit weißem Hintergrund platziert. Diese Textdaten-Erzeugungs-Pipeline ermöglicht uns im Rahmen dieses Projekts ohne großen Aufwand einen beliebig großen Trainingsdatensatz für die Texterkennung aufzubauen.

Die Anwendung der Texterkennung teilt sich in drei Schritte auf: 1. Lokalisierung von Text (detection); 2. Erkennung von Text (recognition); 3. Verstehen des Textes. Im letzten Schritt der Pipeline werden erkannte Wörter mit einem vordefinierten Wörterbuch abgeglichen. Der Text wird nach dem Vorkommen von Schlagwörtern, wie "Massstab" und "Planart" durchsucht und dabei mit dem dazugehörigen Wert in Verbindung gebracht (Bsp.: "Massstab = 1:100").

Aufgrund der enormen Bildgröße, die aus dem Plandokument resultiert, fallen einige Textelemente sehr klein aus. Dies wiederum bereitet der Texterkennungs-Algorithmen einige Probleme, diesen kleinen Text korrekt zu identifizieren. Zusätzlich haben Baupläne die Eigenschaft, dass sich Textelemente von ihrer Größe her sehr unterscheiden. Die bestmögliche Bedingung bei der Anwendung der Modelle ist eine einheitliche Schriftgröße über das Dokument hinweg. In der ersten Validierung der KI-Prototypisierung wurde die Performance des Modells mit der Open Source Implementierung "Tesseract" verglichen. Bei kleinen Textelementen hat das Tesseract-Modell unsere Erkennungsleistung etwas übertroffen, da hier variable Eingangsgrößen der Bilddaten möglich sind. Im aktuellen Prototyp wird auf das Open Source Modell zurückgegriffen. Im weiteren Verlauf des Projektes wird das eigene LSTM-Modell mit zusätzlichen Trainingsdaten erweitert und die Performance bei kleinen Textelementen verbessert. Eine weitere Herausforderung stellt die Strukturierung von bestimmten Plänen dar. Es kann in den Daten vorkommen, dass mehrere Plankategorien in einem Gesamtplan vorkommen (das Wort "Schnitt" in einem Grundriss). Somit kann das System sich nicht einfach auf das Vorkommen des Wortes verlassen. Im weiteren Verlauf des Projektes soll hier die Position des Wortes und ein einfaches Regelwerk mit einfließen.

2.2.2 Kategorisierung

Die Plankategorisierung erfolgt durch das Anwenden einer CNN+FCN Architektur im Bereich der Bildklassifikation. Die Eingabe in das Modell sind Pläne, welche vorab zu Bildern konvertiert werden. Das Modell besteht aus einer Basis CNN Architektur („Backbone“), die durch die Anwendung von verschiedenen Filtern Zwischenrepräsentationen eines Plans erstellt. Diese Repräsentationen werden zur finalen Kategorisierung einem FCN übergeben. Im Prozess des „Trainings“ werden die Filter der „Backbone“ Architektur und die Parameter des FCN angelemt. Die Ausgabe des Modells ist eine Liste mit Konfidenzen für jede Plankategorie, wobei eine hohe Konfidenz den Glauben des Modells widerspiegelt, dass diese Kategorie im Plan dargestellt wird. Die folgende Illustration zeigt eine Veranschaulichung einer CNN+FCN Architektur.

Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis

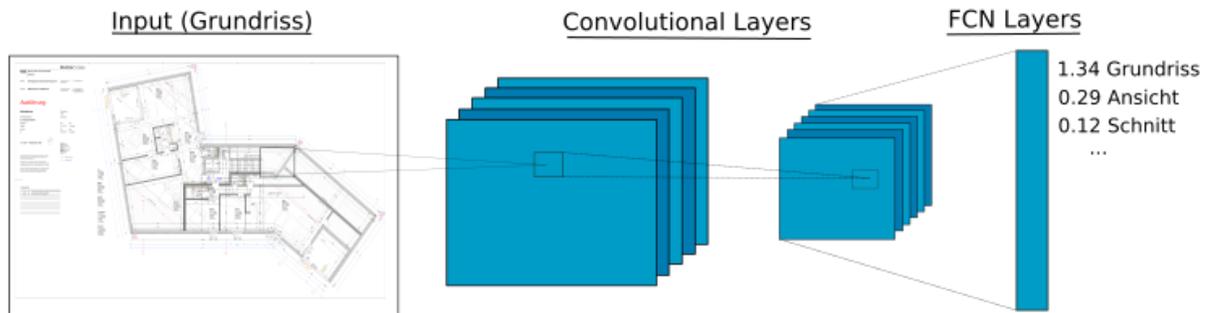


Abbildung 7: Veranschaulichung Bildklassifikation

Die experimentellen Erfordernisse ergeben sich insbesondere in Bezug auf die Auswahl der „Backbone“ Architektur und die Spezifikation der Trainings Parameter, beispielsweise die Lern-Intensität („Learning-Rate“). Hierbei wurden im Verlauf des Projektes mehr als 800 Grafikkarten-Stunden Rechenzeit aufgewendet.

Im Verlauf der KI-Prototypisierung in Bezug auf die Kategorisierung konnten die Plangröße und die visuelle Ambivalenz für einige Pläne und Kategorien als größte Herausforderungen identifiziert werden. Nach dem Konvertieren der Plandokumente in Bildformate sind resultierende Auflösungen von 12000x18000 keine Seltenheit. Dies stellt eine erhebliche Diskrepanz zu gängigen, in der Forschung genutzten Auflösungen dar und induziert einen Trade-off bezüglich Rechenzeit und vorhandener Bildinformation. Die Bilder auf eine Größe von 224x224 komprimieren, eine übliche Auflösung für bekannte Backbone Architekturen, würde einen großen Teil von relevanter Bildinformation verlieren. Da die Pläne in ihrer Ursprungsgröße jedoch nicht verarbeitet werden können, hat sich das Komprimieren der größeren Seite auf 800 Pixel als vorteilhaft erwiesen. Weiterhin hat sich beim detaillierten Sichten und Analysieren des Datensatzes gezeigt, dass Ambivalenz innerhalb und Similarität zwischen Plankategorien bestehen kann. So kann die Kategorie „Schnitt“ beispielsweise den Ausschnitt eines gesamten Gebäudes oder mehrere kleine Teil-Ausschnitte von unterschiedlichen Gebäudeteilen darstellen. Das Letztere kann jedoch auch von der „Detail“ Kategorie dargestellt werden. Die „Ansicht“ Kategorie stellt in ihrer gängigen Form die Sicht von außen auf ein Gebäude dar, es finden sich jedoch auch Pläne dieser Kategorie bei denen lediglich die Sicht auf einzelne Türen abgebildet ist. Erneut sind jedoch für diesen Typ von Plänen auch einige mit der Kategorie „Detail“ markiert. In Bezug auf die Trainingsstrategien wurde versucht diesen Herausforderungen mit „Data-Augmentation“ und „Data-Cropping“ Methoden zu entgegnen welche die Robustheit der Modelle signifikant verbessert hat.

Da die Auswertung der Datenlage mit den Domänenexperten ergab, dass für die Plankategorisierung entsprechende Textstellen eines Plans entscheidende Informationen liefern können, sollten diese auch in Bezug auf die KI-Konzipierung für die Kategorisierung genutzt werden. Beispielsweise beinhaltet der Plankopf gelegentlich direkt die Information, welche Kategorie in einem Plan dargestellt wird. In anderen Fällen ist das direkte Erwähnen einer Plankategorie jedoch lediglich ein Verweis zu einem zusätzlichen Plandokument. Deshalb wurden verschiedene Strategien empirisch getestet, um die Kategorisierung anhand von Text Informationen zu verbessern. Ein einfaches Keyword Matching stellte sich als fehleranfällig dar weshalb auf einfache Lernverfahren wie z. B. eine logistische Regression mit selbstdefinierten Variablen zurückgegriffen wurde. Hierbei wurden verschiedene Aspekte wie die Textgröße für das Erstellen der Variablen berücksichtigt. Zwar konnten in Bezug auf Teilmengen von ausgewählten Variablen substantielle Kategorisierungsergebnisse auf den Evaluierungsdaten festgestellt werden, diese waren jedoch nicht ausreichend, um die Deep-Learning basierte Kategorisierung zu verbessern, welche für sich genommen bereits gute Ergebnisse liefert

Das zu Projektende bereitgestellte, auf reinem Deep-Learning basierende Modell ist ein Zusammenschritt von auf unterschiedlichen Bildgrößen trainierten CNN+FCN Architekturen welche Konfidenzen für die Plankategorien ausgibt. Hierbei wurden im Training Daten spezifische Cropping und Augmentierungsmethoden angewendet. Weiterhin wurde eine Kalibrierungsheuristik angewandt, um zu entscheiden, ob der jeweilige Plan aus mehreren Kategorien besteht. Die Genauigkeit (Accuracy) des Modells lag zum Ende des Projektes bei circa 90% in Bezug auf bereinigte Evaluierungsdaten.

2.2.3 Datenlage

Die zum Training verwendeten Pläne stammen aus realen und oftmals bereits abgeschlossenen Projekten. Die Kategorisierung erfolgte bereits während der Planungsphase durch die Planer selbst. Der Planbestand liegt meist über alle Planungsphasen vor und umfasst alle gängigen Planarten (z.B. Grundriss, Schnitte, Details, etc.). Daraus wurden

Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis

Metadaten ermittelt, die zur Unterstützung der Planerkennung in der Trainingsphase verwendet werden. So kann z.B. die Erkennung des Maßstabs dazu verwendet werden, einen Grundriss von einem Lageplan zu unterscheiden.

In der Trainingsphase haben wir festgestellt, dass ca. 10-15% der Pläne durch den Planer falsch kategorisiert wurden. Diese falschen Zuordnungen müssen erkannt und korrigiert werden. Ca. 10% der Pläne können nicht eindeutig kategorisiert werden, da sie mehrere Planarten enthalten. Dieser Umstand muss technisch und/oder organisatorisch berücksichtigt werden. Während der Projektphase sollen bereits Pilot-Nutzer auf die Plattform Zugriff erhalten, um Leistungsfähigkeit zu testen und die Usability zu prüfen. Hierzu sind bereits Erstkontakte geknüpft worden.

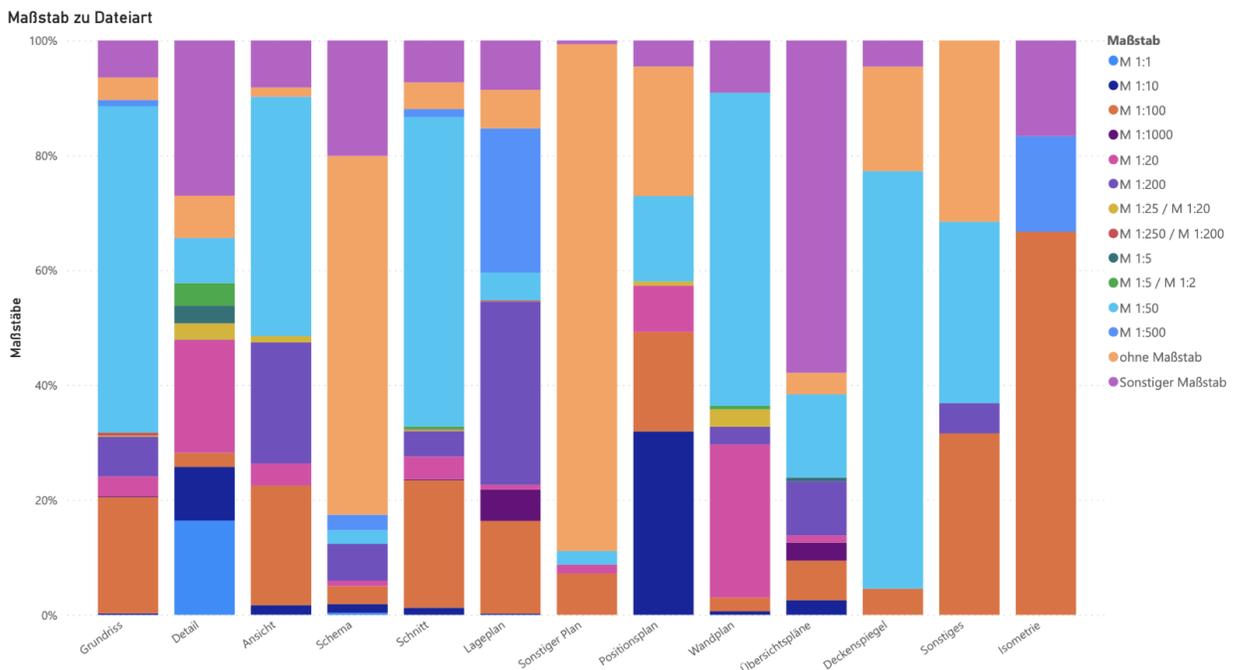
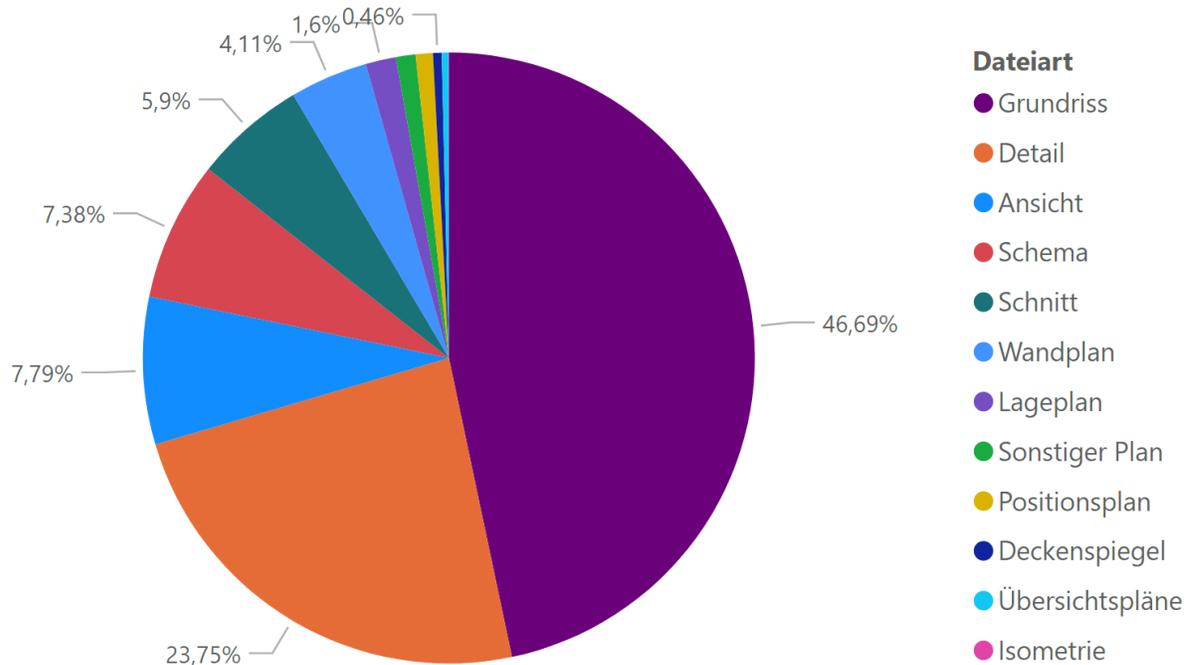


Abbildung 8: Darstellung Planartenverteilung

2.3 KI-Anwendung

Die in zuvor vorgestellten KI-Algorithmen werden als KI-Service der BauKI-Plattform bereitgestellt. Diese Separierung ermöglicht die modulare Erweiterung des KI-Services. Dabei kommt das bereits vorhandene Softwaresystem "DeepVA" von The Chainless zum Einsatz, welches durch ein Analysemodul und die Möglichkeit zur Verarbeitung von großen PDF-Dateien in diesem Projekt erweitert wurde.

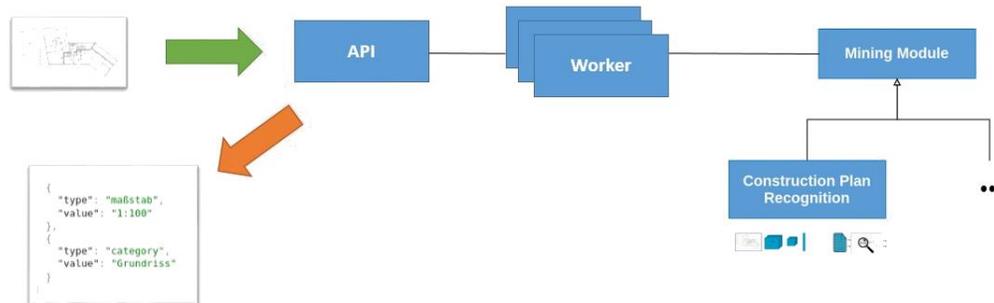


Abbildung 9: Softwarearchitektur

Die Software-Architektur wurde skalierbar entworfen. Die Worker-Komponente übernimmt die eigentliche Analyse von PDF-Dateien und kann bei Bedarf hochskaliert werden, um den Analysedurchsatz zu steigern. Die komplette Backend Code Base basiert auf Python 3 und konnte somit die ebenfalls in Python geschriebenen KI-Algorithmen integrieren. Das System ist dockerisiert und kann in der Cloud oder in der Kunden-eigenen Infrastruktur (On-Premise) laufen. Die Container Orchestrierung wird von Kubernetes übernommen und ermöglicht den reibungslosen produktiven Einsatz des Systems. Die Funktionen des KI-Services werden über eine Ressourcen-orientierte RESTful-Schnittstelle bereitgestellt. Drittanwendungen, wie die BauKI-Plattform von d-serv, können diese über herkömmliche Webtechnologien ansprechen und Analyseaufträge in Auftrag geben. Das Analyseergebnis kann über die Schnittstelle angefordert werden und liegt im JSON-Format vor. Das Ergebnis beinhaltet den aus dem Plankopf extrahierten Maßstab (via OCR) und die Kategorisierung des Plans (via CNN Klassifikation). Die Ergebnisse werden auf die BauKI-Plattform dargestellt und aufgelistet. Über die Plattform werden Baupläne nach Labels und Keywords gesucht. Nach Bedarf kann man Metadaten nachträglich anpassen. Der Analyseauftrag kann dann neu angestoßen werden, um einen Lerneffekt zu bewirken. Baupläne, die als PDF-Dateien vorliegen, werden dem KI-Service über eine signierte URL von der BauKI-Plattform bereitgestellt. Vor der Verarbeitung werden die PDF-Dateien in ein Bild umgewandelt und von den Workern verarbeitet.

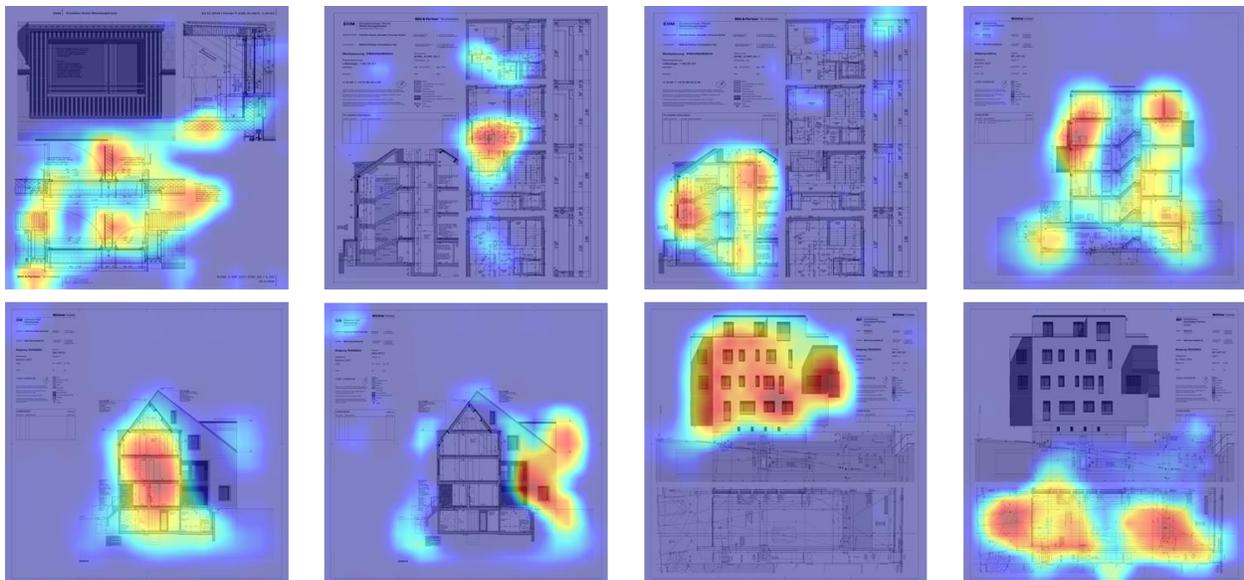


Abbildung 10: Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM) Darstellung

2.4 KI-Pilotierung

**Projektförderung:
 Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
 bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
 Schlussverwendungsnachweis**

In Regelmäßigen Abstimmungen mit The Chainless wird die Schnittstelle zwischen KI-Service und BauKI-Plattform entwickelt und stetig angepasst. Es wurden bereits Test für die Übertragung von Metadaten vorgenommen und die Darstellung dieser Metadaten auf der Plattform getestet. Die Plattform wurde als Mandant in der Entwicklungsumgebung der d-serv bereitgestellt. Die Standard Module für den Upload von Plänen, Planverwaltung und die Workflow Verwaltung bereitgestellt. Die Datenbank wird erweitert und in Hinblick auf die Anforderung (Dateigröße und Informationstiefe) hin optimiert. Eine Datenbank, die dynamisch anpassbar ist, wird angestrebt. Eine Benutzerverwaltung, die feingranulare Zugriffsrechte auf Pläne und Module der Plattform bietet ist z.T. bereits vorhanden und wird im Laufe des Projektes weiter auf die Anforderungen (Gruppen, Rollen und Workflow Berechtigungen) verfeinert. Die Entwicklung der Funktionen und die Integration der Rest-API Schnittstelle erfolgt innerhalb der bereitgestellten Entwicklungsumgebung. Die Anbindung der KI-Services findet innerhalb der Entwicklungsumgebung statt. Während der Implementierung kann der Datenaustausch, die Speicherung und die Reaktionszeit überprüft und implementiert werden. Die Implementierung erfolgt auf Basis bereitgestellter Testdaten. Die d-serv hat anhand der UX Workshops und in Anlehnung an bereits im Markt etablierten Projektplattformen (Baubranche) eine auf Axure basierende Benutzeroberfläche inkl. sämtlich für die Entwicklung relevanten Elemente erstellt. Die Entwicklung der Plattform und der Benutzeroberfläche kann somit arbeitsteilig durchgeführt werden. Das Design und die GUI der BauKI-Plattform wird weitgehend dem in der Präsentation gezeigtem Mockup entsprechen. Untersucht und getestet wird derzeit die Darstellung der Metadaten in Listenform als einzelne Spalten oder als Block. Vorgesehen ist, dass Pläne auf der BauKI-Plattform bereitgestellt und anschließend automatisch an die KI übertragen werden. Die KI verarbeitet die so erhaltenen Pläne und übermittelt sein Ergebnis an die Plattform in Form von Metadaten. Ungeklärt ist noch, wie ggf. korrigierte Metadaten zurück an die KI übertragen werden können, so dass die KI stetig weiterlernt.

Im Rahmen der Pilotierung wurden den Konsortialpartner in einer sehr frühen Phase bereits Benutzeraccounts eingerichtet um die Anforderungen und die Workflows in einer Pilotumgebung zu testen und Rückmeldung zur Benutzerführung, Navigation, Perfomance, etc. zu geben. Aktuell werden Benutzeraccount für Pilotanwender und Interessenten manuell angelegt. In einer weiteren Ausbaustufe wird die Plattform über ein SelfSignIn-Service Funktionalitäten für mehr Pilotanwender und Interessenten bereitstellen.

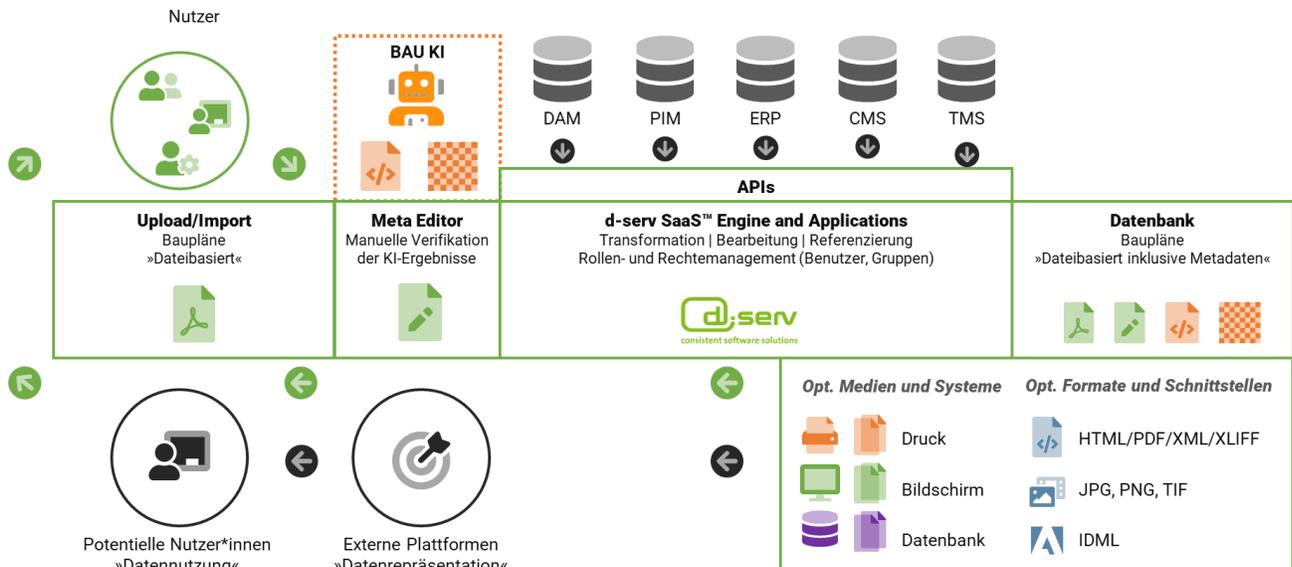


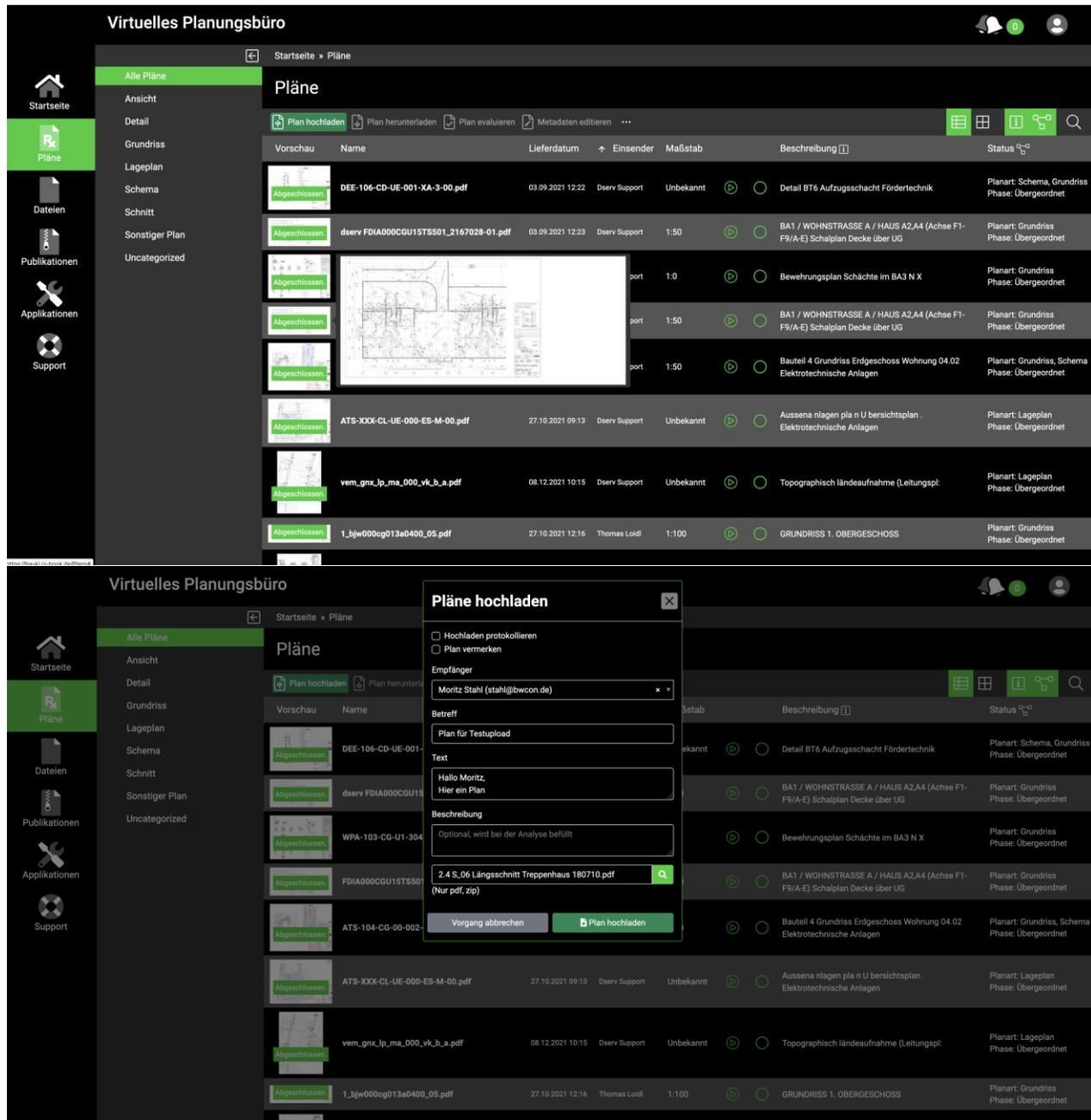
Abbildung 11: Plattformarchitektur

2.6 PoC Produktivumgebung

Die Plattform des "Virtuellen Planungsbüros" basiert auf der d-serv ci-book-Plattform. Für dieses Projekt wurden die relevanten Funktionen (orientiert an bestehenden Projektplattformen in der Baubranche) wie z.B. Benutzer- und Rechteverwaltung, Metadateneditierung und –speicherung, Upload und Downloadfunktionalitäten, Workflows, Visualisierung und Darstellung der Dokumenten- und Benutzerspezifischen Metadaten und Informationen in der Benutzeroberfläche entwickelt.

Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis

Konzeptionell wurde berücksichtigt, dass das virtuelle Planungsbüro als Gesamtpaket (Plattform + KI) bereitgestellt oder als BauKI-Service an bereits vorhandene Plattformen angeschlossen werden kann. Außerdem ist es möglich, die Plattform kundenspezifisch anzupassen. Durch die Trennung von Softwarearchitektur und Benutzeroberfläche ist die nahtlose Integration in Bereits vorhandene Unternehmensumgebungen schnell zu realisieren. Während der Entwicklung wurde Wert darauf gelegt, dass künftig Module (auch von Drittanbietern) aktiviert und deaktiviert werden können - in Abhängigkeit vom Lizenzmodell. Hiermit ist sichergestellt, dass die Plattform ausgebaut werden kann und zukünftige Anforderungen und Funktionalitäten berücksichtigt werden. Die Plattform wurde für die Verwaltung großer Dokumentenbestände (nicht nur Pläne) ausgelegt. Werden Pläne hochgeladen, werden diese automatisch der KI zugeführt. Der Fokus lag auf die Entwicklung eines Standardproduktes welches sich auch schnell, direkt und ohne Anpassungen nutzen lässt. Über folgenden Link ist die Plattform des virtuellen Planungsbüros erreichbar: <https://bauki.ci-book.de> Benutzername und Passwort können wir auf Anfrage bereitstellen.



The screenshot displays the 'Virtuelles Planungsbüro' interface. On the left is a navigation sidebar with options like 'Startseite', 'Pläne', 'Dateien', 'Publikationen', 'Applikationen', and 'Support'. The main area shows a table of plans with columns for 'Vorschau', 'Name', 'Lieferdatum', 'Einsender', 'Maßstab', 'Beschreibung', and 'Status'. A modal dialog titled 'Pläne hochladen' is open, allowing users to upload files. The dialog includes checkboxes for 'Hochladen protokollieren' and 'Plan vermerken', a recipient dropdown (Moritz Stahl), a subject field, a text area, and a description field. A search bar is also present in the dialog.

Vorschau	Name	Lieferdatum	Einsender	Maßstab	Beschreibung	Status
	DEE-106-CD-UE-001-XA-3-00.pdf	03.09.2021 12:22	Dserv Support	Unbekannt	Detail BT6 Aufzugschacht Fördertechnik	Planart: Schema, Grundriss Phase: Übergeordnet
	dserv FDIA000CGU1STS01_2167028-01.pdf	03.09.2021 12:23	Dserv Support	1:50	BA1 / WOHNSTRASSE A / HAUS A2,A4 (Achse F1-F9/A-E) Schalplan Decke über UG	Planart: Grundriss Phase: Übergeordnet
	BA1 / WOHNSTRASSE A / HAUS A2,A4 (Achse F1-F9/A-E) Schalplan Decke über UG			1:0	Bewehrungsplan Schächte im BA3 N X	Planart: Grundriss Phase: Übergeordnet
	BA1 / WOHNSTRASSE A / HAUS A2,A4 (Achse F1-F9/A-E) Schalplan Decke über UG			1:50	BA1 / WOHNSTRASSE A / HAUS A2,A4 (Achse F1-F9/A-E) Schalplan Decke über UG	Planart: Grundriss Phase: Übergeordnet
	Bauteil 4 Grundriss Erdgeschoss Wohnung 04.02 Elektrotechnische Anlagen			1:50	Bauteil 4 Grundriss Erdgeschoss Wohnung 04.02 Elektrotechnische Anlagen	Planart: Grundriss, Schema Phase: Übergeordnet
	ATS-XXX-CL-UE-000-ES-M-00.pdf	27.10.2021 09:13	Dserv Support	Unbekannt	Aussena nagen pla n U berichtsplan . Elektrotechnische Anlagen	Planart: Lageplan Phase: Übergeordnet
	vem_gnx_lp_ma_000_vk_b_a.pdf	08.12.2021 10:15	Dserv Support	Unbekannt	Topographisch ländeaufnahme (Leitungspl.	Planart: Lageplan Phase: Übergeordnet
	1_bjw000cg013a0400_05.pdf	27.10.2021 12:16	Thomas Loidl	1:100	GRUNDRISS 1. OBERGESCHOSS	Planart: Grundriss Phase: Übergeordnet

**Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis**

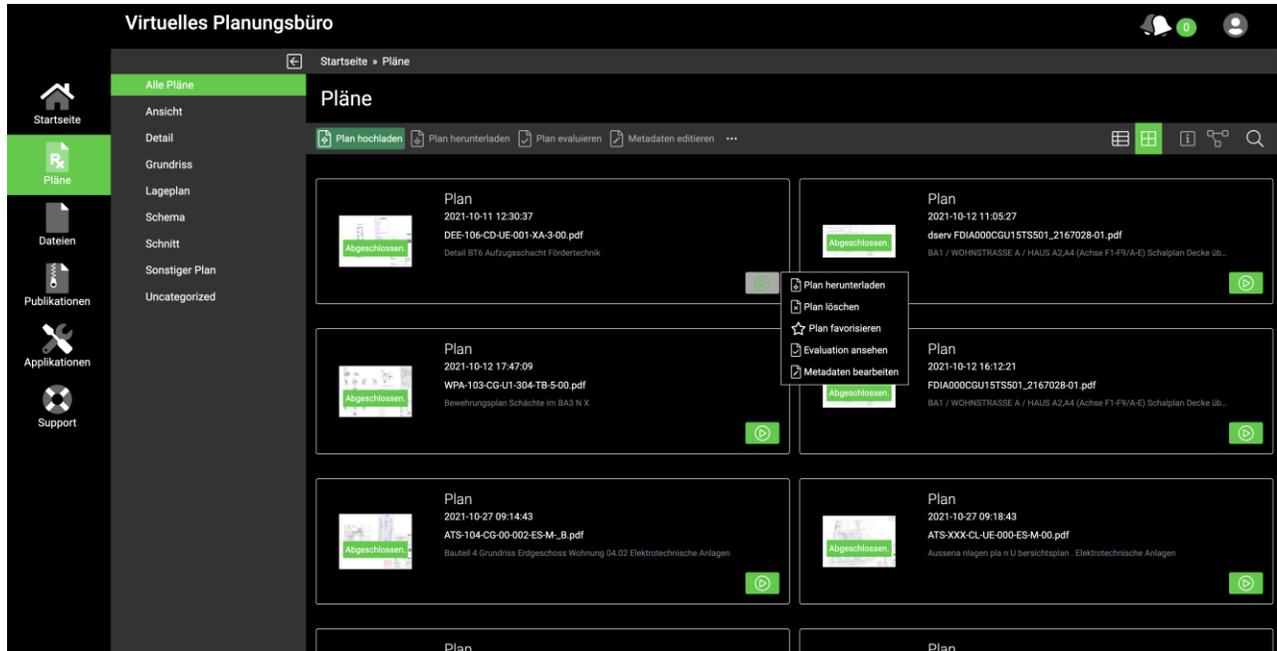


Abbildung 12: Auszüge aus Produktivumgebung

3 Verwertung und Ergebnisverbreitung

Bereits während der Projektlaufzeit wurden Gelegenheiten wahrgenommen, die Projektidee sowie den aktuellen Umsetzungsstand von KI4VPB zu präsentieren. Im Rahmen des hybriden Techbreakfasts „Kompetenzen für die digitale Arbeitswelt von heute und morgen?“ im Vorfeld des Hightech Summits 2021, rückte Dr. Carsten Günther das Projekt in den Fokus seines Vortrags zur Bedeutung von KI für die unternehmerische Zukunft.



Abbildung 13: Vortrag Dr. Carsten Günther

Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis

Das Projekt inklusive Beschreibung und Zielsetzung wurde auf den Websites der Projektpartner platziert. Ebenso werden wir den Abschlussbericht dort zeitnah einsehbar sein (<https://www.bwcon.de/bwcon-research-ggmbh/projekte/virtuelles-planungsbuero-bau-ki-gestuetzte-planerfassung-und-plausibilisierung-ki4vpb>; <https://www.institute-for-enterprise-systems.de/index.php?id=65&L=0>; <https://dserv.de/produkte/virtuelles-planungsbuero-bauki>, <https://deepva.ai/>; <http://www.loidl-gmbh.de/>)

Ferner hat d-serv eine Produktwebsite „Virtuelles Planungsbüro | BauKI“¹ eingerichtet welche unter anderem gepaart mit dem Produktsteckbrief² zum Vertrieb und der Akquise von Kunden und Wegbegleitung für die Weiterentwicklung eingesetzt wird.

Das virtuelle Planungsbüro wurde von d-serv, im Rahmen von Projektpräsentationen, Unternehmen aus der Baubranche (Projektentwickler, Bauträger, Projektsteuerer, etc. vorgestellt. Im Rahmen dieser Präsentationen wurden LOIs für einen zukünftiges gemeinsames Projekt zugesagt und vereinbart.

Im Zuge des zu Beginn vorgestellten nutzerzentrierten Ansatzes des KI4VPB Projekts, fanden in verschiedenen Etappen des Projektverlaufs Gespräche mit potenziellen Anwendern und Kunden statt. Dies diente auf der einen Seite dazu, eine auf die Bedürfnisse der Zielgruppe abgestimmte Lösung mit relevanten Funktionalitäten zu entwickeln und auf der anderen Seite bereits zur Auslotung von Vertriebsoptionen und späteren Verwertungsmöglichkeiten. Dabei fanden Gespräche mit Akteuren entlang der gesamten “Wertschöpfungskette” der KI4VPB-Plattform statt. Darunter Unternehmen aus dem Bereich der Projektsteuerung, welche einerseits große heterogene Datenbestände besitzen, welche für eine Optimierung und Weiterentwicklung notwendig wären. Und auf der anderen Seite als Kunden, da genau die Problematik der manuellen Verschlagwortung und zeitaufwendigen Kategorisierung im Arbeitsalltag zum Ausdruck gebracht wurde, welche das Projektkonsortium durch die KI4VPB-Plattform lösen kann. Ebenfalls auf positive Resonanz stießen Vorstellungen des Projektes bei Projektraum- und Datenraumlösungsbetreiber, welche die Funktionalitäten der KI4BPV-Plattform perspektivisch in ihr Produktportfolio aufnehmen könnten. Weitere Gespräche mit relevanten Akteuren aus den Netzwerken der Partner sind angesetzt.

ThinkProject Conclude	TP Conclude verfolgte dieses Thema ebenfalls in der Vergangenheit, hat es aber auf Grund zu hoher Komplexität keine Lösung entwickelt. Sie sind daher an unserem Produkt sehr interessiert und wollen es per Schnittstelle bei einem ersten Pilotprojekt testen und mit uns gemeinsam weiterentwickeln.
Fraport / AirIT (Awaro)	Es wurden Gespräche mit dem Dokumentenmanager von Fraport geführt. Fraport ist offen für neue Technologien. Ein Testzugang auf unsere Plattform wird in Kürze bereitgestellt.
IQ Real Estate	Sieht als Projektsteuerer die Notwendigkeit und Vorteile unseres Produkts in Großprojekten. Ein Testzugang auf unsere Plattform wird in Kürze bereitgestellt.
Messe Köln	Die Messe Köln hat als Betreiber und Bauherr aktuell keinen Bedarf.
brz Organisation und Bauinformatik	Ist an einer gemeinsamen Weiterentwicklung interessiert. Ein Testzugang auf unsere Plattform wird in Kürze bereitgestellt.
Sweco	Nach einer ersten Präsentation in der Niederlassung Stuttgart ist Interesse für eine Zusammenarbeit vorhanden. Es folgt eine Präsentation für die Sweco-Zentrale in Deutschland.

Table 1: Übersicht Anwender/Kundengespräche

4 Transferkonzept und wirtschaftliche Verwertung

Durch die Förderung ist es dem Projektkonsortium innerhalb der 12 Monate gelungen, ein funktionierendes Produkt zu entwickeln, welches bereits die Darstellungen und Informationen eines Bauplanes erfassen und auswerten kann. Es ist bereits möglich, in einem Plan zwischen Planinhalt und Plankopf zu differenzieren, im Planinhalt die Darstellungsart des Plans zu erkennen sowie im Plankopf Informationen wie Beschreibung, Maßstab, Index etc. auszulesen. Dabei ist die Position des Plankopfs im Plan nicht relevant. Die Planerkennung funktioniert auch mit gescannten Plänen, wodurch zum Beispiel Planbestände in Papierform erfasst und ausgewertet werden können. Die Bau-KI wertet die bereitgestellten Pläne einzeln aus und übergibt die ausgelesenen Metadaten zurück an die Plattform. Die Plattform ordnet anschließend die Metadaten dem entsprechenden Plan zu.

Das Kunden- und Anwenderfeedback zeigte jedoch auf, dass es für eine Markteinführung der KI4VPB-Plattform noch einige Optimierungsschritte und funktionale Erweiterungen erforderlich sind, welche generell technologisch realisierbar, jedoch nicht innerhalb der Projektlaufzeit möglich sind. Nichtsdestotrotz ist das Projektkonsortium davon überzeugt,

¹ <https://dserv.de/produkte/virtuelles-planungsbuero-bauki/>

² https://dserv.de/wp-content/uploads/2022/02/d-serv-gmbh_virtuelles-planungsbuero-BauKI-kurzfassung_v5.pdf

**Projektförderung:
Virtuelles Planungsbüro Bau – KI-gestützte Planerfassung und Plausibilisierung– KI4VPB
bwcon research gGmbH, Seyfferstraße 34, 70197 Stuttgart
Schlussverwendungsnachweis**

das Vorhaben weiter voranzutreiben und entsprechende Schritte durchzuführen, damit eine Marktreife und vermarktbare KI4VPB-Plattform entsteht.

Dafür wurde durch das Projektkonsortium³ ein gemeinsamer Antrag zur Förderung der Weiterentwicklung im Rahmen des Programmes Invest BW - Teil II gestellt. Eine Bewilligung würde es dem Konsortium ermöglichen, innerhalb der 24-monatigen Projektlaufzeit, die KI4VPB-Plattform zur Marktreife zu überführen und ferner zusätzlich zu Bauplänen, die semantische Klassifikation und Verschlagwortung von allen in einem Bauvorhaben anfallenden und erstellten Dokumenten zu realisieren. Flankierend dazu wurden Förderprogramme auf Bundesebene identifiziert (KMU-Innovativ, Zukunft Bau), welche weitere Möglichkeiten zur Folgeförderung darstellen könnten, sobald die Rückmeldung zum Invest-BW Antrag vorliegt; respektive die Fördermittel, die aktuell ausgesetzt sind, wieder beantragt werden können.

Flankierend dazu, haben die Projektpartner beschlossen, die KI4VPB-Plattform unter Führung der d-serv GmbH weiter zu betreiben. Die Mittel zum derzeitigen Betrieb werden durch die Projektpartner gestellt. Es finden weiter Regelabstimmungstermine mit allen Projektpartnern statt. Ziel ist es, die KI4VPB-Plattform einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren. Dafür sind bereits einige Veranstaltungsformate in naher Zukunft angesetzt. Parallel versucht das Projektkonsortium über Vertriebsmaßnahmen relevante Multiplikatoren anzusprechen, die die im Projekt entwickelte Lösung überregional in ihren Netzwerken bekannt machen. Erfolgsversprechend in diesem Sinne könnte die Ansprache von Wirtschaftsförderern und kommunalen Akteuren, Verbänden, Handelskammern und Digitalisierungsbeauftragten sein.

Um Kundenaufträge bereits heute annehmen zu können, dient die d-serv GmbH aktuell als Gesicht nach außen. Das Projektkonsortium ist aktuell im Prozess mögliche Betreibermodelle zu eruieren. Dabei kommen z.B. Serviceverträge unter den Partnern, die gemeinsame Unternehmensgründung oder ein Genossenschaftsmodell in Betracht. Nächste Schritte werden aufbauend auf den Ergebnissen der Folgeförderungsaktivitäten erfolgen.

5 Resümee

Die intensive und durchaus positive und produktive Zusammenarbeit des Projektkonsortiums hat sich auf in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit fortgesetzt. Vertreter aller Partner nehmen an einem wöchentlichen, einstündigen Regelaustauschtermin teil. Dieser beinhaltet u.a. Statusberichte aller Partner und bietet Raum zur Diskussion – insbesondere der Übertrag von wissenschaftlichen Methoden auf praxisrelevante, projektbezogene Fragestellungen wird fokussiert. Die Regelaustauschtermine werden fortlaufend protokolliert. Ferner werden die Abstimmungsrunden zur inhaltlichen Koordination zur Sicherstellung der Meilensteine und Koordination der Aktivitäten zwischen den APs; bzw. des Erreichens der globalen Projektziele genutzt. Für die projektinterne Kommunikation sowie zum Datenaustausch und Datenspeicherung wurde ein MS-Teams Channel eingerichtet. Die administrative Koordination fokussiert sich auf die Bereiche Mittelabruf, formale Kommunikation mit dem Auftraggeber und das Berichtswesen.

Der Wissenstransfer zwischen den Partnern ist rückblickend als hoch zu bewerten. So war eine der ersten gemeinsamen Aktivitäten im Projekt eine "Schulung" über Bauprozesse, Bauplanarten, Ablagesysteme etc. durchgeführt von den Domänenexperten im Konsortium, bei der alle Partner teilnahmen. Durch den gemeinsamen wöchentlichen Austausch sowie die Arbeitspaketspezifischen bilateralen Abstimmungen der Partner, wurden die Parteien mit den Tätigkeiten und Expertisen der anderen Projektteilnehmer vertraut und bündelten diese Expertisen regelmäßig, um die spezifischen Herausforderungen in der Projektumsetzung zu meistern.

Rückblickend ist das Projekt von allen Beteiligten als Erfolg zu bewerten. Alle Partner hoffen auf die Möglichkeit, diesen guten gemeinsamen Start auch in Zukunft mit gleichem personellem Einsatz durch die Unterstützung eines Förder- oder Forschungsprogrammes fortsetzen zu dürfen.



Stuttgart, 17.02.2022

i.A. Moritz Stahl
Leiter Forschung bwcon research gGmbH

³ Dr. Carsten Günther ist durch die Codefy GmbH Teil dieses Konsortiums.