

**Integration vermessungstechnischer Prozesse in
QGIS: Analyse und Entwicklung am Beispiel eines
Informationssystems für Fortführungsdokumente
(FODIS)**

**Integration of Surveying Processes in QGIS: Analysis and
Development Using the Example of an Information System on
Continuation Documents (FODIS)**

**Masterarbeit
im Studiengang Geoinformationwissenschaften
an der Jade Hochschule Oldenburg**

18. Dezember 2024

Eingereicht von: Inga Lütjens
Matrikelnummer: 6032141

1. Prüfer: Prof. Dr. Thomas Brinkhoff
Jade Hochschule Oldenburg

2. Prüfer: Dr. Marcel Ziems
Landesamt für Geoinformation und
Landesvermessung Niedersachsen

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	II
Codeverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	2
2.1 APIs für Geoservices	2
2.1.1 OGC Web Service Standards	2
2.1.2 REST	3
2.1.3 OGC API	3
2.1.4 SOAP und OpenAPI	4
2.1.5 STAC	5
2.2 QGIS als Entwicklungsumgebung	7
2.2.1 Plugins	7
2.2.2 Python-Interpreter	8
2.2.3 Serverumgebung und andere Interpreter	8
2.2.4 STAC API Browser	9
2.3 Gesetzliche und interne Vorschriften	12
2.3.1 Niedersächsische Digitalisierungs- und Informationssicherheitsgesetz	12
2.3.2 Niedersächsisches Gesetz über das amtliche Vermessungswesen	13
2.3.3 LiegVermErlass	14
2.4 Historische Dokumente im Liegenschaftskataster	17
2.4.1 FODIS	18
2.4.2 Vermessungstechnische Prozesse	21
2.4.3 VermGraf	23
2.5 Usability	24
2.5.1 ISO-Standard	24
2.5.2 Nutzerzentrierte Gestaltung	25
3 Methodik und Konzept	25
3.1 IST-Analyse	26
3.1.1 Neuausrichtung IT-Infrastruktur des LGLN	26
3.1.2 Neuentwicklung FODIS	28
3.1.3 Identity & Access Management System	32
3.1.4 FODIS-REST-API	32
3.1.5 FODIS STAC	35
3.2 Grundlegende Konzeption	40
3.3 Konzeption für Dokumentensuche	41

3.4	Konzeption für Dokumentenerstellung	51
3.5	Konzeption für Attributierung und Upload	58
4	Implementierung in QGIS	62
4.1	Implementierung für Dokumentensuche	62
4.2	Implementierung für Dokumentenerstellung	68
4.3	Implementierung für Attributierung und Upload	73
5	Ergebnisse und Evaluation	76
5.1	Dokumentensuche	76
5.2	Dokumentenerstellung	79
5.3	Attributierung und Upload	80
5.4	Zusammenfassung	81
6	Fazit und Ausblick	82
	Literaturverzeichnis	84
A	Dokumente in FODIS	88
A.1	Dokumente des Liegenschaftskatasters	88
A.2	Dokumente des Netz-Liegenschaftskatasters	89
A.3	Dokumente des Landesbezugssystems	90
B	Fachkonzept FODIS 2.0	91
B.1	Dokumentenarten und Dokumententypen FODIS 2.0	91
B.2	Attribute Fachkonzept FODIS 2.0	95
B.3	Attribute zu Dokumententypen FODIS 2.0	97
	Dokumentation der Verwendung generativer KI-Systeme	99
	Eidesstattliche Erklärung	99

Abbildungsverzeichnis

1	Struktur STAC	6
2	STAC API Browser Suchkriterien	10
3	STAC API Browser Ergebnisliste	11
4	STAC API Browser Assets	12
5	Musterfortführungsriß (Anlage 8 Niedersachsen, 2021 o.S.)	15
6	Musteraufnahmepunktbeschreibung (Anlage 4 Niedersachsen, 2021 o.S.)	17
7	Benennungsprinzip Dokumente des Liegenschaftskatasters (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 61)	18
8	Erste FODIS Architektur	19
9	FODIS Architektur Stand 2021 (Henke und Clermont, 2021 o.S.)	20
10	Ablauf einer Vermessung	22
11	Architektur Neuentwicklung FODIS	29
12	Struktur FODIS STAC	35
13	FODIS Suche LGLN Viewer	42
14	FODIS Suche DiRA	43
15	Entwurf Anmeldung	45
16	Entwurf FODIS Dokumentensuche Fenster	46
17	Entwurf Ergebnisse FODIS Suche	47
18	Entwurf Merkliste erstellen	48
19	Entwurf Asset Anzeige	48
20	Objekte in VermGraf	52
21	Entwurf Dokumentenerstellung Startfenster	53
22	Entwurf Dokumentenerstellung Zeichenfenster	54
23	Entwurf Metadateneingabe Upload	59
24	Ablauf Dokumentenerstellung und Upload	61
25	Plugin Hauptfenster Dokumentensuche	64
26	Plugin Ergebnisdarstellung der Dokumentensuche	67
27	Plugin Asset Anzeige	67
28	Plugin Dokumentenerstellung Startfenster	69
29	Beschriftungsrotation Linien	70
30	Plugin Dokumentenerstellung Zeichenfenster	72
31	Plugin Metadateneingabe Upload	74
32	Dokumente des Liegenschaftskatasters (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 57)	88
33	Dokumente des Netz-Liegenschaftskatasters (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 59)	89
34	Dokumente des Landesbezugssystems (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 60)	90

Abkürzungsverzeichnis

AFIS	Amtliches Festpunktinformationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
API	Application Programming Interface
ASL	Auskunftssystem Liegenschaftskataster
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CQL	Common Query Language
DiRA	Digitales Rissarchiv
FODIS	Fortführungsdokumenteinformationssystem
GIS	Geoinformationssystem
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAM	Identity & Access Management
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen
LiegVermErl	Erlass zur Erhebung von Geobasisdaten durch Liegenschaftsvermessungen
NDIG	Niedersächsische Digitalisierungs- und Informationssicherheitsgesetz
NVermG	Niedersächsisches Gesetz über das amtliche Vermessungswesen
OGC	Open Geospatial Consortium
OZG	Onlinezugangsgesetz
ÖbVI	Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur
REST	Representational State Transfer
SOAP	Simple Object Access Protocol
STAC	SpatioTemporal Asset Catalog
URL	Uniform Resource Locator
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service
WPS	Web Processing Service

Codeverzeichnis

1	Beispiel Einfügen eines Dokuments	33
2	FODIS STAC Collection	37
3	FODIS STAC Item	39
4	AccessToken Aktualisierung	63
5	Auswahl der Suche anhand von Suchkriterien	65

Tabellenverzeichnis

1	Bisherige Dokumentenarten FODIS	31
2	Neue Dokumentenarten FODIS	31
3	Übersicht der Dokumentenarten und Dokumententypen FODIS 2.0	91
4	Übersicht Attribute in FODIS 2.0	95
5	Attributübersicht für ausgewählte Dokumenttypen FODIS 2.0	97

1 Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung stellt Unternehmen und Institutionen vor die Aufgabe, ihre Arbeits- und Geschäftsprozesse kontinuierlich zu überdenken und anzupassen. Landesverwaltungen, wie das Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN), stehen vor der Herausforderung, ihre IT-Infrastruktur und Arbeitsabläufe zu zukunftsfähigen Architekturen zu modernisieren. Dabei spielt die IT-Strategie eine zentrale Rolle, deren Ziel es ist, durchgängige, effiziente und nutzerfreundliche Prozesse zu schaffen, die gleichzeitig den Prinzipien der Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit entsprechen. Der Schwerpunkt liegt darauf, bislang voneinander getrennte Systeme zu vereinheitlichen oder in ein gemeinsames System zu überführen, um Medienbrüche zu vermeiden und die Effizienz zu steigern.

Ein wesentlicher Aspekt der IT-Strategie des LGLN ist die verstärkte Nutzung von Open-Source-Software, um von den kosteneffizienten, flexiblen und erweiterbaren Lösungen zu profitieren. In diesem Zusammenhang bietet sich QGIS als Anwendung für geobasierte Aufgaben an. Aufgrund seiner offenen Architektur und seiner modularen Erweiterbarkeit bietet QGIS eine ideale Grundlage den gesamten Vermessungsprozess der Katasterverwaltung in ein System zu integrieren. Gleichzeitig ermöglicht die Verwendung von QGIS die Schaffung einheitlicher Arbeitsabläufe, wodurch die Abhängigkeit von verschiedenen Spezialanwendungen reduziert werden kann. Derzeit erfolgt der Vermessungsprozess im LGLN noch über eine Vielzahl von separaten Fachanwendungen, die jeweils für spezifische Aufgaben in diesem Prozess zuständig sind. Dies führt nicht nur zu redundanten Daten und einem erhöhten Arbeitsaufwand, sondern steht auch den Zielen einer modernen IT-Infrastruktur entgegen. Ein Beispiel hierfür ist das Fortführungsdokumenteneinformationssystem (FODIS), das für die Verwaltung und Archivierung von Vermessungsdokumenten zuständig ist. Der Zugriff auf FODIS erfolgt über verschiedene, voneinander getrennte Anwendungen, die jeweils auf spezifische Arbeitsschritte ausgerichtet sind. Dieser Ansatz führt zu Medienbrüchen und erschwert eine nahtlose Zusammenarbeit innerhalb des Vermessungsprozesses.

Insgesamt soll der gesamte Vermessungsprozess des LGLN in QGIS abgebildet werden. Ziel dieser Arbeit ist es, die mit FODIS verbundenen Schritte dieses Prozesses in QGIS zu integrieren. Dazu gehören die Dokumentensuche, die Erstellung von Fortführungsdokumenten sowie der Upload der erstellten Dokumente. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Prüfung der Umsetzbarkeit dieser Schritte in QGIS. Dabei wird nicht auf das derzeit bestehende FODIS-System zurückgegriffen. Stattdessen basiert diese Arbeit auf der geplanten Neuentwicklung von FODIS, die sich aktuell noch in der Entwicklungsphase befindet. Dadurch können direkt zukunftsorientierte Lösungen entwickelt werden, die die geplanten Neuerungen von FODIS berücksichtigen und auf die langfristigen Anforderungen der Verwaltung und Archivierung der Vermessungsdokumente ausgelegt sind. Mit der Umsetzung der Funktionen – Dokumentensuche, Dokumentenerstellung, Dokumentenupload – in QGIS soll ein durchgängiger Workflow im Rahmen einer Liegenschaftsvermessung geschaffen werden, der den Anforderungen einer modernen IT-Strategie entspricht. Gleichzeitig soll die Arbeit als Grundlage für zukünftige Entwicklungen dienen.

2 Grundlagen

Dieses Kapitel soll einen Einblick in die Themen geben, welche die Grundlagen dieser Arbeit darstellen. Zunächst werden die relevanten Standards für Geodaten und Schnittstellen erläutert, da diese eine zentrale Rolle bei der Anbindung und Nutzung von Geodaten in QGIS spielen. Ein besonderer Fokus liegt auf den verschiedenen Schnittstellen und Application Programming Interfaces (APIs), mit denen in dieser Arbeit der Zugriff auf die FODIS-Dokumente durch QGIS realisiert werden kann. Danach wird QGIS vorgestellt, wobei besonders auf die Erweiterbarkeit eingegangen wird. Darüber hinaus werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen, die für diese Arbeit von Bedeutung sind, beschrieben, sowie ein exemplarischer Ablauf einer Liegenschaftsvermessung gezeigt. Schließlich wird auf die Bedeutung von Usability und ergonomischen Aspekten in der Softwareentwicklung eingegangen. Diese sind von zentraler Bedeutung, um eine benutzerfreundliche Integration neuer Funktionen in bestehende Arbeitsabläufe sicherzustellen und die Effizienz bei der Nutzung von QGIS im LGLN zu erhöhen. Insgesamt spielt Usability in dieser Arbeit aber eine eher untergeordnete Rolle.

2.1 APIs für Geoservices

Im Kontext von Geoinformationssystemen (GIS) spielen API- und Geodatenstandards eine zentrale Rolle für die Interoperabilität und den Austausch von räumlichen Daten zwischen unterschiedlichen Systemen. Durch die Einhaltung standardisierter Schnittstellen und Protokolle wird sichergestellt, dass Geodaten effizient zwischen verschiedenen Anwendungen und Plattformen übertragen und verarbeitet werden können. Die folgenden Abschnitte beleuchten einige der wichtigsten API- und Datenstandards, die in dieser Arbeit von Bedeutung sind.

2.1.1 OGC Web Service Standards

Die Open Geospatial Consortium (OGC) Web Service Standards sind offene Standards zur Bereitstellung und Verarbeitung von Geodaten über das Internet. Wichtige OGC-Standards umfassen:

- **Web Map Service (WMS):** Dient zur Bereitstellung von Karten als Rasterbilder, die ausschließlich zur Visualisierung genutzt werden können. Diese Bilder werden in verschiedenen Maßstäben und Formaten geliefert, sind jedoch nicht direkt für weitergehende Analysen geeignet, da sie keine zugrunde liegenden Geodaten enthalten (Open Geospatial Consortium, 2006 o.S.).
- **Web Feature Service (WFS):** Stellt Vektordaten in Form von Features bereit, die für weitere Bearbeitungen und Analysen verwendet werden können. Die Daten enthalten genaue geometrische und attributive Informationen (Open Geospatial Consortium, 2005 o.S.).
- **Web Coverage Service (WCS):** Ermöglicht den Zugriff auf Rasterdaten in Form von „Coverages“, die echte Geodaten enthalten und für weitergehende Analysen genutzt werden können. Anders als beim WMS sind hier die zugrunde liegenden Werte, beispielsweise

Temperatur oder Höhe, direkt verfügbar, wodurch eine detaillierte Weiterverarbeitung möglich ist (Open Geospatial Consortium, 2003 o.S.).

- **Web Processing Service (WPS):** Bietet die Möglichkeit, geografische Analysen und Modellierungen als Webdienste bereitzustellen. Damit können komplexe Berechnungen serverseitig ausgeführt werden (Open Geospatial Consortium, 2007 o.S.).

Diese Standards basieren hauptsächlich auf Hypertext Transfer Protocol (HTTP) und XML und fördern die Interoperabilität zwischen GIS-Systemen.

2.1.2 REST

Representational State Transfer (REST) ist ein Architekturprinzip für verteilte Systeme, das Roy Fielding im Jahr 2000 beschrieb und das sich als Standard für Web-APIs etabliert hat. REST folgt einer client-server-basierten Struktur und nutzt das HTTP-Protokoll zur Interaktion mit Ressourcen, die über eindeutige Uniform Resource Locator (URL) identifiziert werden. Die Hauptmethoden zur Manipulation dieser Ressourcen sind GET, POST, PUT und DELETE (Fielding und Taylor, 2000: 407).

REST beruht auf mehreren Kernprinzipien:

- **Client-Server-Architektur:** Eine klare Trennung von Benutzeroberfläche und Backend-Logik für mehr Skalierbarkeit (Wu und Zhu, 2016: 156).
- **Statelessness:** Jede Anfrage enthält alle nötigen Informationen; es wird kein Sitzungszustand auf dem Server gespeichert, was die Skalierbarkeit fördert (Wu und Zhu, 2016: 156).
- **Cachebarkeit:** Antworten können cachebar sein, um die Effizienz zu steigern (Fielding und Taylor, 2000: 407).
- **Einheitliche Schnittstelle:** Eine standardisierte Schnittstelle sorgt für Interoperabilität, wobei Ressourcen über eindeutige URLs angesprochen werden (Wu und Zhu, 2016: 156).

REST hat sich als leistungsfähig für Web-APIs bewährt, insbesondere in Microservices-Architekturen. Seine Einfachheit und Effizienz machen es zu einer idealen Wahl für Anwendungen, die eine klare und skalierbare Interaktion benötigen.

2.1.3 OGC API

Die OGC API ist eine moderne Schnittstelle zur Bereitstellung von Geodiensten, die auf REST-Architektur und JSON-Format basiert. Sie stellt eine Weiterentwicklung der klassischen OGC-Dienste (Kapitel 2.1.1) dar und bietet eine leichtere Implementierung sowie eine bessere Integration in moderne Web- und Cloud-Umgebungen.

Vorteile der OGC API

Die OGC API vereinfacht die Nutzung und Implementierung von Geoservices erheblich und verbessert die Interoperabilität in verteilten Systemen (Moßgraber et al., 2022: 60f):

- **REST-basierte Architektur:** Anfragen erfolgen über REST-Methoden wie GET, POST, PUT und DELETE, was die Kommunikation zwischen Client und Server erleichtert.
- **Leichtgewichtige Datenformate:** JSON und GeoJSON ermöglichen eine einfache und effiziente Handhabung von Geodaten in Webanwendungen.

Dabei werden viele verschiedene Komponenten definiert. Im Folgenden werden einige von ihnen kurz vorgestellt (Open Geospatial Consortium, 2024b: o.S.):

- **OGC API – Features:** Ermöglicht den Zugriff auf Vektordaten und unterstützt Abfragen und Bearbeitungen von Geo-Features in Formaten wie GeoJSON. Diese Spezifikation stellt eine moderne Alternative zum WFS dar.
- **OGC API – Processes:** Bietet die Möglichkeit, geografische Prozesse und Analysen als Webdienst bereitzustellen. Es ersetzt den traditionellen WPS durch eine REST-basierte API.
- **OGC API – Tiles:** Stellt Kartenkacheln für den Zugriff auf kachelbasierte Darstellungen von Geodaten bereit, ähnlich dem Web Map Tile Service (WMTS).
- **OGC API – Records:** Diese Spezifikation dient der Verwaltung und Abfrage von Metadaten zu Geodaten und -diensten.

Im Gegensatz zu älteren OGC-Standards wie WMS und WFS bietet die OGC API eine leichtere Handhabung und Integration. Sie verwendet moderne Webstandards und ist besser geeignet für Microservices-Architekturen und Cloud-Umgebungen (Moßgraber et al., 2022: 60).

2.1.4 SOAP und OpenAPI

Simple Object Access Protocol (SOAP) ist ein älteres Protokoll für den Nachrichtenaustausch zwischen Anwendungen, das in vielen Bereichen zur Kommunikation zwischen Webdiensten verwendet wird. Im Gegensatz zu leichteren Protokollen wie REST, die oft JSON verwenden, basiert SOAP auf XML und ist durch eine strikte Spezifikation definiert. Es wird häufig in Umgebungen verwendet, die eine hohe Sicherheit, Transaktionsunterstützung und erweiterte Fehlermanagement-Funktionen erfordern (Tihomirovs und Grabis, 2016: 92, 96).

OpenAPI ist ein Standard, der es ermöglicht, REST-basierte Web-APIs in einer maschinenlesbaren und gut dokumentierten Weise zu beschreiben. Die OpenAPI-Spezifikation beschreibt die Struktur und die Funktionalitäten einer API und enthält Informationen über die verfügbaren Endpunkte, die zu verwendenden HTTP-Methoden (wie GET, POST, PUT und DELETE), die erwarteten Eingaben und die erzeugten Ausgaben. Diese klare und standardisierte Beschreibung erleichtert die Nutzung, Integration und Weiterentwicklung von APIs erheblich und stellt eine Verbindung zwischen Entwicklern und Nutzern dar (OpenAPI Initiative, 2021 o.S.).

Ein wichtiger Vorteil von OpenAPI ist seine Maschinenlesbarkeit. Die OpenAPI-Spezifikation wird in JSON oder YAML geschrieben, was es sowohl Menschen als auch Maschinen ermöglicht, die API-Schnittstellen einfach zu verstehen und zu nutzen. Entwickler können mithilfe von

OpenAPI nicht nur eine ausführliche Dokumentation für ihre APIs erstellen, sondern auch automatisierte Werkzeuge nutzen, um aus den API-Spezifikationen Code-Generatoren, Testwerkzeuge und Schnittstellen für Client- und Serveranwendungen zu erzeugen. Diese Automatisierung reduziert den Aufwand für die manuelle Implementierung von APIs und minimiert das Risiko von Fehlern, die durch inkonsistente Dokumentation entstehen könnten (OpenAPI Initiative, 2021 o.S., Swagger, 2024 o.S.).

Zusammengefasst bietet OpenAPI eine standardisierte, effiziente und transparente Methode, um APIs zu definieren, zu dokumentieren und zu nutzen. Durch die Nutzung von OpenAPI können Datenanbieter ihre APIs für Entwickler und Nutzer strukturiert darstellen, was die Integration und Nutzung dieser Dienste in andere Systeme vereinfacht.

2.1.5 STAC

Der SpatioTemporal Asset Catalog (STAC) ist ein offener Standard, der entwickelt wurde, um die Veröffentlichung, Suche und den Zugriff auf große Mengen raum-zeitlicher Daten zu erleichtern. Der STAC-Standard besteht aus mehreren Spezifikationen, die die spezifischen Aufgaben und Strukturen der Komponenten beschreiben und sich ergänzen und aufeinander aufbauen, um eine umfassende Datenorganisation zu ermöglichen. Dazu gehören die STAC Catalog Spezifikation, die hierarchische Container strukturiert, STAC Collection Spezifikation, die es ermöglicht, zusammengehörende Datensätze zu bündeln, und die STAC Item Spezifikation, die die einzelnen Dateneinträge beschreibt und Metadaten sowie Verweise zu den Geodaten enthält. Die STAC API Spezifikation erweitert diese Strukturen um standardisierte Schnittstellen, wie die STAC-FastAPI, die den Zugriff und die Abfrage der Daten ermöglicht (Mohr, 2021 o.S., Mohr, 2024 o.S.).

Der STAC-Standard wurde speziell entwickelt, um den Austausch von Geodaten, insbesondere von Fernerkundungsdaten wie Satellitenbildern, zu erleichtern. Die zunehmende Menge an Geodaten, die durch Satelliten, Drohnen und andere Sensoren generiert werden, stellt für viele Organisationen eine Herausforderung dar. Diese Daten müssen in einer strukturierten Weise zugänglich gemacht werden, sodass sie effektiv durchsucht und genutzt werden können. Um dies zu ermöglichen, wurde STAC entwickelt, indem es eine standardisierte Methode bietet, auf diese Daten über eine einfach zu implementierende API zuzugreifen. Dabei speichert STAC nicht die eigentlichen Daten, sondern verweist lediglich auf diese (Mohr, 2021 o.S., Mohr, 2024 o.S., Zhao et al., 2021: 3781).

STAC nutzt dafür eine hierarchische Datenstruktur, die sich in drei Hauptelemente gliedert: Catalogs, Collections und Items. Ein Catalog repräsentiert einen übergeordneten Container, der verschiedene Sammlungen oder Datensätze umfasst. Jede Collection stellt eine Sammlung von Geodaten zu einem spezifischen Thema oder Projekt dar, wie beispielsweise Daten von einem bestimmten Satellitensensor oder einem bestimmten Zeitraum. Die Items innerhalb der Sammlungen sind einzelne Datensätze, die Assets enthalten. Diese wiederum verweisen durch Links auf die spezifischen Geodaten wie Bilder, LiDAR-Daten oder Vektordaten. Diese hierarchische

Struktur ermöglicht es Nutzern, große Datensätze einfach zu durchsuchen und gezielt auf die gewünschten Geodaten zuzugreifen (Abbildung 1). Dabei werden die einzelnen Elemente über Links miteinander verknüpft (Mohr, 2021 o.S., Mohr, 2024 o.S.). STAC definiert ein JSON-basiertes Format zur Beschreibung der Metadaten von Geodaten. Diese Metadaten enthalten Informationen wie den zeitlichen und räumlichen Umfang der Daten, die Quelle der Daten und Details zu den Dateien, die heruntergeladen oder verarbeitet werden können. Dabei werden nicht die Daten selbst in STAC gespeichert, sondern über die Metadaten organisiert und über Links zu den eigentlichen Daten verfügbar gemacht (Abbildung 1). Ein wichtiger Vorteil von STAC ist, dass es vollständig interoperabel mit anderen bestehenden Geodatenformaten wie GeoJSON ist. Diese Kompatibilität stellt sicher, dass STAC sowohl mit modernen Webanwendungen als auch mit etablierten GIS-Plattformen problemlos funktioniert (Mohr, 2021 o.S., Mohr, 2024 o.S.).

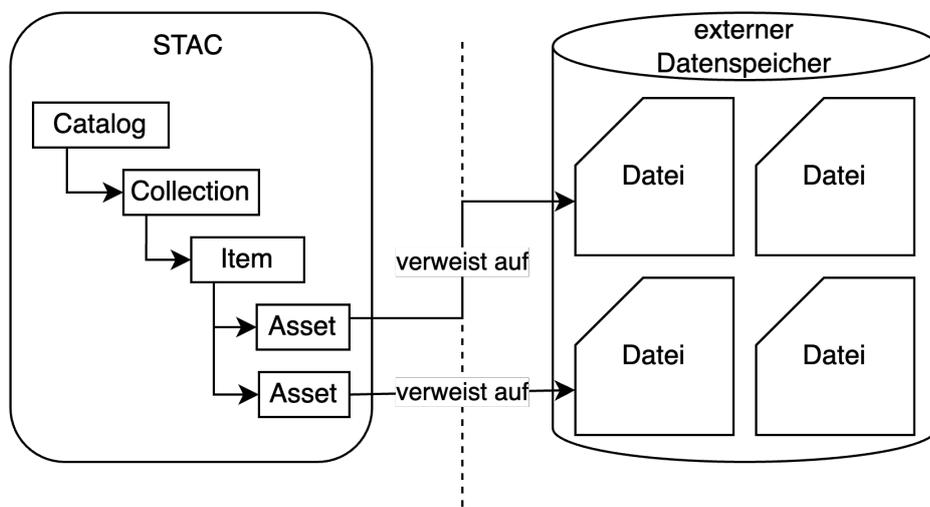


Abbildung 1: Struktur STAC

Ein wesentliches Merkmal von STAC ist seine Fähigkeit, raum-zeitliche Daten effizient zu indizieren und zugänglich zu machen. Der STAC-Standard ermöglicht es Entwicklern und Anwendern, raum-zeitliche Abfragen durchzuführen, um gezielt nach Datensätzen in einem bestimmten geografischen Bereich und in einem bestimmten Zeitraum zu suchen (Mohr, 2021 o.S., Mohr, 2024 o.S.).

Darüber hinaus unterstützt STAC verschiedene APIs, die es Nutzern ermöglichen, auf einfache Weise auf die Geodaten zuzugreifen und diese in ihre eigenen Systeme zu integrieren. Die STAC API ist eine Erweiterung der OpenAPI-Spezifikation, die es Entwicklern ermöglicht, standardisierte, RESTs-konforme Schnittstellen für den Zugriff auf raum-zeitliche Daten zu erstellen. Zusätzlich basiert sie auf OGC API-Features und ist angeglichen mit OGC API-Records, was eine breite Kompatibilität und einfache Integration in bestehende Systeme sicherstellt. Dabei ist das Ziel, die STAC API in einen OGC Standard zu überführen. Die STAC-APIs bieten eine flexible Möglichkeit, auf Daten zuzugreifen, ohne dass der Benutzer umfangreiche Anpassungen an bestehenden GIS-Systemen vornehmen muss (Mohr, 2021 o.S., Mohr, 2024 o.S., Open Geospatial Consortium, 2024a o.S.).

Insgesamt stellt STAC eine flexible, skalierbare und benutzerfreundliche Lösung für die Verwaltung, Suche und den Austausch von raum-zeitlichen Geodaten dar. Durch seine offene Architektur, die einfache Integration in bestehende Workflows und die Kompatibilität mit modernen Webtechnologien hat sich STAC zu einem der wichtigsten Standards für den Austausch von Geodaten entwickelt und wird zunehmend in GIS-Systemen wie QGIS (Kapitel 2.2.4) eingesetzt, um den Zugriff auf große Datensätze zu erleichtern.

2.2 QGIS als Entwicklungsumgebung

QGIS ist ein Open-Source-GIS, das sich zunehmend als flexible und erweiterbare Entwicklungsumgebung etabliert hat. Seine Architektur und Integration von Python ermöglichen es Nutzern, komplexe geografische Analysen durchzuführen, benutzerdefinierte Workflows zu erstellen und individuelle Lösungen zu entwickeln. Diese Flexibilität und die Möglichkeit macht es zu einer verbreiteten Plattform sowohl für Forschung als auch für die Entwicklung anwendungsorientierter GIS-Lösungen (Gupta, 2012: 427, Rosas-Chavoya et al., 2021: 197).

Die QGIS-Entwicklungsumgebung bietet verschiedene Zugänge für Erweiterungen und Anpassungen: durch Plugins, den integrierten Python-Interpreter sowie durch die Integration in serverbasierte GIS-Lösungen. In den folgenden Abschnitten werden diese Aspekte detaillierter betrachtet.

2.2.1 Plugins

Für die Entwicklung von Plugins steht in QGIS die Python-API zur Verfügung, auch bekannt als PyQGIS. Diese API ermöglicht es, auf alle Kernfunktionen von QGIS zuzugreifen, einschließlich der Verwaltung von Vektor- und Rasterdaten, räumlichen Abfragen und der Bearbeitung von Kartenlayern. Entwickler können so Plugins erstellen, die in die Funktionsweise von QGIS eingreifen und diese um benutzerdefinierte Werkzeuge und Dialoge erweitern (Ndossi und Avdan, 2016: 3).

Die Plugins selbst werden in Python entwickelt und können mit dem Qt Designer, einem Framework, das QGIS für die Benutzeroberfläche verwendet, entworfen werden. Dies ermöglicht eine große Flexibilität bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen für Plugins. Ein entscheidender Vorteil der Verwendung von Qt Designer ist die Trennung von Design und Funktionalität. Während die Benutzeroberfläche mit Qt Designer entwickelt wird, bleibt der Programmcode, der die Aktionen und Funktionen des Plugins steuert, in Python. Dies fördert eine übersichtliche Code-Struktur und ermöglicht es Entwicklern, Änderungen an der Benutzeroberfläche vorzunehmen, ohne den gesamten Code anpassen zu müssen. Die im Qt Designer erstellten .ui-Dateien können direkt in den Python-Code eingebunden werden. Wodurch das Plugin eine grafische Oberfläche erhält. Die mit Qt Designer entworfenen Oberflächenelemente können mit Funktionen verknüpft werden, die auf Benutzereingaben reagieren, wie zum Beispiel das Auslösen von Analysen oder das Laden von Geodaten (Willman, 2020: 165ff).

Zudem stellt QGIS eine Entwicklungsumgebung bereit, die die Erstellung von Plugins durch Werkzeuge wie den Plugin Builder und den integrierten Python-Debugger unterstützt. Dabei spielt der Qt Designer in Kombination mit dem Plugin Builder eine zentrale Rolle bei der Entwicklung von QGIS-Plugins. Während der Plugin Builder das Grundgerüst für die Plugin-Entwicklung bereitstellt, bietet Qt Designer die Möglichkeit, benutzerdefinierte Oberflächen zu gestalten. Dies erlaubt es Entwicklern vergleichsweise einfach benutzerfreundliche Plugins, die sowohl funktional als auch optisch ansprechend sind, bereitzustellen (Gandhi, 2024).

Die Verteilung von Plugins erfolgt über das offizielle QGIS Plugin-Repository, wo sie von anderen Nutzern heruntergeladen und in ihre QGIS-Installation integriert werden können. Dies fördert eine lebendige Entwickler-Community, die eine Vielzahl an nützlichen Plugins für verschiedenste Anwendungsfälle bereitstellt (Ndossi und Avdan, 2016: 2).

2.2.2 Python-Interpreter

Ein weiterer wichtiger Baustein der Entwicklungsumgebung in QGIS ist der integrierte Python-Interpreter, der es den Nutzern ermöglicht, direkt in der QGIS-Oberfläche auf die volle Funktionalität der Software zuzugreifen. Der Python-Interpreter stellt eine sofort nutzbare Schnittstelle zu PyQGIS bereit und ermöglicht es, Ad-hoc-Skripte zur Geodatenanalyse, Datenmanipulation und -visualisierung zu schreiben und auszuführen. Der Python-Interpreter kann über die Python-Konsole aufgerufen werden (QGIS Development Team, 2023b o.S.)

Der Python-Interpreter in QGIS eignet sich für die Automatisierung von GIS-Prozessen und die Durchführung komplexer Analysen, die über die grafische Benutzeroberfläche hinausgehen. Er erlaubt es, Workflows über Skripte auszuführen, ohne dass manuelle Eingriffe erforderlich sind. Darüber hinaus ermöglicht der Interpreter den Zugang zu umfangreichen externen Bibliotheken, die über das Python-Ökosystem bereitgestellt werden, wie zum Beispiel NumPy für numerische Berechnungen oder Pandas für die Datenanalyse (QGIS Development Team, 2023b o.S.).

2.2.3 Serverumgebung und andere Interpreter

Neben der Nutzung von QGIS auf dem Desktop bietet die QGIS-Architektur auch die Möglichkeit zur Integration in serverbasierte GIS-Umgebungen. Die zentrale Komponente hierbei ist QGIS Server, eine leistungsfähige serverseitige GIS-Lösung, die es erlaubt, QGIS-Projekte und Kartenlayouts als Webdienste bereitzustellen. QGIS Server unterstützt WMS, WMTS, WFS, WCS und OGC API Features, wodurch geografische Daten über das Internet verteilt und für webbasierte Anwendungen zugänglich gemacht werden können (QGIS Development Team, 2023c o.S.).

Integration von Python in QGIS Server

Die serverseitige QGIS-Umgebung kann ebenfalls durch Python erweitert werden, was die Automatisierung und Anpassung von Webservices ermöglicht. Ähnlich wie im Desktop-QGIS können Python-Skripte genutzt werden, um dynamische Karteninhalte zu erstellen oder spezifische Server-Antworten auf Anfragen zu generieren. Darüber hinaus kann der QGIS Server durch

serverseitige Plugins erweitert werden, um zusätzliche Funktionen für Webkartenanwendungen bereitzustellen (QGIS Development Team, 2023c o.S., QGIS Development Team, 2023a o.S.).

Weitere Interpreter und Integration mit anderen Systemen

Abgesehen von der Python-basierten Entwicklung gibt es auch Möglichkeiten, QGIS in andere Programmierumgebungen zu integrieren. Über die QGIS C++-API lassen sich tiefgreifende Erweiterungen und Anpassungen vornehmen (Gupta, 2012: 248). Zudem erlaubt die Kombination von QGIS mit anderen GIS-Softwarelösungen wie GDAL/OGR die Entwicklung individueller GIS-Systeme, die über das hinausgehen, was die Standardinstallation von QGIS bietet (Lemenkova und Debeir, 2023: 6).

2.2.4 STAC API Browser

Der „STAC API Browser“ ist ein veröffentlichtes Plugin. Er ermöglicht es QGIS-Anwendern, auf STAC-Server zuzugreifen und Geodaten zu durchsuchen, anzuzeigen und herunterzuladen. Diese Kataloge enthalten räumliche und zeitliche Metadaten, die es Nutzern ermöglichen, relevante Datensätze gezielt nach Standort und Zeitraum auszuwählen (SpatioTemporal Asset Catalog, 2024 o.S.). Wichtige Funktionalitäten des STAC Plugins umfassen:

- **Durchsuchen von STAC Katalogen:** Das Plugin ermöglicht die Verbindung zu STAC kompatiblen Katalogen und das Durchsuchen dieser Datenbestände anhand räumlicher und zeitlicher Filter.
- **Interaktive Abfragen:** Nutzer können Abfragen nach spezifischen Parametern, wie Aufnahmezeitraum, geografischem Standort und spezifischen Bildeigenschaften, durchführen. Diese Filteroptionen erlauben eine gezielte Datenanalyse und verringern den Zeitaufwand für die Datensuche.
- **Visualisierung und Download:** Nach einer erfolgreichen Abfrage können die Daten direkt in QGIS visualisiert und heruntergeladen werden. Das Plugin ermöglicht es, verschiedene Bild- und Rasterdatensätze als Overlays in die QGIS-Arbeitsumgebung einzubinden und zu analysieren.

Das STAC Plugin kommuniziert dabei mit den implementierten APIs der ausgewählten STAC-Kataloge (Kapitel 2.1.5). Diese APIs folgen der STAC-API-Spezifikation um Daten aus den STAC-Katalogen zu durchsuchen und abzurufen. Über das Plugin können Anfragen zu bestimmten räumlichen und zeitlichen Bereichen gestellt werden, wodurch die Abfrage an die spezifischen Anforderungen des Nutzers angepasst wird. Die technische Integration des Plugins in QGIS erfolgt über die Nutzung der Python-API, PyQGIS, welche die Entwicklung von Werkzeugen und Plugins in der QGIS-Umgebung unterstützt. Das STAC Plugin nutzt PyQGIS, um die gefundenen Daten als Rasterebenen zu laden und in der Benutzeroberfläche darzustellen (STAC QGIS Plugin, 2024 o.S.).

Abbildung 2: STAC API Browser Suchkriterien

SpatioTemporal Asset Catalog, 2024 stellt exemplarisch einen Arbeitsablauf, wie das Plugin genutzt werden kann, dar:

1. **Verbindung zu einer STAC-API herstellen:** Nach dem Start des Plugins können Nutzer eine Verbindung zu einer STAC-konformen API herstellen. Nutzer müssen die URL der STAC-API, die sie durchsuchen möchten, im Plugin eingeben. Dabei ist es auch möglich, auf APIs zuzugreifen, die einen API-Schlüssel oder eine Authentifizierung benötigen.
2. **Definition von Suchkriterien:** Über die Plugin-Oberfläche lassen sich gezielte Suchkriterien festlegen, um spezifische Daten innerhalb des Katalogs zu finden (Abbildung 2). Zu den Suchoptionen gehören:
 - **Filter Collections:** Die Suche kann auf Collections der STAC-API begrenzt werden, sodass nur in bestimmten Collections gesucht wird.

- **Räumliche Ausdehnung:** Der Nutzer kann einen geografischen Bereich eingeben, z.B. durch Angabe eines Rechtecks oder Polygons auf der Karte, um nur Daten zu finden, die sich auf diese Region beziehen.
- **Zeitlicher Rahmen:** Es können Start- und Enddaten angegeben werden, um Daten zu einem bestimmten Zeitraum einzugrenzen.
- **Zusätzliche Filter:** Abhängig von der API und den Datensätzen können auch weitere Filter gesetzt werden, z.B. nach Satellitentyp, Bildauflösung oder Wolkenabdeckung.

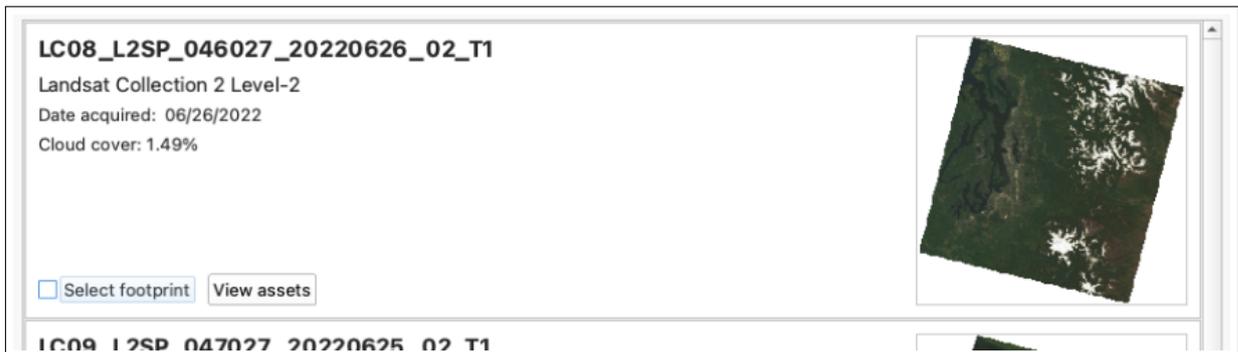


Abbildung 3: STAC API Browser Ergebnisliste

3. **Durchsuchen und Auswählen von Datensätzen:** Die Suchergebnisse erscheinen in einer Liste, die eine Vorschau wichtiger Metadaten jedes Items enthält. Hier können Nutzer sehen, welche Datensätze ihren Kriterien entsprechen. Die Metadaten geben Aufschluss über Eigenschaften wie die Bildauflösung, den Aufnahmezeitpunkt und die Datenquelle, was die Auswahl erleichtert. Dazu wird ein Vorschaubild der Daten angezeigt (Abbildung 3). Um die Ausdehnung des Items zu sehen, können die Footprints der QGIS Oberfläche hinzugefügt werden. Zudem können die einzelnen Assets angezeigt werden (Abbildung 4).
4. **Visualisieren und Download der Daten in QGIS:** Die Assets können direkt der QGIS Benutzeroberfläche hinzugefügt werden. Falls die Daten lokal gespeichert werden sollen, bietet das Plugin die Möglichkeit, die ausgewählten Datensätze herunterzuladen. Die Daten können im Anschluss außerhalb von QGIS weiterverarbeitet oder archiviert werden.

Der „STAC API Browser“ ermöglicht durch diesen Prozess einen effizienten und direkten Zugriff auf große Geodatenbestände und unterstützt Benutzer dabei, relevante Datensätze schnell und unkompliziert in QGIS zu integrieren und weiterzuverarbeiten.

Name	Type	Select to add as a layer	Select to download
Angle Coefficients File	text/plain	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Red Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Blue Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Downwelled Radiance Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Emissivity Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Emissivity Standard Deviation Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Thermal Radiance Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Upwelled Radiance Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Atmospheric Transmittance Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cloud Distance Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Green Band	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Near Infrared Band 0.8	image/tiff; application=geotiff; profile=cloud-optimized	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Add selected assets as layers (4) Download the assets

Abbildung 4: STAC API Browser Assets

2.3 Gesetzliche und interne Vorschriften

Im Zusammenhang der Modernisierung des amtlichen Vermessungswesens gibt es eine Reihe von Gesetzen sowie internen Vorschriften zu beachten. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden.

2.3.1 Niedersächsische Digitalisierungs- und Informationssicherheitsgesetz

Das Niedersächsische Digitalisierungs- und Informationssicherheitsgesetz (NDIG) wurde erlassen, um den rechtlichen Rahmen für die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung sowie für die Informationssicherheit in Niedersachsen zu schaffen. Ziel des Gesetzes ist es, die Verwaltung durch den Einsatz digitaler Technologien effizienter und bürgerfreundlicher zu gestalten und gleichzeitig den Schutz der IT-Infrastruktur vor Cyberangriffen und Datenverlusten sicherzustellen.

Die wichtigsten Punkte des NDIG lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Förderung der Digitalisierung in der Verwaltung:** Das NDIG legt rechtliche Grundlagen für die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung in Niedersachsen. Dies umfasst die elektronische Kommunikation mit Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen, die Implementierung digitaler Prozesse und die Bereitstellung von Online-Dienstleistungen. Diese Maßnahmen stehen im Einklang mit dem Onlinezugangsgesetz (OZG), welches Bund und Länder verpflichtet, Verwaltungsleistungen bis spätestens 2022 online anzubieten. Durch die Umsetzung des NDIG sollen Verwaltungsprozesse beschleunigt und Bürgerinnen und Bürger von einem vereinfachten Zugang zu Behörden profitieren (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2022 o.S.).
- **Erhöhung der Informationssicherheit:** Ein zentraler Bestandteil des NDIG ist der Schutz der öffentlichen IT-Infrastruktur. Das Gesetz schreibt vor, dass öffentliche Stellen

in Niedersachsen hohe Sicherheitsstandards einhalten müssen, um sensiblen Datenverlust sowie Cyberangriffe zu verhindern. Dies umfasst regelmäßige Sicherheitsüberprüfungen und die Einführung von Sicherheitskonzepten, die den stetig wachsenden Cyberbedrohungen gerecht werden. Dadurch soll die Integrität, Verfügbarkeit und Vertraulichkeit der Daten in der öffentlichen Verwaltung gewahrt bleiben (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2021a o.S.).

Insgesamt stellt das NDIG einen wichtigen Schritt in der digitalen Transformation der Verwaltung in Niedersachsen dar. Durch die Digitalisierung der Verwaltungsprozesse und die Verstärkung der Informationssicherheit werden Effizienzsteigerungen erwartet, die den Bürgerinnen und Bürgern zugutekommen. Gleichzeitig erhöht dies die Resilienz der IT-Systeme gegenüber modernen Bedrohungen.

2.3.2 Niedersächsisches Gesetz über das amtliche Vermessungswesen

Das Niedersächsische Gesetz über das amtliche Vermessungswesen (NVerMG) regelt das amtliche Vermessungswesen in Niedersachsen. Es schafft die rechtlichen Grundlagen für die Vermessung und Kartierung des Landes sowie für das Katasterwesen, das in erster Linie der Verwaltung von Grundstücksinformationen dient.

Die Katasterverwaltung hat nach dem NVerMG zentrale Aufgaben im Bereich der Vermessung und Grundstücksverwaltung. Ihre Hauptaufgaben lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Führung des Liegenschaftskatasters:** Eine der zentralen Aufgaben der Katasterverwaltung ist die Führung des Liegenschaftskatasters, welches das amtliche Verzeichnis aller Grundstücke und deren Grenzen in Niedersachsen darstellt. Im Liegenschaftskataster werden Informationen zu den Flurstücken sowie zu deren Eigentümern, Nutzungsarten, Flächengrößen und anderen relevanten Angaben gespeichert. Das Liegenschaftskataster dient als Grundlage für das Grundbuch und dient zur rechtsverbindlichen Bestimmung von Grundstücksgrenzen (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2021b o.S.).
- **Vorhaltung des Landesbezugssystems:** Eine weitere wesentliche Aufgabe der Katasterverwaltung ist die Bereitstellung und Pflege des Landesbezugssystems. Das Landesbezugssystem sorgt dafür, dass Vermessungen und Kartierungen in einem einheitlichen geodätischen Referenzrahmen durchgeführt werden, um konsistente und genaue Lage-, Höhen- und Schwerekoordinaten zu gewährleisten. Dies ist von großer Bedeutung für Vermessungen, Bauprojekte und für die präzise Lagebestimmung. Die genaue Ausrichtung und Verwaltung dieses Systems gewährleistet, dass alle vermessungstechnischen Daten aufeinander abgestimmt sind und landesweit genutzt werden können (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2021b o.S.).
- **Durchführung von Liegenschaftsvermessungen:** Die Katasterverwaltung ist zuständig für die Durchführung und Überwachung von amtlichen Vermessungen (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2021b o.S.). Dazu gehören:

- **Grenzvermessungen**, um die genaue Lage und Größe eines Grundstücks festzustellen und im Kataster zu vermerken.
 - **Zerlegungsvermessungen**, wenn Grundstücke geteilt oder neu aufgeteilt werden.
 - **Gebäudeeinmessungen**, um neu errichtete oder veränderte Gebäude im Liegenschaftskataster nachzuführen.
- **Sicherung des Grundeigentums:** Die Katasterverwaltung spielt eine Schlüsselrolle bei der Sicherung des Grundeigentums. Durch die präzise Erfassung und Dokumentation der Grundstücksgrenzen und -informationen trägt sie dazu bei, rechtliche Auseinandersetzungen über die Lage von Grundstücken und deren Grenzen zu verhindern. Die amtlichen Vermessungsergebnisse sind bindend und können als Beweis in Streitigkeiten herangezogen werden (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2021b o.S.).
 - **Dokumentation von Veränderungen:** Die Katasterverwaltung ist ebenfalls dafür verantwortlich, Änderungen im Bestand von Grundstücken, wie die Zerlegung, Verschmelzung oder Bebauung von Flurstücken, in das Kataster einzutragen. Dies stellt sicher, dass die Grundstücksinformationen immer aktuell sind (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2021b o.S.).

Das NVerMG regelt die Aufgaben und Zuständigkeiten der Katasterverwaltung in Niedersachsen und legt die rechtlichen Rahmenbedingungen für das Vermessungswesen fest. Die Katasterverwaltung spielt eine zentrale Rolle in der Erfassung und Verwaltung von Grundstücksinformationen, in der Durchführung amtlicher Vermessungen und in der Sicherung von Grundeigentum. Sie bildet die Grundlage für zahlreiche Bereiche der Verwaltung, der Raumordnung und der Wirtschaft, insbesondere durch die Bereitstellung verlässlicher Geodaten. Darüber hinaus ist die exakte Vermessung und Dokumentation von Grundstücken eine Voraussetzung für den geordneten Grundstücksverkehr und die Planung von Infrastrukturprojekten.

2.3.3 LiegVermErlass

Der Erlass zur Erhebung von Geobasisdaten durch Liegenschaftsvermessungen (LiegVermErlass) enthält Regelungen zur ordnungsgemäßen Durchführung von Liegenschaftsvermessungen, insbesondere im Hinblick auf die Feststellung und Abmarkung von Grundstücksgrenzen. Er legt die Anforderungen an Genauigkeit, Methoden und die Dokumentation von Vermessungsergebnissen fest. Zudem definiert er Verantwortlichkeiten und Verfahren, um eine einheitliche und rechtssichere Verwaltung von Liegenschaftsdaten zu gewährleisten. Der Erlass dient der Qualitätssicherung und Standardisierung von Vermessungsarbeiten im Liegenschaftswesen.

In Abschnitt 5.2.2 des LiegVermErlasses werden die Fortführungsdokumente beschrieben, die im Rahmen einer Vermessung angefertigt werden sollen. „Die Fortführungsdokumente umfassen:

- den Fortführungsriß mit der Liste zum Fortführungsriß,
- ggf. den Nachweis der Bestimmung der zum Anschluss verwendeten Netz- und Objektpunkte sowie der temporär bestimmten Anschlusspunkte,

Dabei soll der Fortführungsriß durch eine bildliche Darstellung bestehen, die nach Anlage 8 angefertigt werden soll (Abbildung 5). Der Fortführungsriß und die dazugehörige Liste zum Fortführungsriß sollen folgende Angaben enthalten:

- „Flurstücksgrenzen und Flurstücksbezeichnungen,
- Grenzpunkten und Grenzmarken,
- Besonderen Gebäudepunkten und Besonderen Bauwerkspunkten,
- Grundrissen von Gebäuden und Bauteilen, Gebäude- oder Bauwerksfunktionen, Bauweisen,
- Lagebezeichnungen, Hausnummern und Eigennamen,
- verwendeten Anschluss- und Kontrollpunkten sowie örtlichen Transformationspunkten,
- verwendeten sonstigen Vermessungspunkten und Vermessungsmarken,
- Datenerhebung und Vertrauenswürdigkeit der Objektpunkte sowie sonstiger Vermessungspunkte,
- Abgrenzungen und Bezeichnungen der Tatsächlichen Nutzung,
- Topografie (z.B. Grenzeinrichtungen)“ (Niedersachsen, 2021 o.S.).

Neben den Dokumenten einer amtlichen Vermessung beschreibt der LiegVermErlass auch, wie die Netzpunkte des Liegenschaftskatasters, zu dokumentieren sind. Zu diesen Punkten gehören Aufnahmepunkte, der Sicherungspunkte und sonstige Vermessungspunkte. Auch hierfür muss eine bildliche Aufnahmepunktbeschreibung (Abbildung 6), eine Liste zur Aufnahmepunktbeschreibung sowie der Art der Bestimmung des Aufnahmepunktes (SAPOS-Messprotokoll oder Berechnungsprotokoll für terrestrische Messungen). Dabei soll die Aufnahmepunktbeschreibung, den Aufnahmepunkt, die Sicherungspunkte, die Vermarkungsart, die Einmessung sowie die Punktnummern enthalten (Niedersachsen, 2021 o.S.).

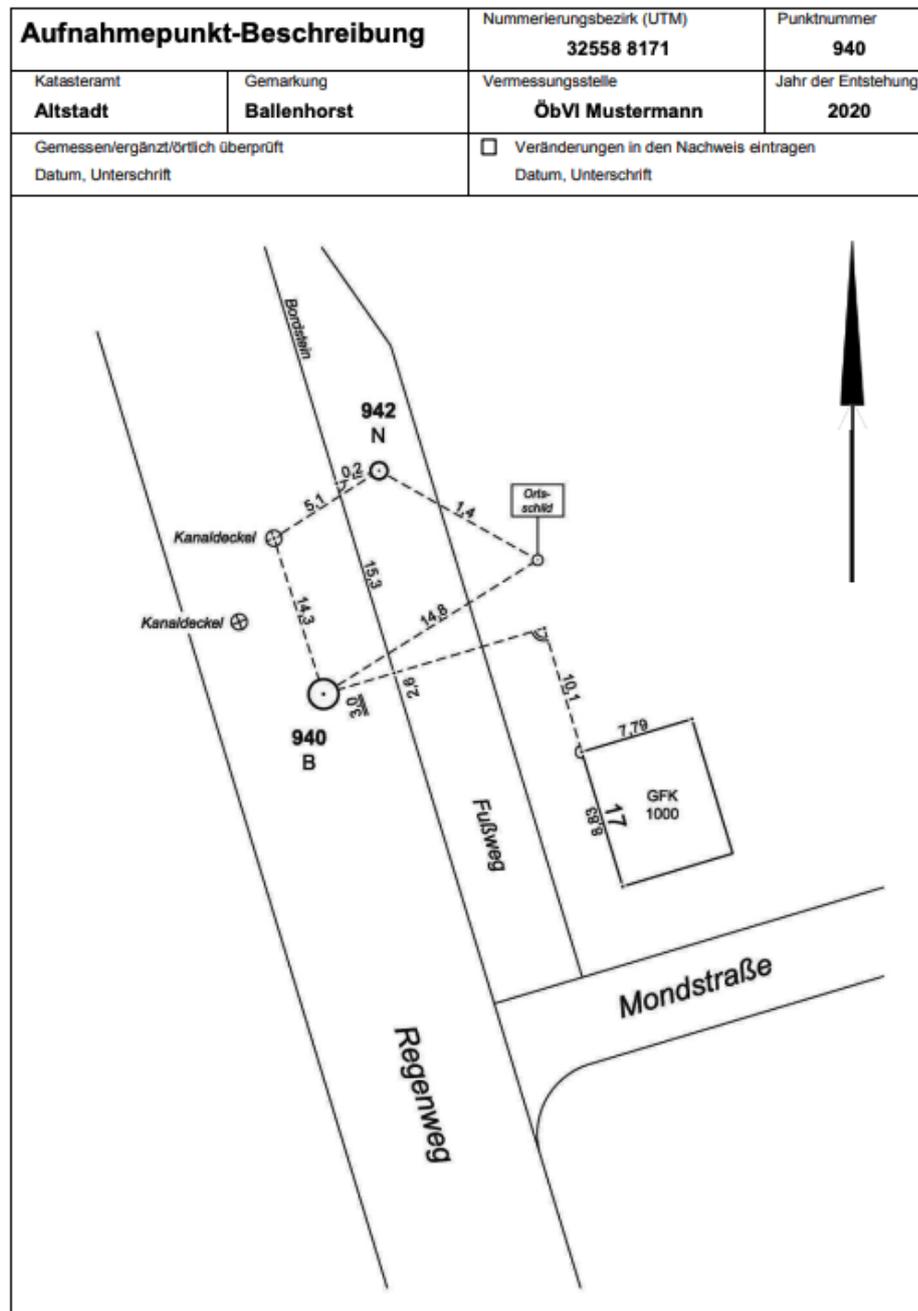


Abbildung 6: Musteraufnahmepunktbeschreibung (Anlage 4 Niedersachsen, 2021 o.S.)

2.4 Historische Dokumente im Liegenschaftskataster

Historische Dokumente spielen im Liegenschaftskataster eine zentrale Rolle, da sie die Entwicklung und Veränderungen von Grundstücken über die Zeit hinweg dokumentieren. Zu diesen historischen Dokumenten zählen zum einen die Fortführungsrisse und die dazugehörige Liste, beziehungsweise die historischen Äquivalente (Vermessungsrisse, Inselkarte, etc.), und zum anderen die Aufnahmepunktbeschreibungen. Laut LiegKatErlass sind diese Dokumente dauerhaft zu archivieren (Niedersachsen, 2020: 10). Dies geschah zuerst analog in den Archiven der einzelnen Katasterämter. Erst im Jahre 2000 begann die Digitalisierung der Fortführungsdokumente im Sinne des FODIS.

2.4.1 FODIS

FODIS ist ein System, um die Dokumente der Katasterverwaltung zu archivieren und somit alle Veränderungen des Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und des Amtliches Festpunktinformationssystem (AFIS) zu dokumentieren. Aktuell umfasst FODIS etwa 12,5 Millionen Dokumente, welche 15 TB Bilddaten entsprechen. Das FODIS enthält vollständig alle Fortführungsdokumente zu Flurstücken und Gebäuden seit rund 180 Jahren. Neben den historischen Fortführungsdokumenten sind auch alle Dokumente, die nach LiegVermErlass (Kapitel 2.3.3) heutzutage anzufertigen sind, in FODIS archiviert. Eine vollständige Liste der in FODIS zu archivierenden Dokumente in Anhang A zu finden (FODIS Team, 2024: 5).

Die Aufgaben und Ziele von FODIS umfassen den Ersatz analoger Dokumente durch Bilddateien, um die langfristige Nutzung der oft beschädigten Originale sicherzustellen. Digitale Dokumente erfüllen sowohl fachliche als auch rechtliche Anforderungen und verbessern die Verwaltung von Vermessungsdokumenten. Das System ersetzt herkömmliche Verfahren wie Repro- und Lichtpaustechniken sowie Mikroverfilmungen. Zudem soll FODIS anderen Beteiligten, wie Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure (ÖbVIs), den Zugriff auf notwendige Dokumente ermöglichen, wodurch die Zusammenarbeit und der Informationsfluss optimiert werden (FODIS Team, 2024: 10).

Für die Archivierung der Dokumente in FODIS hat Arbeitsgruppe FODIS, 2012 spezielle Regeln festgelegt. So erfolgt die Benennung der Dokumente nach einem starren Prinzip. In Abbildung 7 ist exemplarisch das Benennungsprinzip für Dokumente des Liegenschaftskatasters gezeigt.

Stelle	Name	Art	Default Wert	zulässig	Bemerkung
1 – 2	Länderkennung	numerisch	03	→	globale Einstellung in der Datenbank
3 – 5	Dienststellennummer	alphanumerisch		→	globale Einstellung in der Datenbank
6 – 7	Dokumentenart		00	→	globale Einstellung in der Datenbank
8 – 11	Gemarkung	numerisch		> 0	rechtsbündig mit führenden Nullen
12 – 14	Flur	numerisch		> 0	rechtsbündig mit führenden Nullen
15 – 18	lfd. Nr. des Dokuments / Rissnummer	alphanumerisch		≠ „ "	numerisch rechtsbündig mit führenden Nullen alphanumerisch linksbündig
19	Typ	alphabetisch		→	entsprechend Systemtabelle
20 - 21	Unternummer	numerisch	00	00 - 99	rechtsbündig mit führenden Nullen

Abbildung 7: Benennungsprinzip Dokumente des Liegenschaftskatasters (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 61)

Neben dem Dokumentnamen sind zu den Dokumenten eine Reihe von Attributen zu speichern, dazu gehören unter anderem der Dokumentenstatus (aktuell, historisch, ungültig), das Format (DIN A0 - DIN A7), das Entstehungsjahr, die Scangüte sowie die Ankerkoordinaten. Daneben wird die Flurstücksnummer, für die das Dokument erstellt wurde, sowie das interne Geschäftszeichen angegeben. Zulässige Formate der Dokumente, die in FODIS archiviert werden, sind BMP, DOC, JPG, TIF, PDF, PNG, TXT und PDF (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 8f).

FODIS alt

Die erste FODIS Entwicklung bestand aus einer klassischen Client-Server-Architektur. Hierbei sind die Dokumente für jedes Katasteramt in einer eigenen relationalen Datenbank gespeichert. Im weiteren Verlauf der Entwicklung wurden die einzelnen Datenbanken zu einer FODIS-Datenbank zusammengefasst. Zur räumlichen Zuordnung der Dokumente wurden sogenannte „Ankerkoordinaten“ für jedes Dokument vergeben, welche den Bereich, den das Dokument abdeckt, widerspiegeln. Auch diese sind in der FODIS-Datenbank gespeichert. Des Weiteren wurde ein Digitales Rissarchiv (DiRA) eingeführt, über das die Unterlagen nach Autorisierung von Mitarbeitern des LGLN abgerufen werden konnten. Somit ergibt sich die in Abbildung 8 gezeigte Architektur (Henke und Clermont, 2021 o.S.).

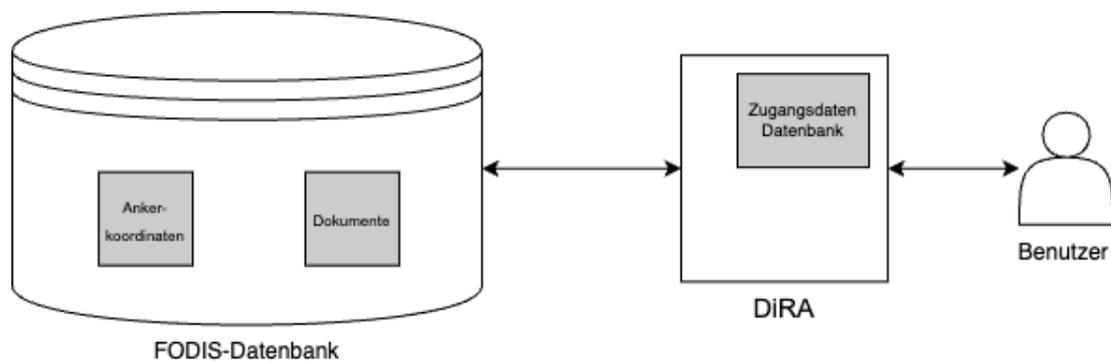


Abbildung 8: Erste FODIS Architektur

Durch steigende Anforderungen wurden im Laufe der Zeit immer mehr Softwarekomponenten angegliedert und immer mehr Zugriffsberechtigungen erteilt, sodass eine unübersichtliche und verschachtelte Softwarestruktur entstand (Abbildung 9). In dieser Architektur sind, durch die vielen Abhängigkeiten, keine einfachen Anpassungen der einzelnen Komponenten möglich. Aus diesen Gründen, der Modernisierung der IT-Infrastruktur (Kapitel 3.1.1) und den erhöhten Sicherheitsanforderungen ist eine Modernisierung des FODIS-Verfahren unerlässlich (Henke und Clermont, 2021 o.S.).

Herausforderungen FODIS alt

Die Struktur von FODIS weist eine Reihe von Herausforderungen auf (Ziems et al., 2020: 18):

- Die Fachanwendung DiRA ist unter Windows 10 nicht ausführbar.
- Es fehlt eine einheitliche API für den Datenzugriff.
- Die Fachanwendung DiRA greift direkt auf die Datenbank zu (Abbildung 9).
- Die auf dem Client befindlichen Zugangsdaten werden von anderen neueren Fachanwendungen zweckentfremdet, um die in der Datenbank gespeicherten Daten auszulesen oder zu manipulieren.
- Die ursprüngliche Oracle-Datenbank wies eine geringe Portabilität auf und verursachte hohe Lizenzkosten, weshalb 2023 auf PostgreSQL migriert wurde.

- Durch redundante Datenhaltung im selben Datenbankmanagementsystem werden die Aufwände erhöht.
- Innerhalb des Fachverfahrens FODIS werden drei Komponenten zusammengefasst, die in Subsysteme oder besser mehrfach verwendbare Microservices aufgespalten werden sollten:
 - Identity & Access Management (IAM)
 - Protokollierung von Service-Zugriffen durch Dritte (Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure)
 - Verwaltung von Dokumenten des Liegenschaftskatasters

Um diese Herausforderungen zu bewältigen und den Zugriff zu optimieren, ist eine Neuentwicklung von FODIS unabdingbar. Hierbei sollen besonders die in Kapitel 3.1.1 dargestellten Konzepte beachtet werden.

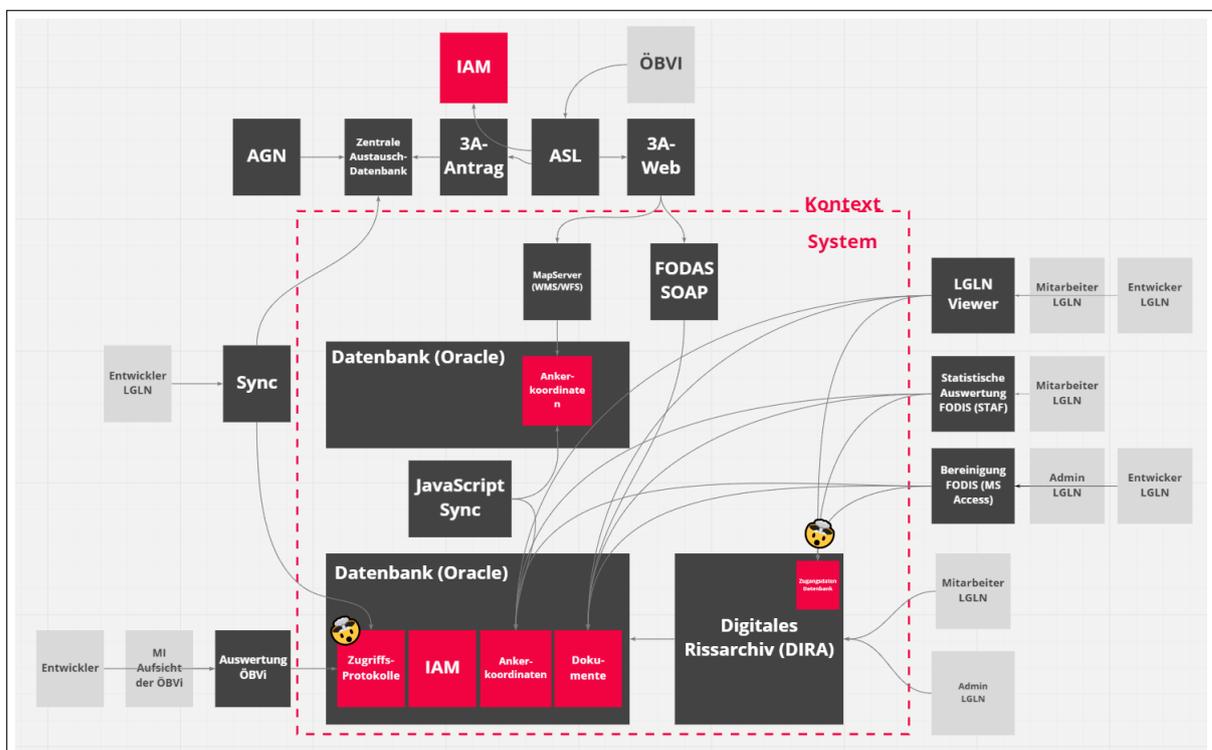


Abbildung 9: FODIS Architektur Stand 2021 (Henke und Clermont, 2021 o.S.)

FODIS neu

Das Projekt „FODIS_neu“ zielt auf die technische Ablösung der veralteten Software „FODIS/-DiRA“ bis Anfang 2025 ab. Diese Software wurde ursprünglich unter Windows 95 entwickelt und gilt heute als technisch überholt. Ziel ist es, bis Ende 2024 ein Minimum Viable Product bereitzustellen, das funktional der alten Anwendung entspricht, jedoch mit einer neuen Benutzeroberfläche und verbesserten Suchfunktionen. Wesentliche neue Funktionen sollen schrittweise im Jahr 2025 implementiert werden. Das hier behandelte Modernisierungsprojekt ist im Gegensatz zum Fachprojekt „FODIS 2.0“ rein technisch zu verstehen. In diesem technischen Projekt

wird für die Sicherheitsfreigabe gesorgt. Zusätzlich werden Pilotierung und Rollout vorbereitet (Unger-Windeler und Bischof, 2024b o.S.).

Dabei besteht das Projekt aus verschiedenen Bausteinen (Unger-Windeler und Bischof, 2024a: 5):

- Entwicklung und Inbetriebnahme eines neuen, IT-Strategie (Kapitel 3.1.1) konformen, Systems zur Verwaltung von Vermessungsdokumenten
- Verschiedene Aufgaben zur Modernisierung von FODIS
 - Betreuung der Bestandsanwendung
 - Bereitstellung von vorhandenen (Projekt-) Informationen
 - Migration der Daten aus dem alten in das neue System
- Rückbau des Altsystems

FODIS 2.0

Das „FODIS 2.0“-Projekt konzentriert sich hingegen auf die fachliche Weiterentwicklung des Systems, um neue Funktionen, insbesondere in Bereichen wie Texterkennung und Künstlicher Intelligenz, zu integrieren. Das Fachprojekt „FODIS 2.0“ erarbeitet eine neue fachliche Grundlage für das System, wobei auch neue Nutzergruppen und die Optimierung bestehender Prozesse im Vordergrund stehen. Diese Weiterentwicklung soll effizientere Recherchemöglichkeiten bieten und den Austausch von Daten und Dokumenten erleichtern, besonders durch Technologien wie Texterkennung und KI-gestützte Analyse (Unger-Windeler und Bischof, 2024b o.S.).

2.4.2 Vermessungstechnische Prozesse

Im Rahmen einer Katastervermessung werden verschiedene Schritte durchlaufen. Abbildung 10 zeigt exemplarisch einen gesamten Vermessungsprozess einer Liegenschaftsvermessung. Dieser Prozess beinhaltet die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Messung sowie die anschließende Dokumentation und das Einpflegen der gewonnenen Daten. Aus diesem Prozess ergeben sich die für diese Arbeit relevanten Schritte im Zusammenhang mit FODIS - Dokumentensuche, Dokumentenerstellung und Dokumentenupload.

Vorbereitung

Im ersten Schritt einer Vermessung erfolgt die Vorbereitung. Hierbei werden zu dem zu vermessenden Flurstück oder Gebäude bereits getätigte Vermessungen und deren Dokumentationen recherchiert. Zusätzlich werden die ALKIS-Daten des betroffenen Gebiets für den Außendienst vorbereitet. Daneben werden in diesem Gebiet auch mögliche, für die Vermessung relevante Punkte des Landesbezugssystems bereitgestellt. In diesem Schritt kommt das erste Mal das FODIS-System zum Einsatz. Hierbei kann die Recherche entweder über DiRA direkt oder über eine räumliche Suche mithilfe des LGLN-Viewers oder Auskunftssystem Liegenschaftskataster (ASL) erfolgen. Die Ergebnisse werden in der Regel für den Außendienst ausgedruckt,

wobei in einigen Katasterämtern auf den Ausdruck verzichtet wird und die Dokumente ausschließlich digital weiterverwendet werden.

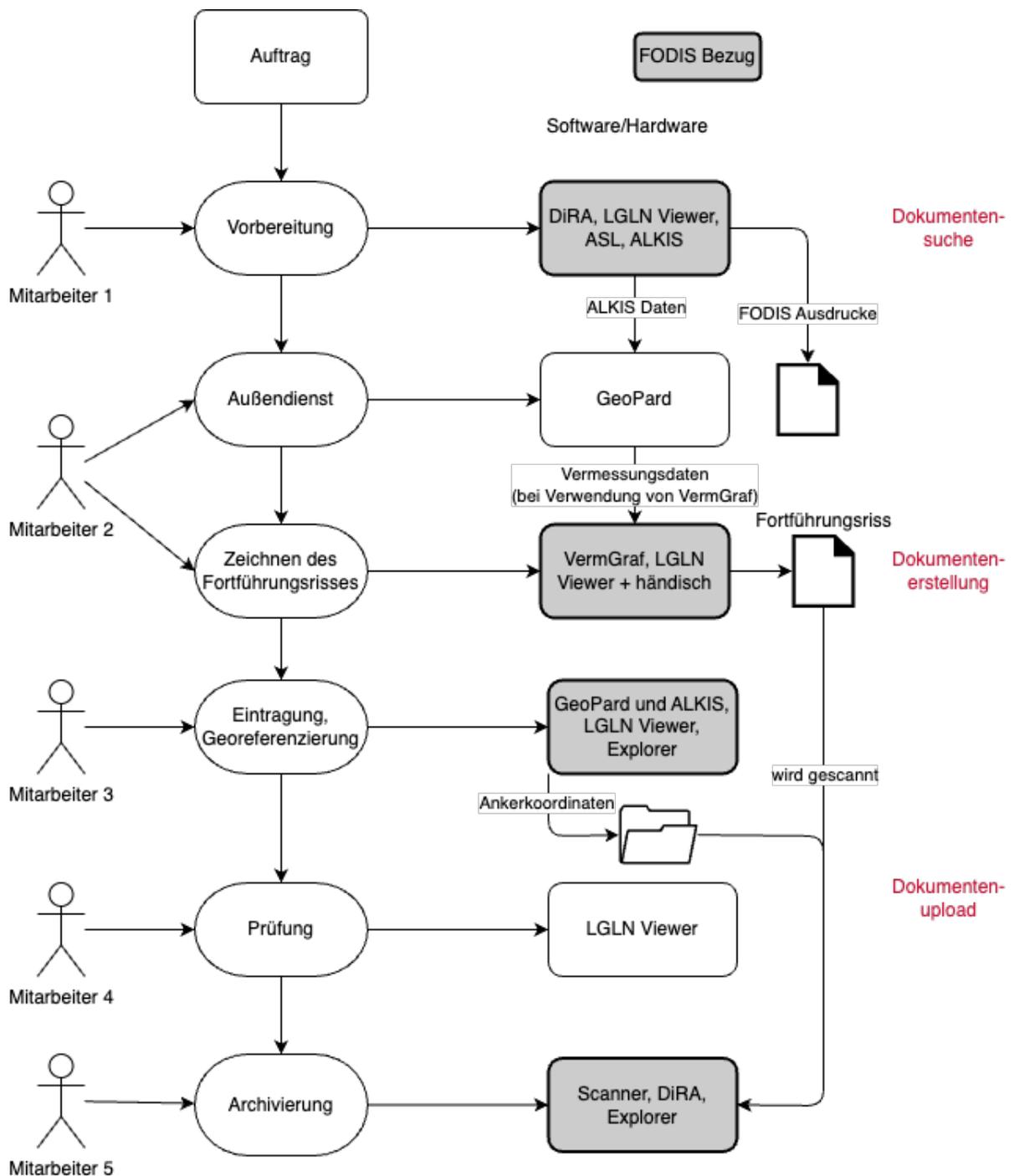


Abbildung 10: Ablauf einer Vermessung

Vermessungstechnischer Außendienst

Im Außendienst erfolgt die eigentliche Vermessung. Hierbei werden die FODIS-Dokumente zum einen zum Auffinden für Punkte des Landesbezugssystems benötigt und zum anderen um Gebäudeveränderungen zu detektieren und Grenzpunkte aufzufinden. Danach erfolgt die Vermessung des Gebäudes oder der Zerlegung durch Tachymeter, GNSS-Empfänger und in einfachen Fällen

mit Maßband. Die Ergebnisse werden in der Spezialsoftware GeoPard verarbeitet. Im Nachgang wird für jede Vermessung ein Fortführungsriß angefertigt, in dem die Veränderungen, die durch die Vermessung entstanden sind, dokumentiert werden. Dies geschieht entweder digital mit der Spezialsoftware VermGraf (Kapitel 2.4.3), wobei das Ergebnis im Anschluss ausgedruckt wird. Eine andere Möglichkeit ist, eine Vorlage über die WebGIS-Anwendung LGLN-Viewer auszudrucken und diese händisch zu ergänzen.

Nachbereitung im Innendienst

Mit dem im Außendienst angefertigten Fortführungsriß und den digitalen Vermessungsergebnissen in GeoPard werden die Daten über eine Ablage auf dem Fileserver in die ALKIS-Datenbank importiert. Mithilfe des LGLN-Viewers wird zu jedem Fortführungsriß eine Georeferenzierungsdatei angefertigt, die die Ankerkoordinaten des Fortführungsrißes enthält. Diese Dateien werden im Explorer in einer Ablage auf dem Fileserver gespeichert. Die in ALKIS eingetragenen Daten werden im Nachhinein von einem anderen Bearbeiter mithilfe des LGLN-Viewers überprüft. Am Ende einer Vermessung wird der digitale Fortführungsriß in FODIS archiviert. Dazu wird der Fortführungsriß wiederum von einem anderen Bearbeiter für die Digitalisierung gescannt, im Explorer abgelegt, und anschließend in Verbindung mit der abgespeicherten Georeferenzierung in DiRA eingefügt. Nach diesem Schritt kann der Fortführungsriß für folgende Vermessungen abgerufen werden. Parallel dazu wird der Fortführungsriß in einem analogen Archiv abgelegt, sodass am Ende immer sowohl eine digitale als auch eine analoge Variante des Fortführungsrißes existiert.

Aus dieser Beschreibung und der Abbildung 10 wird deutlich, dass die Schritte durch verschiedene Bearbeiter in verschiedensten Systemen durchgeführt werden. Außerdem ist zu sehen, dass die meisten Schritte in Verbindung mit FODIS stehen, wodurch die Wichtigkeit von FODIS deutlich wird. Mit der Neuentwicklung von FODIS soll sowohl die Anzahl der Mitarbeiter, die an einer Vermessung mitwirken, als auch die Anzahl der eingesetzten Spezialsoftware reduziert werden. Zudem soll in diesem Zusammenhang der gesamte Prozess digitalisiert werden, sodass keine Ausdrücke benötigt werden. Auch die Archivierung soll rein digital in einem hoch abgesicherten Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) konformen Cloudspeicher erfolgen.

2.4.3 VermGraf

VermGraf ist eine interne Anwendung des LGLN, welche zum Zeichnen von Fortführungsrißen genutzt werden kann. Dafür stellt sie einen breiten Umfang an Funktionen bereit. Die Anwendung besteht aus einer Zeichenfläche, die einen Fortführungsriß darstellt, und einer Vielzahl Funktionsbuttons. Grundlegend können Fortführungsrisse und Skizzen manuell durch VermGraf angefertigt werden. Dafür stehen verschiedene Zeichenelemente, Punkte, Linien, Symbole und Beschriftungen in verschiedenen Farben und Ausführungen zur Verfügung. Neben dem manuellen Zeichnen ist auch ein automatisches Zeichnen möglich. Hierfür können NAS-Daten, die aus GeoPard exportiert wurden, aus Ablagen auf dem Fileserver geladen werden. Diese Daten erscheinen dann als Zeichnung auf der Zeichenfläche. Im Nachgang können die Daten angepasst,

ergänzt und beschriftet werden. Zudem können katasterspezifische Anpassungen vorgenommen werden. So kann ausgewählt werden, ob nur die Flurstückgrenzen oder auch die Gebäude und die tatsächliche Nutzung dargestellt werden sollen. Zudem kann auch eine Anpassung der Punktnummern vorgenommen werden. Nach Fertigstellung des Fortführungsrisse kann dieser als Bild exportiert oder gedruckt werden (Billing, 2022: 1ff).

VermGraf stellt eine Verbesserung zum händischen Zeichnen der Fortführungsrisse auf Papier dar, jedoch wird für die Anwendung Erfahrung und eine gewisse Routine benötigt, da das Bedienkonzept nicht immer intuitiv ist. Deswegen ist die ausführliche Bedienungsanleitung ein wichtiger Bestandteil von VermGraf. Insgesamt stellt VermGraf über Jahrzehnte bewährte Funktionen zum Zeichnen von Fortführungsrisse bereit, es bedarf aber offensichtlich einer Modernisierung der Software-Ergonomie.

2.5 Usability

Usability, auch als Benutzerfreundlichkeit bekannt, ist ein entscheidender Faktor für die Qualität und Akzeptanz von Systemen und Produkten. Sie beschreibt, wie leicht es für Benutzer ist, ein System oder eine Schnittstelle zu nutzen, um ihre Ziele effizient, effektiv und zufriedenstellend zu erreichen. In der modernen Softwareentwicklung wird die Usability durch klar definierte Standards, wie den ISO 9241-110, und systematische Evaluationsansätze gesteuert. Ziel ist es, sicherzustellen, dass Systeme die tatsächlichen Bedürfnisse und Erwartungen der Nutzer erfüllen und gleichzeitig die Effizienz und Zufriedenheit bei der Nutzung steigern (Thesemann, 2016: 7).

2.5.1 ISO-Standard

Die Usability eines Systems wird anhand zentraler Kriterien gemessen, die im ISO-Standard 9241-110 definiert sind. Dieser Standard dient als universelle Grundlage zur Beurteilung und Optimierung der Gebrauchstauglichkeit interaktiver Systeme (International Organization for Standardization, 2020: 6). Die drei Kernkriterien der Usability nach ISO 9241-110 sind (International Organization for Standardization, 2020: 13):

- **Effektivität:** Beschreibt, wie gut Benutzer mit einem System ihre Ziele erreichen. Dies wird durch die Genauigkeit und Vollständigkeit der erledigten Aufgaben gemessen.
- **Effizienz:** Misst den Aufwand, der erforderlich ist, um eine Aufgabe zu erledigen. Dazu zählen Zeit, Ressourcen und der kognitive Aufwand während der Nutzung.
- **Zufriedenheit:** Bewertet die subjektive Erfahrung der Nutzer. Ein System sollte als angenehm und zufriedenstellend wahrgenommen werden, um langfristig akzeptiert zu werden.

Die Anwendung dieser Kriterien ermöglicht eine systematische Bewertung und Optimierung von Systemen, wobei der Fokus auf Benutzerfreundlichkeit und Produktivität liegt. Effektivität und Effizienz helfen, konkrete funktionale Anforderungen zu bewerten, während die Zufriedenheit die subjektive Wahrnehmung der Nutzer berücksichtigt.

2.5.2 Nutzerzentrierte Gestaltung

Ein benutzerfreundliches System ist das Ergebnis eines nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses, bei dem die Bedürfnisse und Erwartungen der Zielgruppe im Mittelpunkt stehen. Dies wird erreicht, indem frühzeitig in der Entwicklungsphase Rückmeldungen von Nutzern eingeholt und diese kontinuierlich in den Designprozess eingebunden werden. Durch iterative Entwicklungszyklen wird sichergestellt, dass das System praxisnah gestaltet wird und den Anforderungen der Nutzer entspricht (Gulliksen et al., 2003: 401).

Ein wichtiger Aspekt der nutzerzentrierten Gestaltung ist die intuitive Benutzerführung. Diese wird durch folgende Prinzipien unterstützt:

- **Konsistenz:** Eine einheitliche Gestaltung der Benutzeroberfläche erleichtert die Orientierung (Nielsen, 2001: 63, Mazumder und Das, 2014: 81).
- **Klare Beschriftungen:** Eindeutige Benennungen von Schaltflächen und Menüs minimieren die Gefahr von Fehlinterpretationen (Mazumder und Das, 2014: 81).
- **Visuelle Hierarchien:** Wichtige Funktionen und Inhalte werden prominent platziert, um den Arbeitsfluss zu unterstützen (Miraz et al., 2021: 6).
- **Fehlertoleranz:** Systeme sollten so gestaltet sein, dass Fehler vermieden werden oder leicht rückgängig gemacht werden können (Mazumder und Das, 2014: 81).

Eine gute Usability trägt maßgeblich dazu bei, die Produktivität der Nutzer zu erhöhen und die Akzeptanz eines Systems zu fördern. Gleichzeitig reduziert sie den Schulungsaufwand und minimiert Fehler während der Nutzung. Durch die Kombination aus ISO-Standards und nutzerzentrierten Gestaltungsprinzipien wird die Entwicklung benutzerfreundlicher und effizienter Systeme unterstützt.

3 Methodik und Konzept

Dieses Kapitel definiert die Rahmenbedingungen und beschreibt die bestehenden technischen und organisatorischen Voraussetzungen, die für die Implementierung vermessungstechnischer Prozesse in QGIS von Relevanz sind. Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Integration von FODIS in QGIS eine effiziente und benutzerfreundliche Lösung für die Dokumentenverwaltung im Rahmen einer Liegenschaftsvermessung zu schaffen. Um dies zu erreichen, wird eine Analyse des IST-Zustands durchgeführt, um die Neuausrichtung von FODIS zu begründen und die bestehenden Ressourcen zu identifizieren, auf die aufgebaut werden kann. Darüber hinaus wird für jeden relevanten Arbeitsschritt einer Vermessung im Zusammenhang mit FODIS - Dokumentensuche, Dokumentenerstellung und Dokumentenupload – ein Konzept entwickelt.

3.1 IST-Analyse

Zunächst werden die aktuellen Rahmenbedingungen und vorhandenen technischen Entwicklungen beschrieben, die die Neuausrichtung von FODIS begründen und die Umsetzung in QGIS ermöglichen. Dies umfasst die Neuausrichtung der IT-Infrastruktur, die Modernisierungsstrategie des LGLN, sowie die bereits erfolgten Entwicklungen und Standards, auf die im Rahmen dieser Arbeit zurückgegriffen werden kann.

3.1.1 Neuausrichtung IT-Infrastruktur des LGLN

Im Rahmen des Programms „Digitale Verwaltung 2025“ wird die Modernisierung und Standardisierung der IT-Infrastruktur als essenzieller Bestandteil einer effizienten Verwaltung hervorgehoben. Die bisherigen IT-Lösungen des LGLN zeichnen sich durch eine hohe Heterogenität aus, die sowohl betriebliche als auch technische Ineffizienzen verursacht. Mit einer Fokussierung auf moderne Public-Cloud-Lösungen und einer konsequenten Microservice-Architektur soll diesen Herausforderungen begegnet werden (Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, 2016: 20ff).

IT-Strategie LGLN

So entwickelte auch das LGLN eine IT-Strategie, um die Fachanwendungen zu modernisieren, indem die bisherigen monolithischen Fachanwendungen in Microservices umgewandelt werden sollen (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 1). Die IT-Strategie umfasst mehrere zentrale Maßnahmen zur Modernisierung der IT-Infrastruktur und Fachanwendungen. Im Folgenden sind die wichtigsten Punkte zusammengefasst:

- **Modernisierung von Altsystemen:** Die bisher verwendeten monolithischen Systeme sollen durch eine modulare Microservices-Architektur ersetzt werden. Dies erhöht die Flexibilität, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit und reduziert gleichzeitig die Wartungs- und Betriebskosten. Ein zentraler Aspekt dieser Modernisierung ist die Einführung von APIs sowie die verstärkte Nutzung von Cloud-Diensten (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 17f).
- **Umstellung auf Cloud-native Lösungen:** Die Strategie setzt auf die Einführung einer Cloud-nativen Architektur, die durch Container-Technologien wie Docker und Kubernetes unterstützt wird. Dadurch wird eine effiziente Verwaltung von Ressourcen und eine höhere Flexibilität bei der Bereitstellung von Anwendungen ermöglicht. Die Nutzung von Public- und Private-Cloud-Diensten durch Anbieter wie IT.N und Dataport spielt eine wichtige Rolle bei der Effizienzsteigerung (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 8f).
- **Sicherheits- und Datenschutzkonformität:** Sicherheitsanforderungen werden durch die Anwendung des „Shift-Left-Security“-Ansatzes bereits frühzeitig im Entwicklungsprozess berücksichtigt. Zusätzlich wird durch das Prinzip „Privacy by Design“ sichergestellt, dass Datenschutzanforderungen stets eingehalten werden. Die Microservices-Architektur

unterstützt dabei die bessere Kontrolle über personenbezogene Daten (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 8).

- **Microservices-Architektur:** Die neue Referenzarchitektur des LGLN setzt auf Microservices, die über RESTful-APIs und Event-Streaming miteinander kommunizieren. Dies gewährleistet eine nahtlose Integration der Anwendungen und eine medienbruchfreie Weitergabe von Daten. Darüber hinaus sollen redundante Datenbestände reduziert und die Flexibilität der Systeme verbessert werden (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 9f).
- **Interoperabilität, offene Standards und Open Source:** Um die Interoperabilität zwischen verschiedenen Fachverfahren und externen Systemen zu verbessern, wird auf offene Standards gesetzt, wie z. B. die Dienste des OGC. Ebenso werden bestehende Software as a Service- und Platform as a Service-Lösungen bevorzugt, um externe Dienstleistungen leichter integrieren zu können (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 2).

Ein wichtiger Bestandteil der Strategie ist das Prinzip „Open Source First“. Dieses besagt, dass bei Eigenentwicklungen nach Möglichkeit Open Source-Komponenten oder Software mit freien Schnittstellen verwendet werden. Open Source wird als wesentlich für die Skalierung angesehen, da die Lizenzen Parallelisierung und Mehrfachnutzung von Microservices erlaubt. Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen hat im Jahr 2021 beschlossen, dass Open Source bei allen Neu- und Weiterentwicklungen Vorrang haben soll, auch um die digitale Souveränität der Verwaltung sicherzustellen (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 7).

- **Agile Entwicklung und geoLabs:** Die Einführung von agilen Methoden, insbesondere der Scrum-Methodik, in den sogenannten „geoLabs“ ist ein zentraler Bestandteil der IT-Strategie. Diese interdisziplinären Teams sind für die Entwicklung, den Betrieb und die Sicherheit der neuen Fachanwendungen zuständig. Agile Entwicklungsmethoden bieten die nötige Flexibilität, um auf sich ändernde Anforderungen schnell reagieren zu können (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, 2022: 17f).

Insgesamt sieht die IT-Strategie des LGLN eine umfassende digitalen Transformation vor, die sowohl technologische Erneuerungen als auch eine Neuausrichtung der Arbeitsprozesse umfasst.

Modernisierungskonzept LGLN

Im Rahmen der IT-Strategie des LGLN wurde ein umfassendes Modernisierungskonzept entwickelt, das die Professionalisierung der Softwareentwicklung und -bereitstellung fördert. Dieses Konzept zielt darauf ab, die fachlichen Anforderungen schneller und sicherer umzusetzen, indem die Wiederverwendung standardisierter Komponenten ermöglicht wird. Insbesondere wiederkehrende Anwendungsfälle, wie die Visualisierung und Erfassung von Geodaten, die Bereitstellung von Geodiensten oder die effiziente Speicherung großer Datenmengen, sollen durch eine Referenzarchitektur unterstützt werden. Diese Architektur erlaubt eine kurzfristige Orchestrierung der notwendigen Komponenten und strebt einen Übergang von einer „Software-Manufaktur“ hin

zu einer „Software-Fabrik“ an, in der standardisierte Bausteine für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden können (Stabsstelle Innovation, 2023 o.S.).

Ein zentrales Element des Modernisierungskonzepts bildet die Entwicklung der „geoPlattform“ als zentraler „Marktplatz“ für die Wiederverwendung modularer Komponenten. Diese Plattform soll über die Landesverwaltung hinaus auch Kommunen und weitere Bedarfsträger ansprechen. Bereits bestehende Technologien wie STAC und 3D-WebGIS werden durch ergänzende Bausteine wie Data Lakes und OGC-Webservices erweitert. Ziel ist es, eine zukunftssichere Grundlage für die digitale Transformation der Behörde zu schaffen, einschließlich der Integration von Programmen wie „Digitale Verwaltung Niedersachsen“ und den Anforderungen des Onlinezugangsgesetzes (OZG) (Stabsstelle Innovation, 2023 o.S.).

Darüber hinaus wird verstärkt auf die Nutzung bestehender Geoinformationssysteme (z. B. QGIS und ArcGIS) als Basis gesetzt. Diese modernen GIS-Lösungen sollen veraltete Spezialsoftware wie GeoPard oder VermGraf ersetzen. Um den Übergang zu erleichtern und die Fachanwender bei der Nutzung der neuen Systeme zu unterstützen, ist eine gezielte Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit GIS erforderlich. Parallel dazu wird der Fokus auf die Umstellung der Geodatenspeicherung auf OGC-Services gelegt, um die Interoperabilität und die Bedeutung von Web-GIS-Services zu stärken (Stabsstelle Innovation, 2023 o.S.).

Das Modernisierungskonzept trägt somit maßgeblich zur digitalen Transformation des LGLN bei, indem es standardisierte, skalierbare und wiederverwendbare Lösungen bereitstellt. Es gewährleistet eine höhere Effizienz, Flexibilität und Interoperabilität der Systeme und legt den Grundstein für eine zukunftsorientierte Verwaltung.

3.1.2 Neuentwicklung FODIS

Die Neuentwicklung des FODIS-Systems verfolgt das Ziel, bestehende Prozesse zu modernisieren, indem die Anwendung cloudfähig gemacht, Sicherheitslücken in den Schnittstellen der Altsysteme geschlossen und die Grundlage für eine umfassende Prozessdigitalisierung geschaffen wird. Ein zentraler Beweggrund für die Modernisierung ist der hohe Speicherpreis im bisherigen Legacy-Rechenzentrum. Durch den Einsatz moderner Cloud-Technologien sollen die Betriebskosten erheblich gesenkt und gleichzeitig die Skalierbarkeit und Verfügbarkeit des Systems verbessert werden. Darüber hinaus werden durch die Neugestaltung standardisierte und optimierte Prozesse eingeführt, die eine weitgehende Automatisierung von Arbeitsabläufen ermöglichen. An diesem Punkt soll diese Arbeit anknüpfen.

Fachlich betrachtet soll das neue System eine verbesserte Benutzerfreundlichkeit gewährleisten, gezielte Recherchemöglichkeiten schaffen und eine qualitätsgeprüfte Eingabe von Daten unterstützen. Gleichzeitig soll die Abbildung der Flurstückshistorie verbessert werden. Bei der Entwicklung des Systems wird ein besonderer Fokus auf die Einhaltung von Prinzipien der Software-Ergonomie gelegt, um die Nutzerfreundlichkeit und Effizienz zu maximieren. Technisch ist ein zentraler Aspekt der Neuentwicklung die Einführung einheitlicher APIs, die den Zugriff auf die

FODIS-Daten ermöglichen. Dies soll sicherstellen, dass die Architektur des Systems klar strukturiert ist und die Kommunikation zwischen den Komponenten nicht mehr so unübersichtlich und verschachtelt erfolgt wie in der bisherigen Lösung (Kapitel 2.4.1). Durch diese Vereinfachung wird nicht nur die Wartbarkeit verbessert, sondern auch die Integration neuer Anwendungen erleichtert. Die in Abbildung 11 dargestellte geplante Architektur des neuen Systems sieht eine klare Trennung zwischen einem Write- und einem Read-Modell vor, was eine optimierte Verarbeitung und Abfrage der Daten ermöglicht. Das Backend des Systems wird über verschiedene Schnittstellen zugänglich sein.

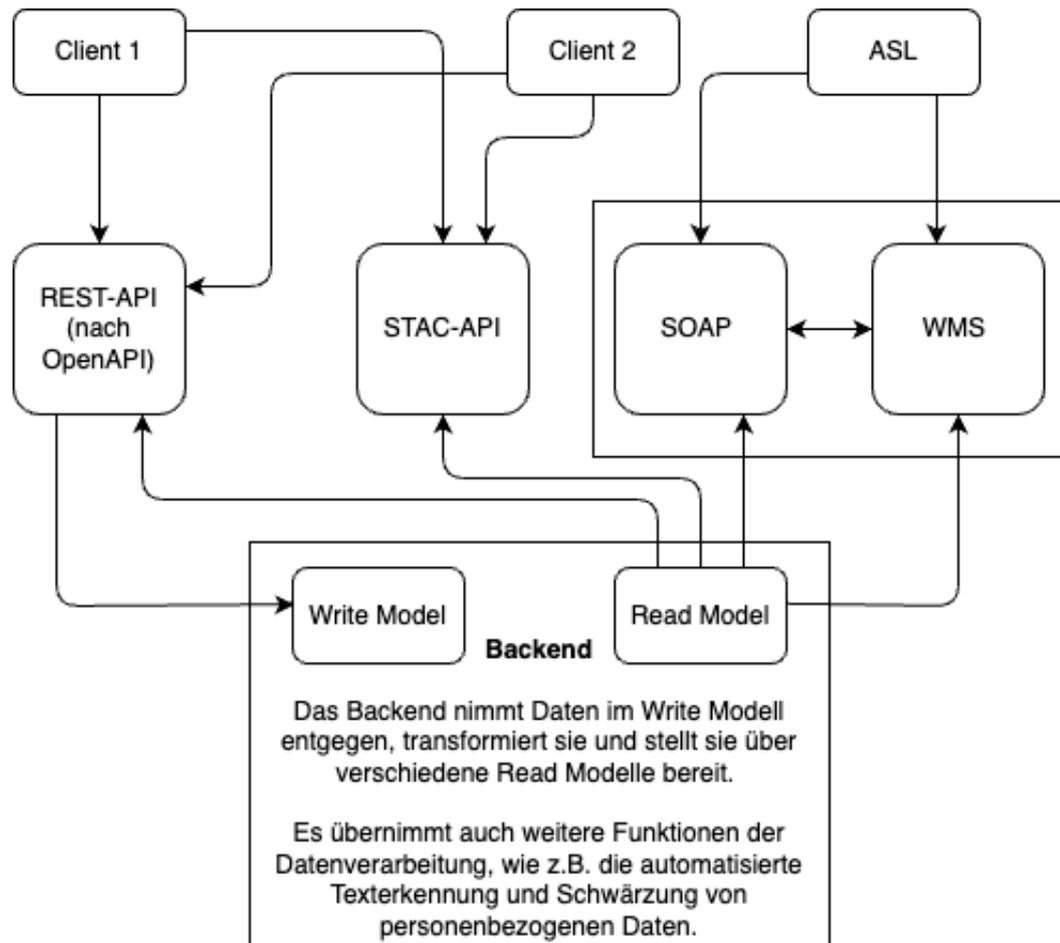


Abbildung 11: Architektur Neuentwicklung FODIS

Zum einen erfolgt der Zugriff auf das System über eine REST-API nach OpenAPI, die sowohl für Datenabfragen als auch für Datenimporte genutzt werden kann und zum anderen über eine STAC-Schnittstelle, eine SOAP-Schnittstelle und einen WMS, die jeweils spezifische Anwendungsfälle der Datennutzung abdecken sollen. Die SOAP-Schnittstelle und der WMS sind dabei speziell für den Anwendungsfall ASL konzipiert und weisen eine höhere Komplexität im Vergleich zur REST- und STAC-APIs auf. Die eigentliche Datenverarbeitung erfolgt im Backend, das jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist. Der derzeitige Entwicklungsstand der Architektur umfasst die vollständige Implementierung einer REST-API und eines STAC-Katalogs.

Für die Speicherung der FODIS-Daten wurde ein neues Metadaten-Modell entwickelt, das der systematischen Beschreibung von Dokumenten im JSON-Format dient. Dieses Modell integriert sowohl technische als auch inhaltliche Attribute und bildet damit eine umfassende Grundlage für die Verwaltung und Nutzung der Dokumente. Im Vergleich zur bisherigen FODIS-Struktur unterscheidet das neue Modell fünf Dokumentenarten, die jeweils spezifische Dokumententypen umfassen (insgesamt 73 Typen, Anlage B.1) (Arbeitsgruppe FODIS, 2024: 8). Diese erweiterte Differenzierung nach Dokumentenarten wurde insbesondere eingeführt, um die Zugriffsrechte granularer verwalten und spezifischer zuordnen zu können.

- **Liegenschaftskataster – Zahlennachweis (LK-Z):** Diese Dokumente enthalten Zahlenwerte, die für die Feststellung und Dokumentation von Grenz- und Gebäudepunkten relevant sind. Typische Dokumententypen sind Fortführungsrisse, Handrisse und Listen zu Fortführungsrisse.
- **Liegenschaftskataster – Urkunden (LK-U):** Urkunden dienen der rechtlichen Dokumentation von Flurstücksgrenzen und anderen rechtlich bedeutsamen Vermessungsdaten. Sie umfassen Dokumententypen wie Landesgrenzprotokolle und amtliche Grenzdokumente.
- **Liegenschaftskataster – Karten (LK-K):** Diese umfassen maßstäbliche Darstellungen, die Flurstücke, Gebäude und topografische Merkmale abbilden. Dokumententypen sind Reinkarten, Supplementkarten und Gebrauchskarten.
- **Liegenschaftskataster – Netzpunkte (LK-N):** Hierbei handelt es sich um Dokumente zur Verwaltung von Vermessungspunkten, die für geodätische Bezugssysteme von zentraler Bedeutung sind. Dazu gehören Dokumententypen wie AP-Beschreibungen und Netzbilder.
- **Landesbezugssystem:** Dokumente des Landesbezugssystems betreffen die Festlegung und Verwaltung geodätischer Bezugspunkte, etwa durch TP-Beschreibungen oder Nivelierungsübersichten.

Ein Dokument wird dabei durch mehrere grundlegende technische Attribute definiert:

- **ID (UUID):** Eine eindeutige Identifikationsnummer zur Verknüpfung und Referenzierung der Dokumente.
- **Titel:** Eine kurze Beschreibung oder Bezeichnung des Dokuments.
- **Geometrie:** In Form einer GeometryCollection gemäß dem GeoJSON-Standard repräsentiert, beschreibt die Geometrie die räumlichen Aspekte des Dokuments. Diese kann Punkte, Linien und Polygone enthalten. Sie stellen die Ankerkoordinaten der Georeferenzierung der Dokumente des alten Systems dar.
- **Metadaten:** Ein flexibler Schlüssel-Wert-Paar-Bereich, der zusätzliche Informationen über das Dokument speichert.

Zur effizienten Verwaltung werden jedem Dokument verschiedene Merkmale (Anhang B.2) zugewiesen, die in den Metadaten gespeichert werden. Dazu gehören Dokumentenkennzeichen, Dokumentenart, Dokumententyp, Katasteramt, Jahrgang, Attribute zur Qualität, Schutzstufe,

DIN-Format, Status, Aufbewahrungsort, Relationen. Daneben gibt es Attribute, die spezifisch nach dem Dokumententyp gespeichert werden können. Ein Auszug daraus wird in Anhang B.3 dargestellt. Dabei wird sich in der Darstellung auf wenige, häufig verwendete, Dokumententypen beschränkt.

Das Metadaten-Modell bietet verschiedene Vorteile, die seine Nutzung in der Dokumentenverwaltung besonders effizient und praktikabel machen. Die klare Struktur und die präzise Definition der Attribute ermöglichen eine effiziente Verwaltung auch großer Dokumentenbestände. Zudem wird durch die Verwendung standardisierter Formate wie GeoJSON und JSON eine hohe Interoperabilität gewährleistet, die eine nahtlose Integration in bestehende Systeme und Workflows erleichtert. Darüber hinaus unterstützt die umfassende Beschreibung und Kategorisierung der Dokumente die langfristige Archivierung, wodurch die Inhalte auch über längere Zeiträume hinweg auffindbar und nutzbar bleiben.

Jedes Dokument kann neben den inhaltlichen Metadaten auch Dateien enthalten, die die tatsächlichen Inhalte, also die Vermessungsunterlagen repräsentieren. Diese Dateien sind in der Regel digitalisierte Versionen von analogen Dokumenten oder, wie in Zukunft vorgesehen, direkt erzeugte digitale Artefakte. Die Metadaten des Dokuments enthalten keine direkten Dateiinhalte, sondern Verweise auf gespeicherte Dateien, die in einem zentralen Archivsystem abgelegt sind. Dadurch wird eine effiziente Speicherung und Verknüpfung der Daten gewährleistet. Ergänzend dazu bieten Attribute wie Scanauflösung, Scangüte und Farbkonfiguration detaillierte Informationen über die Qualität und die Eigenschaften der eingebundenen Dateien. Diese Attribute stellen sicher, dass die Dateien den festgelegten Standards entsprechen und somit für die vorgesehenen Anwendungen geeignet sind.

Dokumentenart	Beschreibung
00	Liegenschaftskataster
10	Landesbezugssystem
20	Netz-Liegenschaftskataster

Tabelle 1: Bisherige Dokumentenarten FODIS

Dokumentenart	Beschreibung
01	Liegenschaftskataster – Zahlennachweis
02	Liegenschaftskataster – Urkunden
03	Liegenschaftskataster – Karten
04	Liegenschaftskataster – Netzpunkte
11	Landesbezugssystem

Tabelle 2: Neue Dokumentenarten FODIS

In Kapitel 2.4.1 ist in Abbildung 7 das Benennungsprinzip von Dokumenten des Liegenschaftskatasters gezeigt. Dieses soll auch in FODIS 2.0 beibehalten werden. Allerdings ergibt die Änderung der Unterteilung von drei in fünf Dokumentenarten erfordert eine Änderung in der Nummerierung der Dokumentenart (Abbildungen 1 und 2).

Außerdem wurde das Dokumentenkennzeichen für Dokumente des Netz-Liegenschaftskatasters von 23 auf 24 Stellen erweitert, da der Nummerierungsbezirk nun 9-stellig gemäß UTM-Koordinaten statt 8-stellig nach Gauß-Krüger-Koordinaten dargestellt wird. Dies ermöglicht eine genauere geografische Zuordnung und die Verarbeitung von Dokumenten aus anderen Zonen, da bisher alle UTM-Koordinaten standardmäßig Zone 32 zugeordnet wurden. Auch in der Georeferenzierung ergibt sich eine Änderung. Bisher wurde diese über Ankerkoordinaten, also einzelne Punkte, realisiert. Hierbei wurden bisher zu einigen Dokumenten lediglich eine Ankerkoordinate gespeichert, zu anderen Dokumenten hingegen weitaus mehr als hundert. Im neuen FODIS System soll die Georeferenzierung neben Punkten auch über Linien und Polygone erfolgen können.

Insgesamt ändert sich in der Benennung der Dokumente und auch den grundlegenden Metadaten wenig. Jedoch wird die Speicherung modernisiert, wodurch eine Interoperabilität gesichert wird. Zudem erinnert die Trennung der Speicherung von Metadaten und eigentlichen Dateien an das Prinzip, welches auch von STAC verwendet wird.

Neben diesen strukturellen Angaben wurden mit der Neuentwicklung auch einige Funktionen festgelegt, die im neuen System möglich sein sollen. Zum einen soll eine geometrische Suche und eine attributive Suche ermöglicht werden. Zum anderen soll es möglich sein, Merklisten anzulegen. In diesen können beispielsweise alle recherchierten Dokumente, die für eine Vermessung wichtig sind, gruppiert werden. Zusätzlich zu dem Backend, den APIs und dem Fachkonzept, wird parallel eine Weboberfläche für den Zugriff auf FODIS entwickelt. Anders als in dieser Arbeit wird sich dabei nicht auf einen konkreten Anwendungsfall (Durchführung einer Liegenschaftsvermessung) konzentriert, sondern die Weboberfläche soll ein breites Anwendungsspektrum abbilden.

3.1.3 Identity & Access Management System

Eine Entwicklung, auf die zurückgegriffen werden kann, ist das Identity & Access Management (IAM) System, welches intern im LGLN entwickelt wurde. Dies ist ein einheitliches System für Single-Sign-On, mit dem Informationen über Benutzer und ihre Rollen zentral für alle weiteren Systeme über moderne Schnittstellen (z.B. OAuth2, OpenID Connect) verwaltet und bereitgestellt werden. Für das Benutzen dieser Schnittstelle wird ein Konto bei BundID, Mein-Unternehmenskonto oder ein internes Konto benötigt (Team IAM, 2024 o.S.).

3.1.4 FODIS-REST-API

Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, bildet die FODIS-REST-API eine Schnittstelle für den Zugriff auf die FODIS-Daten. Die API liegt in der Version 0.1.2 vor und ist gemäß der *OpenAPI Spezifikation* 3.0.3 dokumentiert. Sie bietet Zugriff auf verschiedene Ressourcen und unterstützt

eine Vielzahl von Abfrage- und Manipulationsoperationen. Die API ist modular aufgebaut und in verschiedene Ressourcen unterteilt, die unterschiedliche Funktionalitäten bereitstellen. Zu den Hauptressourcen gehören Lesezeichen (*Bookmark Resource*) und Dokumente (*Documents Resource*). Zusätzlich enthält die API temporäre Endpunkte für STAC, die während der Entwicklungsphase des neuen FODIS-Systems eingebunden wurden. Diese Endpunkte sollen nach Abschluss der Arbeiten entfernt werden.

Die Lesezeichen-Ressource ermöglicht die Erstellung und Verwaltung von Lesezeichen, die die Merklisten widerspiegeln. Über Endpunkte wie `GET /api/bookmarks` können alle gespeicherten Merklisten abgerufen werden. Die Erstellung oder Aktualisierung einer Merkliste erfolgt über `PUT /api/bookmarks/bookmarkId`. Diese Funktionalität unterstützt die Organisation und Strukturierung von Dokumenten, wodurch eine effiziente Bearbeitung und Zuordnung zu spezifischen Arbeitsvorgängen ermöglicht wird.

Die Dokumenten-Ressource stellt den zentralen Bestandteil der API dar. Sie repräsentiert die FODIS-Dokumente und ermöglicht deren Verwaltung. Dokumente enthalten Metadaten, und geografische Informationen. Die API führt jedoch keine Plausibilitätsprüfung der Metadaten durch, wodurch keine verbindlichen Vorgaben hinsichtlich der Struktur oder des Inhalts der Metadaten bestehen. Dies bedeutet, dass sowohl die Art der Metadaten als auch deren Aufbau flexibel, jedoch potenziell inkonsistent gestaltet sein können. In Code 1 ist beispielhaft gezeigt, wie PUT Anfrage an den Dokumentenendpunkt mit Metadaten aus Tabelle B.3 aufgebaut sein könnte. Dokumente sind zudem mit Dateien verknüpft, die hochgeladen, abgerufen, aktualisiert oder gelöscht werden können. Der Zugriff auf die Dateien erfolgt über den *Documents-Endpunkt*, der sowohl den direkten Zugriff auf die Dateiressourcen als auch deren Metadaten ermöglicht.

```
1 {
2   "id": "e8ce7e70-11e4-4ed7-8cd5-5d5fdaa3dfa0",
3   "title": "Dokument1",
4   "geometry": {
5     "type": "GeometryCollection",
6     "geometries": [
7       {
8         "type": "Polygon",
9         "coordinates": [
10          [
11            [
12              9.26985427426056,
13              52.927051307683975
14            ],
15            [
16              9.26985427426056,
17              52.928986663083435
18            ],
19            [
20              9.272661581382845,
```

```
21         52.928986663083435
22     ],
23     [
24         9.272661581382845,
25         52.927051307683975
26     ],
27     [
28         9.26985427426056,
29         52.927051307683975
30     ]
31 ]
32 ]
33 }
34 ]
35 },
36 "metadata": {
37     "gemarkung": "TestGemarkung",
38     "flur": "12",
39     "flst_sonstige": "17/3",
40     "datum": "2024-12-04",
41     "jahr": "2024",
42     "vermessungsstelle": "Katasteramt",
43     "katasteramt_referenz": "V7-xxx",
44     "format": "A4",
45     "status": "aktuell",
46     "schutzstufe": "normal",
47     "masseinheit": "Meter",
48     "typ": "Fortfuehrungsriss (Gebaeude)",
49     "art": "Liegenschaftskataster - Zahlennachweis"
50 }
51 }
```

Code 1: Beispiel Einfügen eines Dokuments

Die API unterstützt zudem erweiterte Suchfunktionen, einschließlich der Möglichkeit, Dokumente anhand von Attributen wie Titel, Metadaten oder räumlicher Geometrie zu filtern. Hierfür wird der Endpunkt `POST /api/documents/search` verwendet, der Parameter wie Bounding Box (bbox) und Zeitstempel (datetime) verarbeitet. Dieser Endpunkt war jedoch zum Zeitpunkt der praktischen Umsetzung und der vorhergehenden Entscheidungsfindung in Bezug auf die verwendete API in dieser Arbeit noch nicht verfügbar und wird daher nicht weiter berücksichtigt.

Die API verwendet das *OpenID Connect*-Protokoll zur Authentifizierung und Autorisierung. Dieses Protokoll gewährleistet, dass ausschließlich autorisierte Nutzende Zugriff auf die Ressourcen der API erhalten. Die Nutzung eines standardisierten Authentifizierungsmechanismus stellt sicher, dass Sicherheitsanforderungen, insbesondere im Umgang mit sensiblen und vertraulichen Daten, erfüllt werden.

Die FODIS-REST-API stellt eine robuste und flexible Schnittstelle für die Verwaltung und den Zugriff auf FODIS-Daten bereit. Die modulare Struktur ermöglicht die Erweiterbarkeit und Anpassung an zukünftige Anforderungen.

3.1.5 FODIS STAC

Die Dokumente, die über die FODIS-REST-API (Kapitel 3.1.4) eingefügt oder verändert werden, werden im Backend in einen STAC-Katalog überführt. Dieser Katalog hat eine spezifische Struktur, die dem STAC-Modell entspricht, jedoch in wesentlichen Punkten von der üblichen Verwendung abweicht (Abbildung 12). Im Standardfall wird ein Fortführungsdokument als Item innerhalb des STAC-Katalogs repräsentiert. Die zugehörigen Dateien werden als Assets des Items hinterlegt, wobei in der Regel ein Dokument genau ein Asset umfasst. In Ausnahmefällen, beispielsweise bei historischen Dokumenten, können jedoch mehrere Dateien (und somit mehrere Assets) einem einzigen Dokument zugeordnet sein.

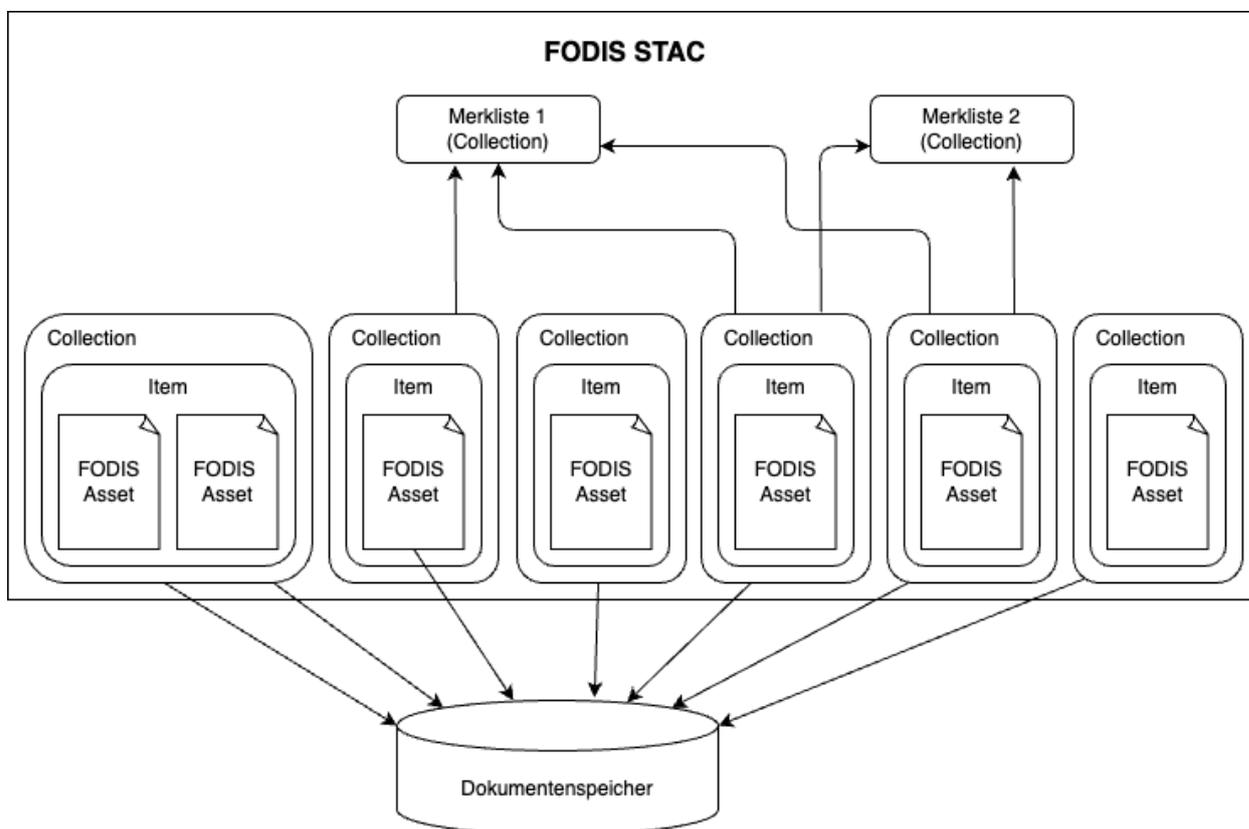


Abbildung 12: Struktur FODIS STAC

Ein grundlegender Unterschied zur standardisierten Nutzung des STAC-Modells ergibt sich durch die Implementierung der Merklistenfunktion. Im Modell des STAC-Katalogs ist jedes Item genau einer Collection zugeordnet, wobei Collections thematische oder organisatorische Zusammenhänge der enthaltenen Items widerspiegeln. Innerhalb des FODIS-Systems führt die Anforderung, dass ein Dokument in mehreren Merklisten gespeichert werden können soll, jedoch zu einer Abweichung von diesem Prinzip. Um diese Funktionalität zu gewährleisten, wird für jedes Item eine eigene Collection erstellt, die genau dieses eine Item enthält. Diese Item-

spezifischen Collections können dann wiederum mehreren Merklisten zugeordnet werden.

Diese Vorgehensweise hat erhebliche Auswirkungen auf die Struktur des Katalogs. Während STAC ursprünglich auf eine überschaubare Anzahl von Collections ausgelegt ist, die eine thematische oder räumliche Gruppierung von Items ermöglichen sollen, führt die implementierte Lösung zu einer erheblichen Fragmentierung. Sobald alle Bestandsdokumente in das neue FODIS-System überführt sind, wird der Katalog über 12,5 Millionen Collections enthalten, wobei jede Collection lediglich ein Item repräsentiert. Hinzu kommen die Collections, die für die Speicherung der Merklisten benötigt werden. Diese Implementierung steht im Widerspruch zu den Designprinzipien von STAC, die eine übersichtliche und effiziente Organisation großer Mengen von Geodaten anstreben. Im klassischen STAC-Modell werden Collections verwendet, um kontextbezogene oder hierarchische Beziehungen zwischen Items herzustellen. Die hier beschriebene Umsetzung hingegen nutzt Collections primär als technische Lösung zur Realisierung der Merklistenfunktion.

Diese Abweichung birgt Herausforderungen in Bezug auf die Skalierbarkeit und Performanz des Systems. Die Verwaltung einer solch großen Anzahl von Collections kann zu einer potenziellen Beeinträchtigung der Abfragegeschwindigkeit führen, was jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht geprüft werden kann, da noch keine Überführung der Bestandsdokumente stattgefunden hat. Zudem erhöht sich die Komplexität der technischen Umsetzung. Zukünftige Arbeiten sollten daher darauf abzielen, alternative Ansätze zur Abbildung von Merklisten im STAC-Katalog zu evaluieren, die die Grundprinzipien des STAC-Modells stärker berücksichtigen und die Effizienz und Skalierbarkeit des Katalogs verbessern.

Der FODIS-STAC-Katalog entspricht der Spezifikation in Version 1.0.0. Der Zugriff erfolgt über eine Implementierung einer STAC-FastAPI. Der Katalog ist auf eine breite Konformität ausgerichtet. Die im Abschnitt `conformsTo` aufgelisteten URLs weisen auf spezifische Spezifikationen hin, die den Umfang und die Funktionalität des Katalogs definieren:

- **STAC-Kernspezifikation und Erweiterungen:**

Die Konformität mit der STAC-Core-Spezifikation stellt sicher, dass die grundlegenden Anforderungen und Strukturen des STAC-Modells eingehalten werden. Dazu gehören die Definition von Items, Collections und Metadaten (STAC Specification Team, 2023a o.S.). Erweiterungen wie `Item-Search` ermöglichen die Implementierung von Abfragemöglichkeiten, einschließlich Filter- und Sortioptionen (`item-search#filter` und `item-search#sort`) (STAC Specification Team, 2023b o.S.).

- **OGC API-Kompatibilität:**

Die Einhaltung der OGC API-Spezifikationen, wie OGC API Features, gewährleistet eine interoperable und standardisierte Schnittstelle für Geodaten. Dies umfasst die Unterstützung von GeoJSON (`conf/geojson`) und die Abfrage von räumlichen Features (`conf/features-filter`) (Open Geospatial Consortium, 2019 o.S.).

- **CQL2-Support:**

Die Unterstützung von Common Query Language (CQL) 2.0 erlaubt erweiterte Abfrageoperationen in JSON- oder Textformat. Diese Funktionalität ist zentral für die Filterung und Sortierung von Daten (Open Geospatial Consortium, 2021 o.S.).

- **Transaktionsfähigkeiten:**

Die Erweiterungen `ogcapi-features/extensions/transaction` und `collections/extensions/transaction` ermöglichen es, Ressourcen dynamisch zu erstellen, zu aktualisieren oder zu löschen, was besonders bei der Integration neuer Daten von Bedeutung ist (Open Geospatial Consortium, n.d. o.S., STAC API Extensions Team, n.d. o.S.).

In dem STAC-System werden die Daten, die die Dokumente beschrieben wie folgt gespeichert. Dazu wird das in Code 1 eingefügte Dokument als Beispiel verwendet. In Code 2 ist der Aufbau der Collection dargestellt. Neben der ID und dem Titel sind Links unter anderem zum dazugehörigen Item und zu anderen Collections (Merklisten) vorhanden. Dazu wird die geografische Ausdehnung der Collection als Bounding Box gespeichert. Zusätzlich sind die Titel der Assets des Items angegeben. Die eingegebenen Metadaten sind hier noch nicht zu finden.

In dem STAC-System, werden die Dokumente, die über die FODIS-REST-API eingefügt werden (Code 1), in der oben beschriebenen Struktur abgebildet. Die Collection in Code 2 repräsentiert ein einzelnes Dokument in diesem System und enthält allgemeine Metadaten wie eine eindeutige ID, den Titel sowie Links zu zugehörigen Items und weiteren Collections (Merklisten). Diese Links ermöglichen die Verknüpfung der Collection mit anderen thematisch oder organisatorisch relevanten Elementen im STAC-Katalog. Die geografische Ausdehnung der Collection wird durch eine Bounding Box angegeben, die auf den Geometrien des zugehörigen Items basiert. Im Feld `item_assets` sind die Titel der Assets der Items hinterlegt, jedoch keine detaillierten Metadaten. Die Collection speichert somit lediglich den Titel des Dokuments und Relationen zu anderen Dokumenten.

```
1      {
2        "id": "e8ce7e70-11e4-4ed7-8cd5-5d5fdaa3dfa0",
3        "type": "Collection",
4        "links": [
5          {
6            "rel": "items",
7            "type": "application/geo+json",
8            "href":
9              "https://d06a957e-adcd-4175-9bf5-326b5dd7bc0c.staging.stac.
10               lgl.niedersachsen.dev/collections/e8ce7e70-11e4-4ed7-8cd5-
11               5d5fdaa3dfa0/items"
12          },
13          {...weitere Links...}
14        ],
15        "title": "Dokument1",
16        "assets": {},
17        "extent": {
```

```
15     "spatial": {
16         "bbox": [
17             [
18                 9.26985427426056,
19                 52.927051307683975,
20                 9.272661581382845,
21                 52.928986663083435
22             ]
23         ]
24     },
25     "temporal": {
26         "interval": [
27             [
28                 "2024-12-04T14:20:22Z",
29                 "2024-12-04T14:20:22Z"
30             ]
31         ]
32     }
33 },
34 "license": "-",
35 "providers": [],
36 "description": "-",
37 "item_assets": {
38     "30b5fb57-bd5c-490c-acde-a60b93b26e3c": {
39         "type": "application/pdf",
40         "title": "30b5fb57-bd5c-490c-acde-a60b93b26e3c.pdf"
41     }
42 },
43 "stac_version": "1.0.0",
44 "stac_extensions": []
45 }
```

Code 2: FODIS STAC Collection

Ein Item innerhalb der Collection repräsentiert das spezifische Fortführungsdokument und enthält die Metadaten, die das Dokument beschreiben (Code 3). Die ID des Items setzt sich aus der ID der zugehörigen Collection und einem Präfix (`item-`) zusammen, wodurch eine eindeutige Identifikation gewährleistet wird. Zusätzlich sind die geografische Ausdehnung des Items (Bounding Box) sowie die genaue Geometrie des Dokuments gespeichert.

Die Metadaten, die über die FODIS-REST-API eingefügt wurden, werden in den `properties` des Items gespeichert (Code 3). Diese Metadaten erlauben eine detaillierte Beschreibung und Klassifizierung des Dokuments und bilden die Grundlage für Such- und Filterfunktionen. Die dem Item zugeordneten Dateien werden als Assets gespeichert. Ein Asset enthält die URL der Datei, das Dateiformat (z. B. `application/pdf`) und den Dateinamen. Diese Informationen ermöglichen den direkten Zugriff auf die verknüpften Dokumentdateien. Dabei wird sichergestellt, dass die Berechtigungen über die FODIS-REST-API geprüft werden, um einen autorisierten

Zugriff auf die Dateien zu gewährleisten.

```
1 {
2   "id": "item-e8ce7e70-11e4-4ed7-8cd5-5d5fdaa3dfa0",
3   "bbox": [
4     9.26985427426056,
5     9.272661581382845,
6     52.927051307683975,
7     52.928986663083435
8   ],
9   "type": "Feature",
10  "links": [...eine Reihe von Links...],
11  "assets": {
12    "30b5fb57-bd5c-490c-acde-a60b93b26e3c": {
13      "href":
14        "https://fodis-edu-inga.prototypen.lgln.niedersachsen.dev/
15        api/documents/e8ce7e70-11e4-4ed7-8cd5-5d5fdaa3dfa0/files/
16        30b5fb57-bd5c-490c-acde-a60b93b26e3c",
17      "type": "application/pdf",
18      "title": "30b5fb57-bd5c-490c-acde-a60b93b26e3c.pdf"
19    }
20  },
21  "geometry": {
22    "type": "Polygon",
23    "coordinates": [
24      [
25        9.26985427426056,
26        52.927051307683975
27      ],
28      [
29        9.26985427426056,
30        52.928986663083435
31      ],
32      [
33        9.272661581382845,
34        52.928986663083435
35      ],
36      [
37        9.272661581382845,
38        52.927051307683975
39      ],
40      [
41        9.26985427426056,
42        52.927051307683975
43      ]
44    ]
45  },
46 }
```

```
45 "collection": "e8ce7e70-11e4-4ed7-8cd5-5d5fdaa3dfa0",
46 "properties": {
47   "art": "Liegenschaftskataster - Zahlennachweis",
48   "typ": "Fortfuehrungsriss (Gebaeude)",
49   "flur": "12",
50   "jahr": "2024",
51   "datum": "2024-12-04",
52   "format": "A4",
53   "status": "aktuell",
54   "datetime": "2024-12-04T14:20:22Z",
55   "gemarkung": "TestGemarkung",
56   "masseinheit": "Meter",
57   "schutzstufe": "normal",
58   "flst_sonstige": "17/3",
59   "vermessungsstelle": "Katasteramt",
60   "katasteramt_referenz": "V7-xxx"
61 },
62 "stac_version": "1.0.0",
63 "stac_extensions": []
64 }
```

Code 3: FODIS STAC Item

3.2 Grundlegende Konzeption

Dieses Kapitel beschreibt die grundlegende Konzeption, die als Basis für die Entwicklung eines benutzerfreundlichen und effizienten Systems zur Integration vermessungstechnischer Prozesse in QGIS dient. Ziel ist es, eine durchgängige und innovative Lösung zu entwickeln, die sowohl die technischen als auch die organisatorischen Anforderungen der Digitalisierung der Prozesse des Liegenschaftskatasters erfüllt. Dabei werden neben den technischen Entscheidungen, die getroffen werden, auch grundlegende Gestaltungsprinzipien definiert, die konsistent auf alle Entwicklungen angewendet werden. Diese Prinzipien orientieren sich an den Standards der Usability (Kapitel 2.5).

Für die Integration vermessungstechnischer Prozesse in QGIS ist zunächst zu entscheiden, ob diese über die Entwicklung eigener Plugins oder durch die Verwendung von Python-Skripten und den Python-Interpreter erfolgen soll. Um eine breite Akzeptanz und Nutzung sicherzustellen, muss die Integration daher möglichst einfach und intuitiv bedienbar gestaltet werden.

Eine Analyse der in Kapitel 2.2 beschriebenen Integrationsmöglichkeiten zeigt, dass die Entwicklung von Plugins die benutzerfreundlichste Lösung darstellt. Plugins ermöglichen eine klare, strukturierte und interaktive Benutzeroberfläche, die sowohl technisch weniger versierten als auch erfahrenen Nutzern zugutekommt. Darüber hinaus erlaubt die Modularität von Plugins, verschiedene Anwendungsbereiche wie die Dokumentsuche, Dokumentenerstellung sowie die Attributierung und den Upload von Daten in separaten Plugins zu entwickeln.

Bei der Entwicklung der QGIS-Plugins stehen die Usability-Kriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit im Mittelpunkt. Eine intuitive Benutzerführung mit klaren Strukturen, verständlichen Beschriftungen und kontextbezogenen Hilfen unterstützt die Orientierung und erleichtert die Nutzung. Effizienz wird durch die Automatisierung wiederkehrender Aufgaben und die Möglichkeit zur Anpassung der Arbeitsabläufe gefördert. Fehlertoleranz wird durch Eingabebeschränkungen, eindeutige Fehlermeldungen und eine klare Fehlerbehandlung gewährleistet. Eine minimalistische Gestaltung der Benutzeroberfläche mit kontrastreicher Farbgebung sorgt zudem für eine ergonomische Nutzung. Um den spezifischen Anforderungen der einzelnen Schritte des Vermessungsprozesses gerecht zu werden, ist die Entwicklung spezialisierter Plugins sinnvoll.

Ein einheitliches Erscheinungsbild der entwickelten Plugins trägt wesentlich zur Wiedererkennbarkeit und Konsistenz der Benutzeroberfläche bei. Alle Plugins sollen daher einem einheitlichen Farbschema folgen. Insbesondere soll der vom LGLN-Styleguide vorgegebene Rotton (#C4153A) als primäre Akzentfarbe verwendet werden. Dieser Farbton wird gezielt eingesetzt, um wichtige Elemente wie aktive Buttons, Warnhinweise oder markierte Objekte hervorzuheben.

Die Wahl eines konsistenten Farbschemas, das insbesondere den Rotton des LGLN umfasst, unterstützt nicht nur die visuelle Identität, sondern verbessert auch die Benutzerfreundlichkeit. Farben sind ein essenzielles Mittel zur Strukturierung von Informationen und helfen den Nutzern, sich besser zu orientieren. Durch die konsequente Verwendung dieses Farbtons werden Schlüssellaktionen und relevante Informationen schnell erkennbar, was die kognitive Belastung der Nutzer reduziert und die Effizienz erhöht. Insgesamt spielt die Usability jedoch eine untergeordnete Rolle in der Entwicklung der Plugins, da auch der in Kapitel 2.5.2 benutzerorientierte Gestaltungsprozess unter Einbeziehung von Anwendern im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt wurde.

In den folgenden Kapiteln werden die spezifischen Konzepte für die einzelnen Plugins detailliert beschrieben. Dabei wurden wesentliche Teile dieser Konzepte umgesetzt, während einige Funktionen und Aspekte bislang nicht realisiert wurden und für zukünftige Entwicklungsphasen vorgesehen sind.

3.3 Konzeption für Dokumentensuche

Für die Dokumentensuche, die im Kontext der Vorbereitung von Vermessungsunterlagen erfolgt, können alle Schnittstellen verwendet werden, die auf das Read-Modell zugreifen. Diese Aufgabe ist essenziell, um raum-zeitliche Abfragen durchzuführen und relevante Dokumente effizient bereitzustellen. Hierfür würden sich theoretisch alle in Abbildung 11 dargestellten Schnittstellen eignen. Die Auswahl der geeigneten Schnittstelle hängt jedoch stark von den spezifischen Anforderungen hinsichtlich Effizienz, Flexibilität und Interoperabilität ab.

Für den Abruf von Dokumenten mit raum-zeitlichem Bezug ist STAC die bevorzugte Wahl, da es speziell für die Verwaltung und Abfrage raumzeitlicher Daten entwickelt wurde. Es vereint Effizienz, Interoperabilität und Flexibilität und ist somit optimal für den Anwendungsfall der Vorbereitung von Vermessungsunterlagen geeignet. Im Gegensatz dazu war die FODIS-REST-

API in der zum Zeitpunkt der Entscheidung verfügbaren Version noch nicht für den effizienten Abruf raumzeitlicher Daten ausgelegt und kam daher für diesen Anwendungsfall nicht infrage. Die Kombination aus SOAP und WMS ist speziell für den Anwendungsfall ASL konzipiert, bisher aber noch nicht umgesetzt. Diese Option ist dadurch deutlich komplexer und weniger flexibel als die Alternativen. Aufgrund dieser Überlegungen fiel die Entscheidung klar zugunsten der Verwendung der STAC-API in Verbindung mit dem FODIS-STAC-Katalog aus, da es die spezifischen Anforderungen des Vermessungsprozesses am besten erfüllt.

Für das Abrufen von STAC Katalogen ist in QGIS bereits ein Plugin vorhanden, der „STAC API Browser“ (Kapitel 2.2.4). Da die Entscheidung gefallen ist, den Zugriff auf FODIS durch STAC zu realisieren, wird zuerst untersucht, ob dieses Plugin verwendet werden und somit auf eine Eigenentwicklung verzichtet werden kann. Die Anforderungen an die Neugestaltung des Zugriffs auf FODIS ergeben sich aus einer Analyse der bisherigen Zugriffsmöglichkeiten, die in verschiedenen Systemen implementiert sind. Diese bestehenden Lösungen bieten Erkenntnisse über die praktischen Nutzungsszenarien und die damit verbundenen Herausforderungen, woraus sich die Entscheidung für oder gegen eine Neuentwicklung treffen lässt.

Eine der primären Zugriffsmöglichkeiten auf FODIS ist der „LGLN-Viewer“, welcher eine grafische Interaktion mit den Geodaten ermöglicht. Hierbei zeichnet der Benutzer zunächst ein Polygon, das den geografischen Bereich definiert, in dem nach Dokumenten gesucht werden soll. Sollte der gezeichnete Bereich in die Zuständigkeit mehrerer Katasterämter fallen, muss die Suche auf eines dieser Ämter beschränkt werden. Nach der Definition des Suchbereichs können zusätzliche Einschränkungen vorgenommen werden, beispielsweise durch die Auswahl spezifischer Dokumententypen und -arten sowie die Eingrenzung des Erstellungszeitraums der Dokumente (Abbildung 13). Die Suchergebnisse werden anschließend in Form einer Liste präsentiert, die eine Anzeige oder den Download der Dokumente ermöglicht. Dieses Verfahren bietet eine intuitive Möglichkeit, Dokumente innerhalb eines klar definierten geografischen Bereichs zu suchen, weist jedoch Einschränkungen hinsichtlich der Flexibilität auf, da die Auswahl immer an einen grafisch festgelegten Bereich gekoppelt ist.

Katasteramt -Auswählen- ▾

Netz-Liegenschaftskataster AP F L N I
 PP G M S E
Liegenschaftskataster RR V C U D
Übersichten /Vermessungsrisse PP-Ü P H W T
 VR-Ü K

Jahr -

Nicht zugeordnete Dokumente

Inhaltsverzeichnis F-Band **G-Band**

Abbildung 13: FODIS Suche LGLN Viewer

Der Zugriff auf FODIS über das System DiRA unterscheidet sich grundlegend vom „LGLN-Viewer“, da hier keine grafische Auswahl eines Suchbereichs erfolgt. Stattdessen basiert die Suche auf dokumentenspezifischen Eigenschaften oder auf Flurstückskennzeichen. Eine zusätzliche Möglichkeit besteht darin, Dokumente über direkte Koordinatenangaben zu suchen. Diese Koordinaten müssen jedoch manuell eingegeben werden (Abbildung 14), was die Benutzerfreundlichkeit erheblich einschränkt und diese Funktionalität in der Praxis wenig gebräuchlich macht. Obwohl diese Art des Zugriffs eine präzise Eingrenzung der Suche ermöglicht, fehlt die visuelle Interaktion, die insbesondere bei größeren Suchbereichen von Vorteil wäre.



Abbildung 14: FODIS Suche DiRA

Für externe Nutzer bietet sich der Zugriff über das System ASL an, das ebenfalls eine Suche nach FODIS-Dokumenten ermöglicht. Hierbei kann die Suche sowohl über geometrische Parameter als auch über Attributdaten erfolgen. Diese Funktionalität bietet eine vergleichsweise umfassende Flexibilität und wird daher insbesondere von externen Nutzern geschätzt. Jedoch ist auch hier die Benutzerfreundlichkeit durch die fehlende Integration einer intuitiven grafischen Benutzeroberfläche eingeschränkt.

Die Analyse der bestehenden Zugriffsmöglichkeiten auf FODIS sowie die Evaluierung des „STAC API Browser“ machen deutlich, dass ein individuelles Plugin entwickelt werden sollte, das die spezifischen Anforderungen der Nutzer erfüllt. Während der „STAC API Browser“ prinzipiell über die nötigen Funktionen verfügt, um eine räumliche, zeitliche und attributbasierte Suche zu ermöglichen, weist er in seiner derzeitigen Form erhebliche Schwächen hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit auf, da durch die Vielzahl an Funktionen der Benutzer leicht überfordert werden kann.

Ein zentrales Problem des „STAC API Browser“ ist die fehlende Intuitivität der Attributsuche. Obwohl das System theoretisch in der Lage ist, Attribute in den Metadaten zu verarbeiten, ist die Bedienung für weniger technisch versierte Nutzer wenig zugänglich. Darüber hinaus bietet der Browser zahlreiche Funktionen, die für die angedachten Anwendungsfälle überflüssig sind und somit die Benutzeroberfläche unnötig komplex gestalten. Dazu zählen:

- Das Erstellen neuer Verbindungen und das Hinzufügen von Footprints, die im FODIS-Kontext nicht benötigt werden.
- Die Integration von Assets in ein QGIS-Projekt, obwohl die Dokumente nicht auf der Kartenfläche visualisiert werden sollen.
- Die integrierte Filterfunktion für Collections, die jede einzelne Dokument-Collection als separate Option anzeigt. Aufgrund der Struktur des FODIS-STAC, bei der jedes Item einer eigenen Collection zugeordnet ist, führt dies zu einer Anzeige von über 12,5 Millionen Collections. Dies macht die Funktion ineffizient und unpraktikabel. Für den vorgesehenen Anwendungsfall wäre es denkbar, die Filterfunktion so anzupassen, dass ausschließlich Merklisten als Collections angezeigt werden.

Diese Schwächen beeinträchtigen die Effizienz und Zufriedenheit der Nutzer, was im Widerspruch zu den Grundsätzen der Software-Ergonomie steht. Aus diesen Gründen wurde entschieden, ein individuelles Plugin zu entwickeln, das spezifisch auf die Anforderungen von FODIS-Nutzern zugeschnitten ist.

Das neue Plugin wird sich an den grundlegenden Such- und Filterfunktionen des „LGLN-Viewer“, ASL und DiRA orientieren und vereinen, um deren Stärken zu kombinieren und gleichzeitig die Schwächen zu beheben. Es wird eine intuitive Benutzeroberfläche bereitstellen, die es ermöglicht, sowohl räumliche als auch zeitliche und attributbasierte Suchanfragen einfach und effizient durchzuführen. Darüber hinaus wird die Möglichkeit geboten, Merklisten anzulegen und zu verwalten, um wiederkehrende Anfragen und häufig genutzte Dokumente zu organisieren.

Der Funktionsumfang des Plugins umfasst die folgenden wesentlichen Funktionen:

- **Autorisierung:** Gewährleistung, dass nur berechtigte Nutzer auf die Funktionen des Plugins zugreifen können.
- **Suche und Filterung nach:**
 - **Bereich:** Auswahl eines geografischen Suchbereichs.
 - **Zeitraum:** Einschränkung der Suchergebnisse auf einen bestimmten Zeitraum.
 - **Attributen:** Direkte Suche nach Attributen.
 - **Dokumententyp:** Filterung der Ergebnisse nach Art des Dokuments.
- **Anlegen und Abrufen von Merklisten:** Organisation und Wiederverwendung von Dokumentenlisten für spezifische Anwendungsfälle.
- **Anzeige und Download von Dokumenten:** Zugriff auf die Suchergebnisse mit der Möglichkeit, Dokumente lokal zu speichern oder direkt einzusehen.

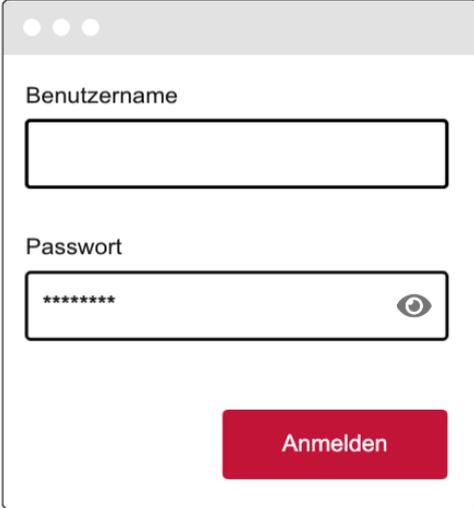
Das neue Plugin wird eine gezielte Verbesserung der bisherigen Such- und Zugriffsmöglichkeiten auf FODIS darstellen. Durch die Kombination der Stärken bestehender Systeme und die Eliminierung unnötiger Funktionen wird eine benutzerfreundliche und effiziente Lösung geschaffen,

die den Anforderungen der verschiedenen Nutzergruppen gerecht wird. Die Orientierung an den Grundsätzen der Usability stellt sicher, dass die Nutzung des Plugins sowohl intuitiv als auch effektiv ist.

Im Fokus des im Folgenden konzipierten Plugins steht insbesondere der Anwendungsfall der Dokumentensuche im Rahmen der Vorbereitung von Vermessungen. Die Filterfunktionen werden so konzipiert, dass sie den Arbeitsablauf bei der Recherche von Vermessungsunterlagen optimal unterstützen.

Entwurf der Benutzeroberfläche und Funktionsweise des Plugins

Die Konzeption der Benutzeroberfläche des Plugins orientiert sich an den Prinzipien der Usability, insbesondere an der Förderung von Benutzerfreundlichkeit, Effizienz und Fehlervermeidung. Ziel ist es, eine intuitive und leicht verständliche Interaktion zu ermöglichen, die den Nutzenden auch ohne intensive Schulung eine effektive Anwendung erlaubt.



Das Bild zeigt ein Mockup eines Anmeldefensters. Oben links sind drei kleine Kreise als Fensterkontrollen dargestellt. Darunter befindet sich ein Textfeld mit der Beschriftung 'Benutzername'. Darunter folgt ein weiteres Textfeld mit der Beschriftung 'Passwort', in dem sieben Sternchen (*) eingegeben sind. Rechts neben dem Passwortfeld ist ein Icon eines Auges zu sehen, das zur Umschaltung der Sichtbarkeit des Passworts dient. Unterhalb dieser beiden Eingabefelder befindet sich ein breiter, roter Button mit der Aufschrift 'Anmelden' in weißer Schrift.

Abbildung 15: Entwurf Anmeldung

Zu Beginn der Nutzung des Plugins wird ein Autorisierungsfenster angezeigt (Abbildung 15). Dieses Fenster gewährleistet durch die Integration des IAM des LGLN (Kapitel 3.1.3), dass nur autorisierte Nutzer Zugriff auf die Funktionen des Plugins haben. Gleichzeitig trägt die Verwendung eines etablierten Authentifizierungsverfahrens dazu bei, die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen, da die Nutzer mit den 3.1.3-Prozessen des LGLN vertraut sind und keinen neuen Anmeldeprozess erlernen müssen.

Nach der erfolgreichen Anmeldung wird ein Suchfenster geöffnet (Abbildung 16), das die Grundlage für die Dokumentensuche bildet. Um im Sinne der Usability, die Benutzerfreundlichkeit und Effizienz zu gewährleisten, bietet die Suchoberfläche verschiedene Filteroptionen, die eine präzise Eingrenzung der Ergebnisse ermöglichen und so die Relevanz der angezeigten Daten maximieren. Zu den Hauptoptionen der Suche zählen die Eingrenzung nach geografischem Bereich, Flurstückskennzeichen, Dokumententitel oder Geschäftszeichen des Vorgangs, in dessen Rahmen das Fortführungsdokument angefertigt wurde. Alternativ können alle verfügbaren Merklisten ange-

fordert werden, aus denen die Nutzenden eine spezifische Merkliste auswählen können, deren Items dann in den Suchergebnissen angezeigt werden. Die klare Trennung und Strukturierung dieser Hauptoptionen reduziert die kognitive Belastung der Nutzer und gewährleistet eine intuitive Bedienbarkeit. Von diesen Hauptoptionen muss zu Beginn der Suche genau eine ausgewählt sein.

Neben den obligatorischen Hauptfiltern stehen optionale Filter zur Verfügung, mit denen die Ergebnisse weiter eingegrenzt werden können. Dazu gehören die Filterung nach Jahrgang und Dokumententyp. Diese zusätzlichen Optionen verbessern die Usability, indem sie den Nutzenden die Möglichkeit bieten, die Suchergebnisse an ihre spezifischen Anforderungen anzupassen.

The image shows a software interface for document search. It features several sections:

- Merklisten:** A list of six 'Merkliste' items (1-6) with a 'Katasteramt' dropdown and a 'Merklisten finden' button.
- Ausdehnung:** A section with a checked checkbox, containing directional input fields (Nord, West, Ost, Süd), dropdowns for 'Berechne aus:' (Layer, Layout-Karte, Lesezeichen), and buttons for 'Kartenausschnittsausdehnung' and 'Auf Kartenansicht zeichnen'.
- Suche nach Flurstückkennzeichen:** A section with a checkbox, containing dropdowns for 'Katasteramt', 'Gemarkung', and 'Flur', and a 'Flurstückskennzeichen' input field with a slash separator.
- Suche nach Geschäftszeichen:** A section with a checkbox, containing a 'Geschäftszeichen' input field and a 'Katasteramt' dropdown.
- Suche nach Dokumententitel:** A section with a checkbox and a 'Dokumententitel' input field.

Additional elements include a 'Jahr' dropdown set to '2024' and three radio button options: 'F - Fortführungsriß (Flurstück)' (checked), 'G - Fortführungsriß (Gebäude)', and 'AP - AP-Beschreibung'. A large red 'Suche' button is located at the bottom right.

Abbildung 16: Entwurf FODIS Dokumentensuche Fenster

Ein wesentlicher Aspekt der Suchfunktionalität ist die Möglichkeit, Suchergebnisse bei bestimmten Filtern gezielt nach Katasterämtern einzuschränken. Diese Funktion wurde bewusst integriert, um die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern und potenzielle Mehrdeutigkeiten zu vermeiden. Zum einen ist die Filterung nach Katasterämtern bei der Abfrage bestehender Merklisten

verfügbar. Angesichts der erwarteten großen Anzahl landesweit angelegter Merklisten erleichtert diese Filteroption die Übersichtlichkeit erheblich. Durch die Eingrenzung auf ein spezifisches Katasteramt können Nutzende gezielt die relevanten Merklisten einsehen, die für ihre Arbeit von Bedeutung sind. Diese Funktion trägt entscheidend dazu bei, die Navigation durch umfangreiche Datenbestände zu vereinfachen und ermöglicht eine schnelle, zielgerichtete Recherche. Zum anderen wurde die Katasteramtsfilterung auch in die Suche nach Geschäftszeichen integriert. Da Geschäftszeichen zwar innerhalb eines Katasteramts einzigartig, jedoch landesweit mehrfach vergeben sein können, bietet diese zusätzliche Einschränkung die Möglichkeit, die Ergebnisse auf das jeweilige Katasteramt zu fokussieren. Angesichts der 53 Katasterämter in Niedersachsen gewährleistet diese Funktionalität, dass ausschließlich relevante Treffer angezeigt werden, wodurch die Suche präziser und effizienter wird.

Diese gezielten Filteroptionen reduzieren die kognitive Belastung der Nutzenden, minimieren irrelevante Suchergebnisse und vermeiden eine Überforderung durch übermäßig große Trefferlisten. Auf diese Weise wird nicht nur die Effizienz der Suchprozesse gesteigert, sondern auch die Bedienung an die Prinzipien der Usability angepasst, indem eine intuitive, übersichtliche und zielgerichtete Nutzung ermöglicht wird.

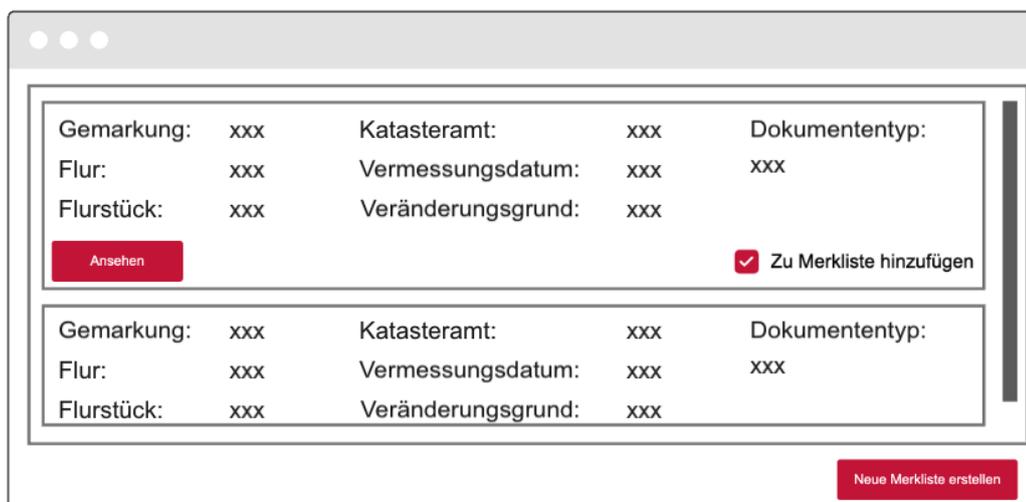


Abbildung 17: Entwurf Ergebnisse FODIS Suche

Nach Abschluss der Suche wird ein Ergebnisfenster geöffnet, in dem die gefundenen Items in einer übersichtlichen Liste dargestellt werden (Abbildung 17). Jedes Ergebnis wird mit den wichtigsten Metadaten angezeigt, um den Nutzenden eine schnelle Orientierung und Bewertung der Einträge zu ermöglichen. Zu den dargestellten Metadaten gehören:

- Katasteramt, Gemarkung, Flur und Flurstücksnummer
- Geschäftszeichen der Vermessung
- Veränderungsgrund
- Aufnahmedatum
- Dokumententyp

Diese Metadaten wurden gezielt ausgewählt, da sie für die Identifikation und Relevanzbewertung der Suchergebnisse entscheidend sind. Angaben wie Katasteramt, Gemarkung, Flur und Flurstücksnummer bieten eine präzise geografische Zuordnung. Das Geschäftszeichen der Vermessung und der Veränderungsgrund geben zusätzliche Kontextinformationen, die eine direkte Einschätzung der fachlichen Relevanz des Dokuments ermöglichen. Das Aufnahmedatum unterstützt die zeitliche Einordnung der Dokumente, während der Dokumententyp eine erste Klassifizierung des Inhalts bietet. Andere Metadaten, wie etwa das DIN-Format oder Angaben zur Scanqualität, wurden bewusst nicht in der Ergebnisübersicht aufgenommen. Diese Attribute sind zwar wichtig für die technische Spezifikation der Dokumente, spielen jedoch in der Phase der Ergebnisbewertung im Rahmen der Vorbereitung einer Vermessung eine untergeordnete Rolle. Eine Überladung der Ergebnisliste mit technischen Details würde die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit erheblich beeinträchtigen und den Fokus der Nutzenden von den entscheidenden Auswahlkriterien ablenken.

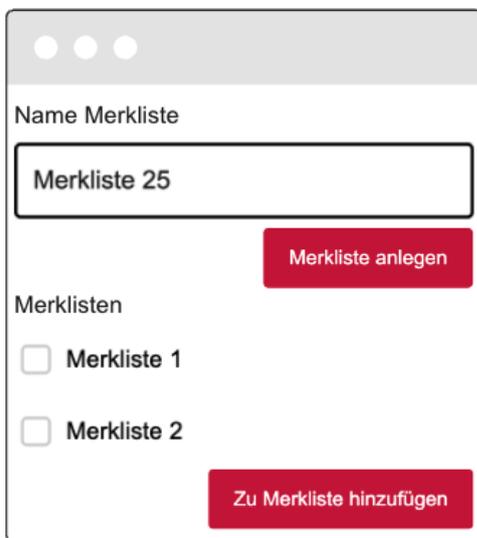


Abbildung 18: Entwurf Merkliste erstellen



Abbildung 19: Entwurf Asset Anzeige

Zusätzlich ist jedem Ergebnis eine Checkbox zugeordnet, über die es ausgewählt werden kann. Am unteren Rand des Fensters befindet sich ein Button, mit dem aus den ausgewählten Ergebnissen eine neue Merkliste erstellt werden kann. Nach Betätigung dieses Buttons öffnet sich ein Dialogfenster (Abbildung 18). Im geöffneten Fenster haben Nutzende die Wahl, entweder eine neue Merkliste zu erstellen, indem sie einen Namen definieren, oder die zuvor ausgewählten Dokumente einer bereits bestehenden Merkliste hinzuzufügen.

Darüber hinaus enthält jedes Ergebnisitem eine Schaltfläche, über die die zugehörigen Assets des Items angezeigt werden können. Beim Klicken auf diese Schaltfläche öffnet sich ein weiteres Fenster (Abbildung 19), in dem die Assets des ausgewählten Items aufgelistet werden. In der Liste sind die ID's sowie das Dateiformat des Assets angegeben. Zwei weitere Schaltflächen sind für jedes Asset verfügbar: eine Vorschaufunktion, die eine Voransicht des Assets ermöglicht, und eine Downloadoption, mit der das Asset heruntergeladen werden kann.

Diese klare und strukturierte Präsentation der Suchergebnisse gewährleistet eine intuitive Bedienung und unterstützt die Nutzenden dabei, schnell und effizient auf die benötigten Informationen zuzugreifen. Die gezielte Auswahl der angezeigten Metadaten stellt sicher, dass die Ergebnisübersicht übersichtlich bleibt und sich auf die entscheidenden Informationen konzentriert, was zur Usability und Effizienz beiträgt. Gleichzeitig trägt die Möglichkeit zur Vorschau und zum selektiven Download der Assets dazu bei, die Daten gezielt und bedarfsgerecht zu nutzen, was den Prinzipien der Softwareergonomie und Benutzerfreundlichkeit entspricht.

Funktionsweise des Plugins

Bei der Nutzung des Plugins erfolgt zunächst eine Autorisierung über das IAM des LGLN (Kapitel 3.1.3), die den Zugriff auf die Funktionen des Plugins absichert. Nach erfolgreicher Authentifizierung wird der Hauptdialog der Dokumentensuche angezeigt, der eine Auswahl verschiedener Hauptfilterfunktionen ermöglicht. Standardmäßig ist die geografische Bereichssuche aktiviert. Zu jedem Zeitpunkt kann nur eine Hauptfilterfunktion aktiv sein, wodurch die Benutzeroberfläche übersichtlich bleibt und potenzielle Fehler durch Mehrfachauswahlen vermieden werden.

Die Bereichssuche bietet dieselben Funktionen wie die Bereichssuche des „STAC API Browsers“ (Kapitel 2.2.4). Nutzende können die Ausdehnung direkt aus dem Kartenausschnitt übertragen, händisch auf der Karte zeichnen, oder die Ausdehnung aus Layern, Layouts oder Lesezeichen übernehmen. Dies erhöht die Interaktivität und minimiert die Fehler durch manuelle Eingaben. Im Gegensatz dazu basieren die anderen Filterfunktionen vornehmlich auf Texteingaben oder Auswahlmöglichkeiten. Für Filtermethoden, bei denen Katasteramt, Gemarkung oder Flur spezifiziert werden müssen, wie beispielsweise bei der Suche nach Flurstückskennzeichen, sind die jeweils existierenden Optionen im System hinterlegt. Dies bedeutet, dass Nutzende aus vordefinierten und validierten Einträgen auswählen können, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Eingabefehlern erheblich reduziert wird. Die Suche nach Flurstückskennzeichen erfordert zudem nicht, dass alle Eingabefelder ausgefüllt werden. So können beispielsweise lediglich Katasteramt, Gemarkung und Flur spezifiziert werden, um alle zugehörigen Dokumente einer Flur zu erhalten.

Wird die Bereichssuche oder die Suche nach Flurstückskennzeichen ausgewählt, werden zusätzlich eingegebene Jahreszahlen ausgelesen, um die Suchanfrage auf den entsprechenden Zeitraum einzugrenzen. Erfolgt keine Eingabe für den Zeitraum, wird die Suche standardmäßig nicht zeitlich eingeschränkt. Parallel dazu wird überprüft, ob spezifische Dokumententypen ausgewählt wurden. Sind keine Dokumententypen definiert, erfolgt die Suche über alle verfügbaren Typen hinweg. Diese standardisierte Vorgehensweise gewährleistet, dass die Anfrage auch bei unvollständigen Eingaben sinnvolle Ergebnisse liefert, ohne die Nutzenden durch Fehlermeldungen zu irritieren. Bei der Auswahl der Suche nach Geschäftszeichen kann optional ein Katasteramt als zusätzlicher Filter spezifiziert werden. Diese Funktionalität ist besonders hilfreich, da Geschäftszeichen landesweit mehrfach vergeben sein können, jedoch innerhalb eines Katasteramts eindeutig sind. Im Fall der Dokumententitelsuche wird ausschließlich nach dem eingegebenen Titel gefiltert, wodurch eine präzise und auf den eingegebenen Suchbegriff fokussierte Ergebnis-

liste entsteht. Eine zusätzliche Eingrenzung nach Dokumententyp oder Jahr ist bei der Suche nach Geschäftszeichen oder Dokumententiteln nicht erforderlich, da diese Suchmethoden bereits eine spezifische Filterung darstellen. Geschäftszeichen und Dokumententitel dienen in der Regel zur gezielten Identifikation einzelner Dokumente, was die Suche von vornherein stark eingrenzt. Diese Art der Suche wird primär eingesetzt, wenn ein bestimmtes Dokument gesucht wird, beispielsweise zur Überprüfung oder für rechtliche Zwecke, und nicht im Rahmen der allgemeinen Vorbereitung von Vermessungsunterlagen, bei der breitere Filterkriterien wie Ausdehnung oder Dokumententypen eine größere Rolle spielen. Die Suchanfragen werden an den search-Endpunkt der STAC-API übermittelt. Dieser verarbeitet die dynamisch generierten Filterparameter und liefert die entsprechenden Ergebnisse zurück.

Wird hingegen die Merklistenfunktion verwendet, erfolgt zunächst eine Abfrage aller verfügbaren Merklisencollections. Optional kann die Suche nach Katasteramt gefiltert werden, um die Anzahl der angezeigten Merklisten einzuschränken und die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Die Ergebnisse dieser Anfrage werden in der Oberfläche dargestellt, in der Nutzende eine spezifische Merkliste auswählen können. Nach Auswahl einer Merkliste und Bestätigung durch den Suchbutton werden ausschließlich die zugehörigen Items dieser Collection abgerufen und angezeigt. Dafür wird kein search-Endpunkt verwendet, sondern die Collection wird über die Collection-ID direkt abgefragt.

Diese strukturierte und modulare Vorgehensweise kombiniert intuitive Bedienung mit flexiblen Filteroptionen und fördert eine zielgerichtete Datenrecherche, die den Anforderungen an Benutzerfreundlichkeit gerecht wird.

Im nächsten Fenster werden alle gefundenen Items übersichtlich dargestellt. Die relevanten Metadaten werden ausgelesen und entsprechend der zuvor beschriebenen Visualisierung angezeigt. Diese Darstellung ermöglicht es den Nutzenden, schnell die gewünschten Dokumente zu identifizieren und auszuwählen. Falls Dokumente für die Erstellung oder Erweiterung einer Merkliste ausgewählt wurden, ist es erforderlich, zunächst die bestehenden Merklisten erneut über die STAC-API abzurufen. Da bei dieser Abfrage kein spezifischer Filter angewendet wird, können potenziell sehr viele Merklisten zurückgegeben werden. Dies könnte die Übersichtlichkeit beeinträchtigen und erfordert eine noch zu entwickelnde Lösung (beispielsweise Filterung nach Katasteramt), um die Ergebnisse besser zu strukturieren oder einzugrenzen. Wenn die ausgewählten Dokumente einer neuen Merkliste hinzugefügt oder zu einer bestehenden Merkliste ergänzt werden sollen, wird eine Anfrage an die FODIS-REST-API gesendet, da diese API die einzige Schnittstelle ist, die Schreibzugriffe auf das zugrunde liegende Write-Modell erlaubt (Kapitel 3.1.2).

Falls der Button zur Ansicht der Assets eines Items betätigt wird, erfolgt eine Abfrage, bei der die einzelnen Assets des ausgewählten Items ausgelesen und angezeigt werden. In der Asset-Ansicht werden wesentliche Attribute wie die eindeutige ID und das Dateiformat jedes Assets dargestellt. Wenn der Vorschaubutton eines Assets aktiviert wird, wird die entsprechende Datei angezeigt.

Hierfür ist die Implementierung spezifischer Logiken erforderlich, die das jeweilige Dateiformat berücksichtigen. Beispielsweise müssen für gängige Formate wie PDF oder Bilddateien geeignete Viewer oder Konvertierungsmechanismen integriert werden, um eine problemlose Anzeige zu ermöglichen. Für den Fall, dass die Download-Funktion eines Assets ausgelöst wird, öffnet sich ein Dateibrowser, in dem der Speicherort für die Datei ausgewählt werden kann. Nach der Auswahl des Speicherorts wird die Datei lokal abgespeichert. Diese Funktion bietet den Nutzenden die Flexibilität, relevante Dokumente gezielt auf ihren Systemen abzulegen, und gewährleistet eine offline Verfügbarkeit. Durch die Trennung von Vorschau- und Downloadfunktionen wird eine klare Benutzerführung sichergestellt, die den Prinzipien der Usability entspricht, indem potenzielle Fehlbedienungen minimiert und die Nutzenden durch klare Interaktionsmöglichkeiten unterstützt werden.

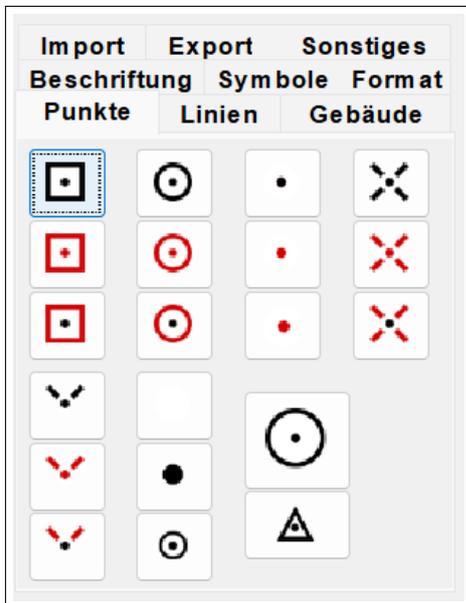
3.4 Konzeption für Dokumentenerstellung

Die Dokumentenerstellung steht zwar nicht in direktem Zusammenhang mit FODIS, jedoch erfordert die IT-Strategie sowie das Modernisierungskonzept (Kapitel 3.1.1) eine umfassende Modernisierung der Fachanwendungen. Diese Modernisierung umfasst den gesamten vermessungstechnischen Prozess, einschließlich der Erstellung von Fortführungsrissen. Darüber hinaus erfüllt die bestehende Anwendung VermGraf (Kapitel 2.4.3) nicht die Sicherheitsanforderungen und muss daher abgelöst werden. Parallel wird an anderer Stelle an der Integration von Vermessungsfunktionalitäten in QGIS gearbeitet. Auf Basis der IT-Strategie (3.1.1) darf angenommen werden, dass die Vermessungsdaten künftig direkt in QGIS verarbeitet werden, wodurch sich die Chance zur medienbruchfreien Bearbeitung ergibt, indem Fortführungsrisse ebenfalls in QGIS erstellt werden. Daher wird auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Erstellung der Fortführungsrisse im Rahmen der Modernisierung von FODIS mit betrachtet und ein entsprechender Ansatz vorgeschlagen.

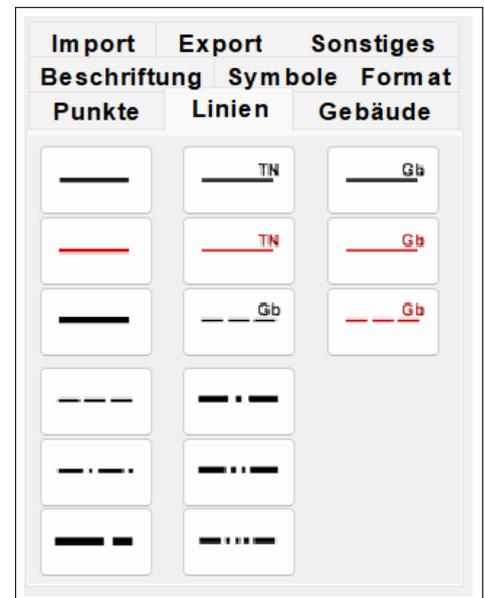
Im Folgenden wird angenommen, dass die Vermessungsdaten bereits vollständig in QGIS eingebunden und dort in einer geeigneten Struktur vorliegen. Die Daten des Bestandskatasters und die Vermessungsdaten werden in getrennten Layern verwaltet. Die Layer mit den Bestandsdaten des Katasters müssen im QGIS-Projekt so vorkonfiguriert sein, dass die Darstellung im Fortführungsriss den vorgegebenen Anforderungen entspricht. Für die Layer, die Vermessungsdaten enthalten, wird zudem eine spezifische Attributierung vorausgesetzt, die im Folgenden beschrieben wird.

Zum Zeichnen der Fortführungsrisse werden für Punktobjekte sowohl die Punktnummer als auch die Punktart (z. B. Aufnahmezeitpunkt, Grenzstein, Gebäudepunkt) direkt aus den Messdaten verwendet und müssen nicht erneut eingegeben werden. Diese Attribute werden außerdem dazu verwendet, automatisiert eine differenzierte Darstellung der verschiedenen Punktarten zu erreichen. Eine besondere Herausforderung stellt die Zeichnung der Maße der Gebäudeseiten dar. Hierfür wird jede Gebäudeseite mit der gemessenen Länge versehen. Da ein Polygon diese Anforderungen nicht direkt unterstützt, werden die Gebäudeseiten als Linien verarbeitet. In der zugehörigen Attributtabelle werden sowohl die gemessene Länge als auch die Linienart (z. B.

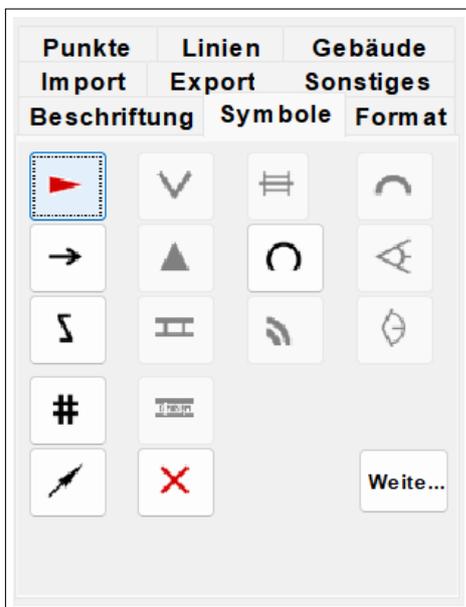
geschlossene oder offene Gebäudeseite) hinterlegt. Zusätzlich kann das Gebäude als Polygon gespeichert werden, um das Attribut für die Gebäudefunktion (z. B. GFK 1000 für Wohngebäude, (Abbildung 5)) sinnvoll zu verwalten. Für die weitere Verarbeitung wird jedoch nur das Attribut der Gebäudefunktion aus dem Polygon verwendet, während die geometrischen Eigenschaften der Gebäudeseiten weiterhin über die Linienrepräsentation gehandhabt werden.



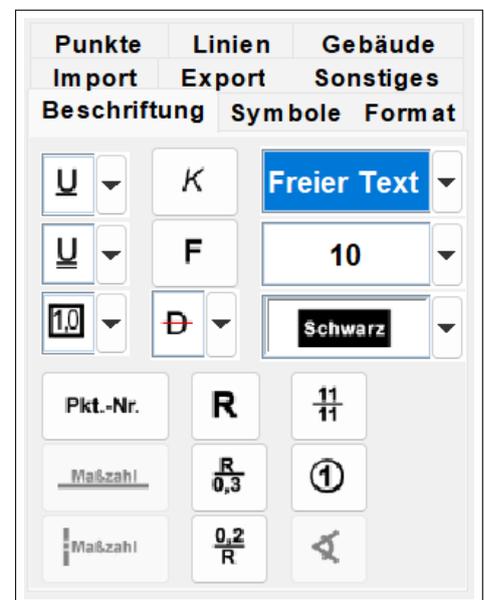
(a) VermGraf Punktsymbole



(b) VermGraf Liniendarstellungen



(c) VermGraf Symbole



(d) VermGraf Beschriftungen

Abbildung 20: Objekte in VermGraf

Der Fortführungsriß dient gemäß den Vorgaben des LiegVermErlasses der bildlichen Darstellung der Vermessungsergebnisse. Diese Anforderungen sollen im Rahmen der QGIS-Implementierung erfüllt werden. In Kapitel 2.3.3 sind die wesentlichen Elemente des Fortführungsrißes dargelegt.

Die bestehende Anwendung VermGraf (Kapitel 2.4.3) liefert eine Referenz für die Funktionalitäten, die das zu entwickelnde Plugin bieten sollte. Insbesondere sollten alle Objekte (Punkte, Symbole, Linien), die in VermGraf verfügbar sind, auch im neuen Plugin dargestellt werden können (Abbildung 20).

Das Plugin verfügt über eine Formatauswahl (DIN A0 - DIN A7), mit der der Nutzer auch zwischen verschiedenen Dokumenttypen wie Fortführungsrisen oder Aufnahme-punkt-Beschreibungen wählen kann. Zudem sollte eine Funktion implementiert werden, die das Anlegen mehrerer Seiten für einen Auftrag ermöglicht. Zudem ist für das Plugin eine Ladefunktion für bereits gespeicherte Zeichnungen geplant.

Entwurf der Benutzeroberfläche

Der Entwurf des Plugins sieht vor, dass beim Starten zunächst ein Fenster erscheint, in dem die für die Darstellung erforderlichen Layer ausgewählt werden können (Abbildung 21). Dabei wird zwischen den Layern des Bestandskatasters (nicht veränderbare Layer) und den Layern, die Vermessungsergebnisse enthalten (veränderbare Layer), unterschieden. Diese Unterscheidung ist notwendig, da beide Layerarten im weiteren Prozess unterschiedlich behandelt werden. Darüber hinaus kann in diesem Fenster das gewünschte Format und die Art des zu erstellenden Dokuments festgelegt werden.

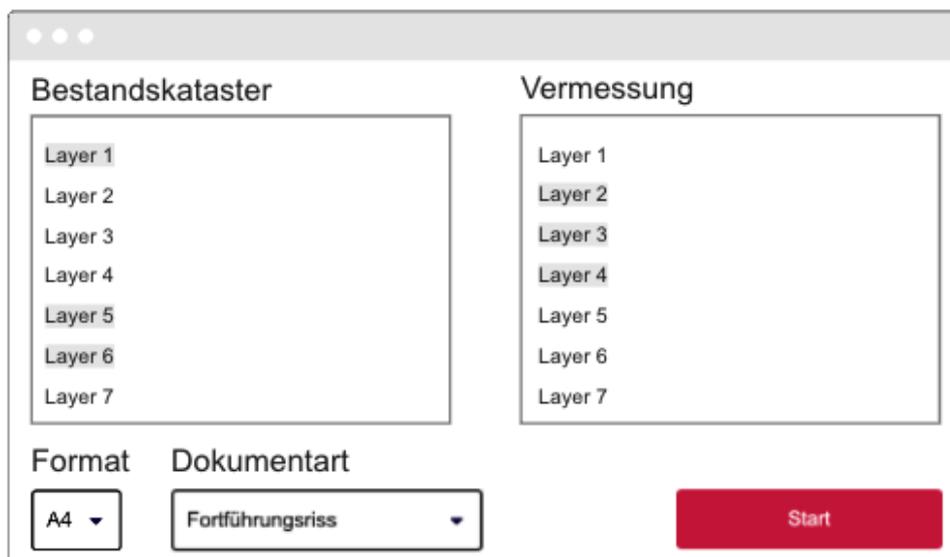


Abbildung 21: Entwurf Dokumentenerstellung Startfenster

Nach der Layerauswahl öffnet sich ein weiteres Fenster, das die ausgewählten Layer in der entsprechenden Vorlage des gewählten Dokuments darstellt (Abbildung 22). Dieses Fenster bildet die Arbeitsoberfläche zur Erstellung von Fortführungsdokumenten. Auf der linken Seite der Benutzeroberfläche werden Symbole bereitgestellt, die zum Erstellen der Dokumente erforderlich sind. Diese Symbole sind in zwei Kategorien unterteilt: Punktsymbole für unterschiedliche Punktarten und weitere Symbole, die für die Erstellung von Fortführungsrisen benötigt werden. Im Layout des Plugins wird eine beispielhafte Auswahl an Symbolen dargestellt.

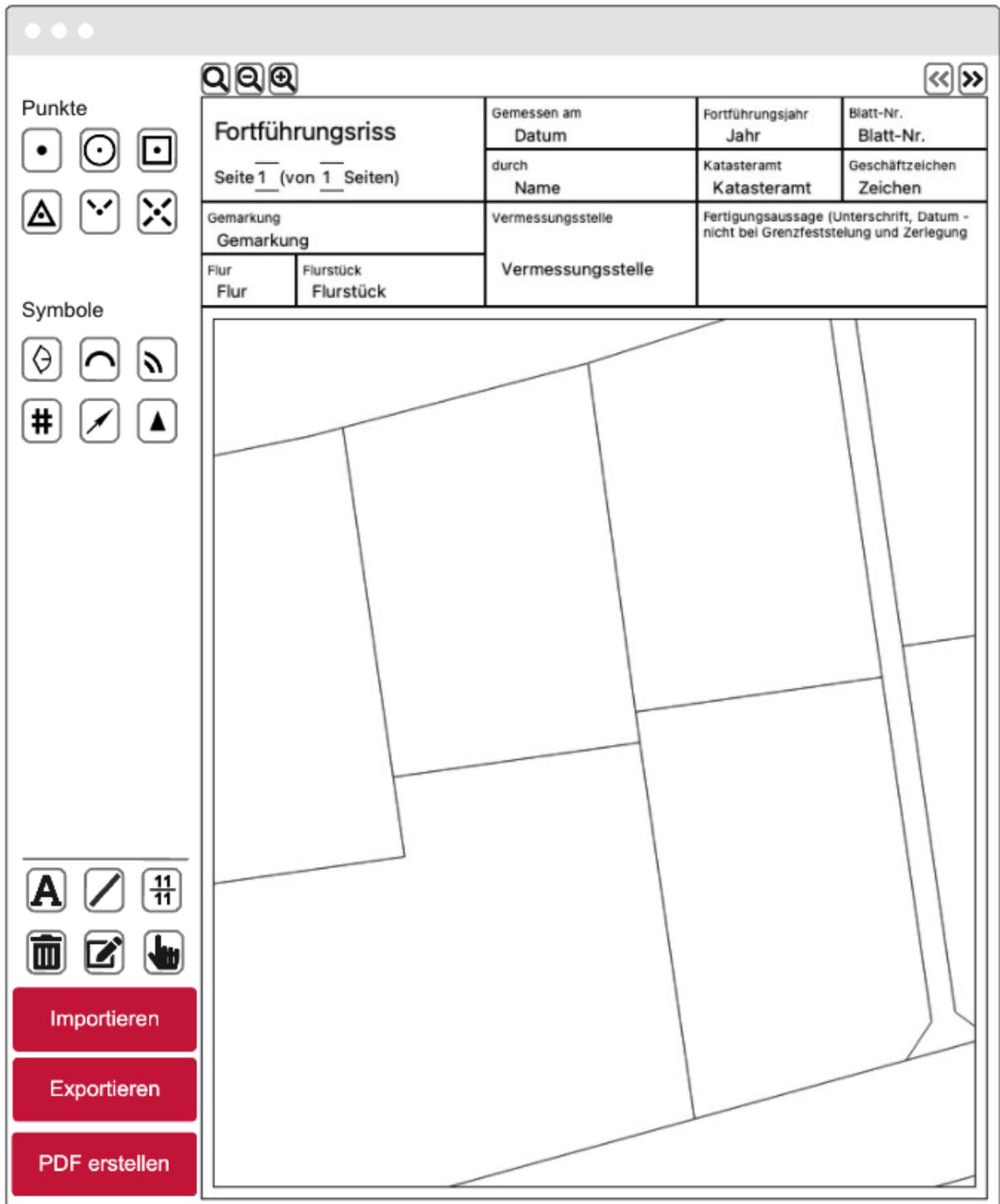


Abbildung 22: Entwurf Dokumentenerstellung Zeichenfenster

Im unteren Bereich des Fensters befinden sich zwei Reihen von Buttons. Die obere Reihe umfasst Buttons zur Erstellung neuer Objekte wie Beschriftungen, Linien und Flurstückskennzeichen. Die untere Reihe enthält Funktionen zur Bearbeitung bereits bestehender Objekte. Dazu gehören Buttons zum Löschen von Objekten, zur Bearbeitung ihrer Attribute sowie zum Verschieben innerhalb des Dokuments. Darunter sind weitere Buttons angeordnet, die es ermöglichen, Objekte zu importieren und zu exportieren, sowie eine Schaltfläche zur Erstellung eines PDFs der

aktuellen Dokumentendarstellung.

Oberhalb der Dokumentendarstellung befinden sich Buttons zur Navigation innerhalb des Dokuments. Neben Zoom-Funktionen gibt es hier die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Seiten des Dokuments zu wechseln. Sollte keine weitere Seite vorhanden sein, kann über diese Funktion eine neue Seite erstellt werden. Bei der manuellen Erstellung neuer Objekte wird ein Dialogfenster geöffnet, in dem die Attribute des zu erstellenden Objekts festgelegt werden können.

Die Auswahl der Symbole der Buttons wird bei den Punkten und Symbolen durch die Darstellung der Objekte in der Zeichenfläche bestimmt. Für die restlichen Buttons wurden zur Förderung der Usability Symbole verwendet, die intuitiv erklärbar sind. Zudem wird sich an anderen Anwendungen im LGLN orientiert, sodass bewährte Darstellungen der Buttons für verschiedene Funktionalitäten wiederverwendet werden. Dies ist auch im Sinne der Benutzer, sodass diese ihre gewohnten Routinen beibehalten können. Dies wiederum fördert die Akzeptanz des neuen Plugins.

Basierend auf den unterschiedlichen Rollen, die Punkte und Symbole in der Darstellung von Vermessungsergebnissen in Fortführungsdokumenten einnehmen, wird im Layout in der Anordnung der Buttons zwischen Punktdarstellungen und Symbolen unterschieden, obwohl beide technisch dieselbe Verarbeitung nutzen. Dies dient primär zur Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit. Punkte stellen im Kontext von Katastervermessungen grundlegende geometrische Einheiten dar, wie Grenz- oder Gebäudepunkte. Symbole hingegen repräsentieren Informationen, die über die rein geometrische Bedeutung hinausgehen, beispielsweise spezielle Markierungen wie Winkel oder Parallelität. Durch die visuelle Trennung der Buttons wird den Nutzern vermittelt, dass diese zwei Kategorien von Objekten unterschiedliche Rollen im Dokument spielen, auch wenn ihre technische Verarbeitung im Hintergrund identisch ist. Im unteren Bereich der Benutzeroberfläche sind die Buttons zur Bearbeitung der dargestellten Objekte sowie zur Erzeugung von Linien und Beschriftungen angeordnet.

Die Anordnung der Buttons folgt den Prinzipien der Usability, insbesondere dem Grundsatz der funktionalen Nähe. Buttons mit ähnlichen oder thematisch verwandten Funktionen wurden bewusst in räumlicher Nähe zueinander platziert, um die kognitive Belastung der Nutzer zu minimieren und die Effizienz der Bedienung zu steigern. Die räumliche Gruppierung ermöglicht es den Nutzern, verwandte Werkzeuge intuitiv zu identifizieren und schnell aufeinanderfolgende Arbeitsschritte durchzuführen, ohne durch eine weit verstreute Anordnung abgelenkt zu werden. Dies verbessert den Workflow und reduziert die Notwendigkeit, visuell nach den passenden Werkzeugen zu suchen.

Zur Unterstützung einer besseren Verständlichkeit und zur Förderung einer intuitiven Bedienung wurden zusätzlich Tooltips für die Buttons implementiert. Diese Tooltips bieten eine kurze, prägnante Beschreibung der jeweiligen Funktion, die angezeigt wird, sobald der Mauszeiger über dem Button schwebt. Die Entscheidung, Tooltips einzuführen, basiert auf dem Usability-

gedanken, der darauf abzielen, die Interaktion zwischen Nutzer und System so reibungslos wie möglich zu gestalten. Besonders für unerfahrene Nutzer bieten Tooltips eine wertvolle Orientierungshilfe, da sie die Symbole erklären, ohne dass zusätzliche Dokumentationen erforderlich sind.

Funktionsweise des Plugins

Ein zentraler Aspekt des Plugins ist die Unterscheidung zwischen den Layern des Bestandskatasters und den Vermessungslayern, da diese unterschiedliche Funktionen erfüllen und entsprechend unterschiedlich behandelt werden müssen. Die Layer des Bestandskatasters bilden den Hintergrund und repräsentieren den aktuellen Stand der Katasterdaten. Sie dienen primär als Referenz, um die neuen Vermessungsergebnisse in den richtigen Kontext einzuordnen. Die Vermessungslayer hingegen enthalten aktuelle Messdaten und werden im Vordergrund dargestellt, da die Vermessungsdaten flexibel bearbeitbar sein sollen. Diese Bearbeitbarkeit ist insbesondere dann wichtig, wenn es zu Überlagerungen oder Darstellungsproblemen, wie beispielsweise bei kleinen Versprünge von Gebäudekanten, kommt. Um sicherzustellen, dass alle Informationen korrekt dargestellt und sichtbar bleiben, werden die Inhalte der Vermessungslayer in bearbeitbare Objekte umgewandelt.

Die bearbeitbaren Objekte werden in drei separaten Listen verwaltet: Punktliste, Linienliste und Beschriftungsliste. Diese Struktur ermöglicht eine klare Trennung der verschiedenen Objekttypen und erleichtert sowohl die Bearbeitung als auch die Speicherung.

- **Punktliste:** Diese Liste speichert alle Punktobjekte, wie Grenz- oder Gebäudepunkte sowie die Symbole. Neben der Position eines Punktes werden Attribute wie Punktart, Größe, Farbe und Rotation gespeichert. Bei der Erstellung neuer Punktobjekte oder Symbole wird die Liste automatisch ergänzt.
- **Linienliste:** In dieser Liste werden sämtliche Linienobjekte verwaltet, beispielsweise Gebäudelinien. Für jede Linie werden die Start- und Endpunkte, die Linienart (z. B. offene oder geschlossene Gebäudeseite) und die Farbe gespeichert. Auch diese Liste wird dynamisch erweitert, wenn neue Linien erstellt werden.
- **Beschriftungsliste:** Diese Liste verwaltet alle Textobjekte, wie Flurstückskennzeichen, Längenangaben von Gebäudeseiten oder allgemeine Beschriftungen. Jedes Label wird mit Attributen, Beschriftungstext, Größe, Farbe, Rotation und Position gespeichert. Für Flurstückskennzeichen werden anstatt des Beschriftungstextes zusätzlich Nenner und Zähler hinterlegt, um eine spezielle Formatierung zu ermöglichen. Auch diese Liste wird bei der manuellen Erstellung neuer Beschriftungen dynamisch ergänzt.

Beim Löschen von Objekten werden alle Listen durchlaufen, um Objekte zu identifizieren, die sich an der Klickposition des Nutzers befinden. Gefundene Objekte werden aus der entsprechenden Liste entfernt. Das Verschieben von Objekten erfolgt durch die Änderung ihrer gespeicherten Position. Diese Änderung wird durch eine Mausbewegung gesteuert, wobei die neue Position in der jeweiligen Liste aktualisiert wird, um die Verschiebung in der Darstellung zu reflektieren. Die Bearbeitung von Attributen erlaubt es, die Eigenschaften der Objekte je nach Typ zu modifizieren:

- Punkte und Symbole: Anpassung von Farbe, Größe und Rotation.
- Linien: Bearbeitung der Linienart und Farbe.
- Labels: Änderung des Beschriftungstexts, der Farbe, Größe sowie der Rotation.

Um die erstellten oder bearbeiteten Objekte zwischenspeichern und wiederverwenden zu können, bietet das Plugin die Möglichkeit, die Daten der Punkt-, Linien- und Beschriftungslisten in standardisierte Dateiformate zu exportieren. Möglichkeiten wären unter anderem GeoJSON oder CSV.

- **Export:**

- Beim Export in das GeoJSON-Format würden die geometrischen und attributiven Daten der Objekte in einem strukturierten, geografischen Datenaustauschformat gespeichert. GeoJSON ermöglicht die einfache Integration in GIS-Systeme und unterstützt sowohl Punkt-, Linien- als auch Beschriftungsobjekte mit ihren jeweiligen Attributen.
- Der CSV-Export ermöglicht die Speicherung der Attributdaten in tabellarischer Form. Jede Zeile einer CSV-Datei repräsentiert ein Objekt, während die Spalten die verschiedenen Attribute enthalten (z. B. Punktart, Größe, Farbe). Wobei hierbei anders als bei GeoJSON für jede Liste eine eigene Datei angelegt werden würde.
- Neben dem separaten Export der gezeichneten Objekte, wird auch ein PDF-Export bereitgestellt. Hierbei wird die Zeichenfläche in ein PDF-Dokument umgewandelt und kann über ein Dialogfenster abgespeichert werden.

- **Import:**

- Das Plugin ermöglicht auch den Import von abgespeicherten Objekten. Beim Import werden die Daten in die entsprechenden Listen (Punkt-, Linien- oder Beschriftungsliste) geladen. Dadurch können zuvor exportierte Objekte nahtlos in das Projekt integriert werden. Im Falle von GeoJSON werden die geometrischen und attributiven Informationen direkt übernommen. Bei CSV-Dateien erfolgt die Zuordnung anhand vordefinierter Feldnamen.

Die Möglichkeit des Exports und Imports von Objektdaten unterstützt die effiziente Wiederverwendbarkeit und Weiterverarbeitung der Daten. Diese Funktionalität ergänzt die Kernfunktionen des Plugins und trägt zur Flexibilität bei.

Ein weiterer zentraler Bestandteil des Plugins ist die Möglichkeit, im Dokumentenkopf Metadaten zum Dokument einzugeben. Dabei ist sichergestellt, dass nur gültige Eingaben erfolgen können. Für die Gemarkung werden nur solche Gemarkungen akzeptiert, die in einer hinterlegten Liste enthalten sind. Analog dazu können bei der Flur nur Werte eingetragen werden, die mit der gewählten Gemarkung übereinstimmen. Ebenso wird für das Katasteramt eine Eingabe auf Basis einer vorgegebenen Auswahl eingeschränkt, sodass nur gültige Katasterämter angegeben werden können. Diese Einschränkungen fördern die Konsistenz und Validität der eingegebenen

Metadaten und verringern das Risiko von Eingabefehlern.

Die Integration der Dokumentenerstellung in QGIS ist ein notwendiger Schritt, um die bestehenden Fachanwendungen zu modernisieren und den gestiegenen Anforderungen an Sicherheit und Effizienz gerecht zu werden. Durch die klare Trennung von Bestands- und Vermessungsdaten, beziehungsweise unbearbeitbaren und bearbeitbaren Daten, sowie die umfassende Funktionalität des Plugins wird eine konsistente und effiziente Erstellung von Fortführungsrisen in QGIS ermöglicht. Da das Zeichnen des Fortführungsrisse eng mit dem Upload zusammenhängt, wird kein eigenes Plugin erstellt, sondern ein gemeinsames in Verbindung mit dem in Kapitel 3.5 vorgestellten Konzept.

3.5 Konzeption für Attributierung und Upload

Für den Dokumentenupload wird die FODIS-API verwendet, da hier ein Schreibzugriff benötigt wird. Da der Upload neuer Fortführungsdokumente eng mit der Erstellung dieser zusammenhängt, wird für diesen Prozess kein eigenes Plugin erstellt, sondern die Uploadfunktion wird an das oben beschriebene Plugin angegliedert. Daraus entsteht der in Abbildung 24 gezeigte Ablauf. Durch die Beschreibung der Neuentwicklung von FODIS in Kapitel 3.1.2 sind die Metadaten und allgemeinen Attribute, die beim Upload mitgegeben werden können, klar definiert. Aus diesem Grund kann hier eine Analyse bestehender Möglichkeiten übersprungen werden und es wird direkt mit dem Entwurf der Benutzeroberfläche gestartet.

Entwurf der Benutzeroberfläche

Der Upload neuer Fortführungsdokumente ist eng mit der vorherigen Erstellung dieser verknüpft. Daher wird die in Abbildung 22 dargestellte Oberfläche um einen Upload-Button erweitert. Nach dem Auslösen dieses Buttons erscheint ein Fenster zur Eingabe von Dokumentattributen, wie in Abbildung 23 gezeigt. In diesem Fenster befinden sich oben Auswahloptionen für die Dokumentenart und den Dokumententyp. Basierend auf den getroffenen Auswahlmöglichkeiten werden im unteren Bereich nur die für den jeweiligen Dokumententyp relevanten Metadatenfelder angezeigt. Diese Filterung trägt zur Verbesserung der Usability bei, da das Interface dadurch übersichtlich bleibt und die Nutzer ausschließlich die Metadaten eintragen können, die für den gewählten Dokumententyp erforderlich sind. Dies reduziert sowohl kognitive Belastung als auch potenzielle Fehlermöglichkeiten bei der Eingabe.

Abbildung 23 zeigt exemplarisch den Aufbau des Uploadfensters für einen Fortführungsrisse von Gebäuden. Bestimmte Attribute, wie etwa die Scangüte, werden dabei nicht berücksichtigt. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die erstellten Fortführungsdokumente ausschließlich digital erzeugt werden, wodurch Attribute, die sich auf analoge Scans beziehen, irrelevant werden. Neben der Eingabe von Metadaten ermöglicht das Interface auch das Hinzufügen der Liste zum Fortführungsrisse. Diese Funktionalität bietet den Vorteil, dass keine zusätzlichen Arbeitsschritte erforderlich sind und dieselben Metadaten auf beide Dokumente angewendet werden können. Dadurch wird der Arbeitsaufwand für die Nutzer weiter minimiert und die Effizienz erhöht.

Abbildung 23: Entwurf Metadateneingabe Upload

Nach der Eingabe der Metadaten und dem Auslösen des Upload-Buttons erscheint ein Fenster zur Autorisierung (Abbildung 15). Dieses Autorisierungsfenster gewährleistet, dass nur berechtigte Nutzer Zugriff auf die Upload-Funktion haben, was ein wichtiges Sicherheitsmerkmal darstellt. Nach erfolgreicher Autorisierung wird der Upload automatisch durchgeführt. Abschließend erhält der Nutzer eine Informationsmeldung über den erfolgreichen Abschluss des Prozesses. Zur weiteren Vereinfachung der Benutzererfahrung werden nach Abschluss des Uploads alle Fenster des Plugins automatisch geschlossen.

Die Gestaltung dieses Workflows orientiert sich an den Prinzipien der Usability, insbesondere an den Aspekten Effektivität und Effizienz. Durch klare Strukturen, reduzierte Komplexität und gezielte Eingabemöglichkeiten wird sichergestellt, dass auch Benutzer mit eingeschränkten technischen Fähigkeiten die Upload-Funktion intuitiv und fehlerfrei nutzen können. Gleichzeitig bietet die Funktionalität ausreichend Flexibilität, um die Anforderungen komplexerer Arbeitsprozesse, wie das Hinzufügen verknüpfter Dokumente, abzudecken.

Funktionsweise des Plugins

Die Funktionsweise des Upload-Plugins ist darauf ausgelegt, den Arbeitsablauf der Benutzer zu optimieren, indem Metadaten und Formatangaben automatisiert übernommen und verarbeitet werden. Dieses Prinzip gewährleistet eine nahtlose Integration in den Gesamtprozess der Dokumentenerstellung und des Uploads, reduziert manuelle Eingaben und minimiert damit potenzielle Fehlerquellen.

Beim Öffnen des Upload-Fensters werden Metadaten, die bereits im Dokumentenkopf vorhanden sind, automatisch in die entsprechenden Eingabefelder übernommen. Diese automatische Übernahme spart Zeit und vermeidet redundante Arbeitsschritte, da Nutzer lediglich die feh-

lenden Attribute ergänzen müssen. Ein Beispiel hierfür sind Attribute wie das Jahr und das Flurstückkennzeichen, die aus dem bestehenden Dokument direkt in das Eingabeformular eingetragen werden. Zusätzlich wird die im ersten Fenster (Abbildung 28) getroffene Auswahl zum Dokumententyp zwischengespeichert und beim Öffnen des Fensters als Vorauswahl in den oberen Auswahlfeldern angezeigt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Auswahl konsistent bleibt und Benutzer nur in Ausnahmefällen Änderungen vornehmen müssen. Dies fördert eine konsistente Datenstruktur und verringert die Wahrscheinlichkeit von Eingabefehlern. Auch das vom Nutzer ausgewählte Dateiformat wird zwischengespeichert und im Upload-Prozesses direkt in die Metadaten übertragen.

Wenn der Benutzer wählt, dass die Liste zum Fortführungsriß zusammen mit dem Fortführungsdokument hochgeladen werden soll, wird dieser Prozess durch eine Automatisierung ergänzt. In diesem Fall wird die Liste aus den zugrunde liegenden Vermessungsdaten generiert. Diese automatische Erstellung der Liste liegt jedoch außerhalb des Rahmens dieser Arbeit und wird nicht näher betrachtet. Die Metadaten des Hauptdokuments, wie beispielsweise das Flurstückskennzeichen oder das Vermessungsdatum, werden automatisch auch für die Liste übernommen. Diese Synchronisierung sorgt dafür, dass keine zusätzlichen Arbeitsschritte für die Metadateneingabe erforderlich sind, wodurch die Effizienz des Workflows erheblich gesteigert wird. Zudem wird durch die konsistente Übernahme der Metadaten die Datenqualität verbessert, da das Risiko von Abweichungen oder manuellen Eingabefehlern eliminiert wird. Durch diese Einfachheit wird auch die Nutzerfreundlichkeit des Plugins gesteigert, was wiederum die Akzeptanz bei den Anwendern erhöht. Ein weiterer Vorteil des gemeinsamen Uploads besteht darin, dass automatisch eine Relation zwischen dem Hauptdokument und der Liste zum Fortführungsriß erstellt wird. Diese Relation ermöglicht es, die beiden Dokumente direkt miteinander zu verknüpfen, was die Nachvollziehbarkeit und Organisation der Daten verbessert.

Nach der Eingabe der Metadaten und dem Start des Uploads erscheint zunächst ein Anmeldefenster, in dem der Benutzer Anmeldedaten eingeben muss. Dieser Schritt dient der Autorisierung des Benutzers und stellt sicher, dass nur berechtigte Personen den Upload durchführen können. Für diesen Prozess wird das IAM (Kapitel 3.1.3) des LGLN verwendet. Die Einbindung des IAM des LGLN ist besonders sinnvoll, da der gesamte Zugriff innerhalb des LGLN zukünftig über dieses System gesteuert wird. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Nutzer mit den Zugangsdaten und dem Verfahren vertraut sind, was eine intuitive Bedienung ermöglicht. Zudem gewährleistet das IAM eine nahtlose Integration in die bestehende IT-Infrastruktur des LGLN und unterstützt eine einheitliche und effiziente Steuerung der Zugriffsrechte.

Nach der erfolgreichen Autorisierung wird der Upload automatisch initiiert. Dabei werden die vom Nutzer eingegebenen Metadaten in die Anfrage an die FODIS-API integriert. Zusätzlich werden bestimmte Attribute automatisch generiert oder gesetzt, basierend auf den Nutzerdaten aus QGIS oder aus den Vermessungsdaten, wobei die genaue Generierung dieser Daten nicht Teil dieser Arbeit ist. Für die Georeferenzierung des Dokuments wird der Umring der Kartendarstellung des Dokuments verwendet. Folgende Attribute werden automatisch ergänzt:

- **Dokumentenkenzeichen:** Dieses wird aus den eingegebenen Metadaten abgeleitet.
- **Status:** Wird standardmäßig auf „aktuell“ gesetzt, da das Plugin ausschließlich für die Erstellung und den Upload neuer Dokumente genutzt wird.
- **Schutzstufe:** Setzt das Plugin initial auf „normal“, da für diesen Bereich im neuen Konzept noch keine spezifischen Regelungen getroffen wurden und gängige Dokumente in der Regel keine höheren Schutzstufen erfordern.
- **Enthaltene Netz- und Objektpunkte, Lagebezeichnungen, Nummerierungsbezirk:** Diese Daten werden automatisch aus den Vermessungsdaten extrahiert.
- **Aufbewahrungsort:** Wird auf „digital“ gesetzt, da in diesem Plugin nur digitale Fortführungsrisse erstellt werden.
- **Maßeinheit:** Standardmäßig wird die Maßeinheit auf „Meter“ gesetzt, da dies für neu erstellte Dokumente die übliche Einheit ist.
- **Format:** Wird auf Grundlage der Auswahl des Dokumentformats gesetzt.

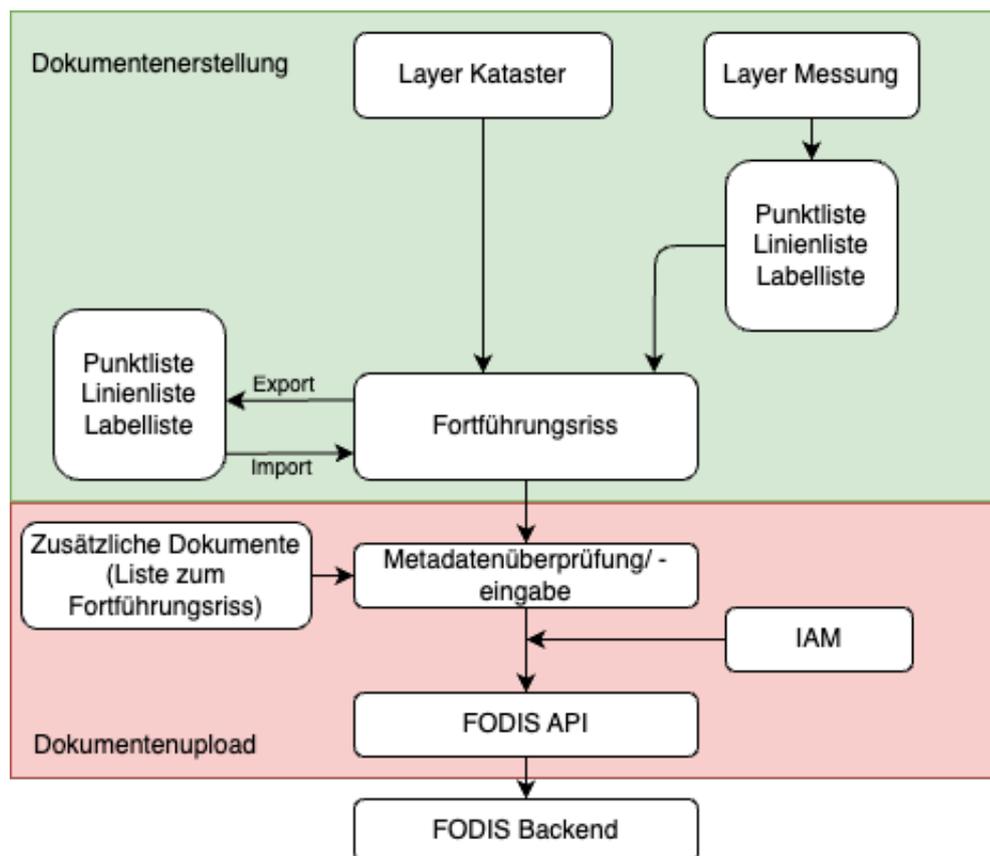


Abbildung 24: Ablauf Dokumentenerstellung und Upload

Der gesamte Automatisierungsprozess stellt sicher, dass der Nutzeroaufwand minimiert wird und gleichzeitig die Konsistenz und Qualität der hochgeladenen Dokumente gewahrt bleibt. Aus der Verknüpfung dieses Plugins mit dem Plugin zur Dokumentenerstellung ergibt sich der in

Abbildung 24 dargestellte Arbeitsablauf. Diese Integration ermöglicht eine nahtlose Übergabe der erstellten Dokumente an den Upload-Prozess, wodurch der gesamte Workflow effizienter gestaltet wird und die Nutzerführung verbessert wird.

4 Implementierung in QGIS

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Umsetzungen der in Kapitel 3 erarbeiteten Konzepte detailliert beschrieben. Die Entwicklung der Plugins erfolgt unter Verwendung von Python (Version 3.9.5) und der PyQGIS-API, die die Integration in die GIS-Umgebung ermöglicht. Für die Gestaltung der grafischen Benutzeroberfläche kommen PyQt5 (Version 5.12) und der Qt Designer (Qt-Version 5.15.2) zum Einsatz, welche durch die Installation von QGIS bereitgestellt werden. Die Implementierung erfolgt in der Entwicklungsumgebung Visual Studio Code und ist auf macOS optimiert. Dies führt dazu, dass es bei der Ausführung auf Windows-Systemen zu Darstellungsabweichungen kommen kann, die von den hier beschriebenen Darstellungen abweichen. Zur Erstellung der Grundstrukturen der Plugins dient der Plugin Builder (Kapitel 2.2.1), welcher die initiale Einrichtung der Plugins erleichtert. Die Entwicklung ist auf die QGIS-Version 3.34.9-Prizren spezialisiert. Für den Zugriff auf die benötigten Daten werden sowohl die FODIS-REST-API als auch der FODIS-STAC verwendet, die eine zentrale Rolle in der Datenbereitstellung und -verwaltung einnehmen. Diese Schnittstellen gewährleisten den Zugriff auf die relevanten Metadaten und Dokumente, die für die Funktionen der Plugins erforderlich sind.

4.1 Implementierung für Dokumentensuche

In diesem Kapitel wird die praktische Umsetzung des in Kapitel 3.3 beschriebenen Konzepts für die Dokumentensuche erläutert. Ziel ist es, die zuvor definierte Benutzeroberfläche und die theoretisch ausgearbeiteten Funktionen in ein funktionierendes QGIS-Plugin zu überführen. Dabei werden die Anforderungen aus der Konzeption durch eine strukturierte und benutzerfreundliche Implementierung erfüllt, die sowohl den Prinzipien der Softwareergonomie als auch den spezifischen fachlichen Anforderungen gerecht wird. Die Implementierung verfolgt einen modularen Ansatz, um Flexibilität und Erweiterbarkeit sicherzustellen.

Im ersten Schritt wird das Anmeldefenster initialisiert. In diesem Dialogfenster können die Nutzenden ihre Anmeldedaten – bestehend aus Benutzername und Passwort – eingeben. Die Eingaben erfolgen in einer intuitiv gestalteten Oberfläche, die durch Funktionen wie Passwortmaskierung und klare Eingabefelder zur Usability beiträgt. Nach Eingabe der Zugangsdaten startet die Authentifizierung, bei der eine Verbindung zum IAM-System des LGLN hergestellt wird. Um diesen Prozess zu realisieren, wurde ein vom IAM bereitgestelltes Script integriert, das die Kommunikation mit dem System übernimmt. Das Script ermöglicht die Anforderung eines AccessTokens, der als Nachweis der erfolgreichen Authentifizierung dient. Auf die detaillierte Beschreibung des zugrunde liegenden Autorisierungsprozesses wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen, da dieser Bestandteil nicht im Fokus der Implementierung liegt. Der AccessToken wird in einer separaten Variablen gespeichert, da er für alle weiteren Anfragen an die FODIS-REST-API erforderlich ist, um die Nutzenden zu identifizieren und zu autorisieren.

Aktuell wird für Anfragen an die STAC-API ein fest im Plugin hinterlegter API-Key verwendet. Diese Vorgehensweise ist jedoch suboptimal, da der API-Key im Plugin gespeichert und somit weniger sicher ist. Langfristig ist geplant, neben dem AccessToken auch die User-ID in separaten Variablen zu speichern, um mit diesen die Anfragen an den STAC auszuführen und die Sicherheit sowie Konsistenz der Autorisierung zu erhöhen. Ein besonderes Merkmal des Tokens ist seine begrenzte Gültigkeit von fünf Minuten. Um eine kontinuierliche Nutzung des Plugins zu gewährleisten, wird der AccessToken in regelmäßigen Abständen automatisch erneuert. Diese Aktualisierung erfolgt im Hintergrund in einem separaten Thread, wodurch Unterbrechungen im Arbeitsablauf vermieden werden (Code 4). Die Speicherung und laufende Aktualisierung des AccessTokens stellen sicher, dass die Autorisierung nahtlos in die weiteren Prozesse des Plugins eingebunden ist. Gleichzeitig trägt die Implementierung der Token-Erneuerung dazu bei, dass das Plugin den Sicherheitsanforderungen des IAM-Systems entspricht, ohne die Benutzerfreundlichkeit zu beeinträchtigen.

```

1 def start_token_refresh_loop(self, tokens, session):
2     """Startet die Token-Aktualisierung in einem separaten Thread."""
3     def refresh_loop():
4         local_tokens = tokens
5         while not self.stop_refresh_event.is_set():
6             # Testen auf Stop-Event
7             try:
8                 for _ in range(240):
9                     # Unterbrechungen alle 1 Sekunde testen
10                    if self.stop_refresh_event.is_set():
11                        return
12                    # Thread beenden, wenn Event gesetzt ist
13                    time.sleep(1)
14                    # Aktualisiere den Token
15                    new_tokens =
16                        exchangeRefreshToken(local_tokens["refresh_token"],
17                        session)
18                    AccessToken.access_token = new_tokens["access_token"]
19                    AccessToken.refresh_token =
20                        new_tokens.get("refresh_token",
21                        AccessToken.refresh_token)
22                    local_tokens = new_tokens
23            except Exception:
24                time.sleep(10)
25
26     # Erstelle das Event und starte den Thread
27     self.stop_refresh_event = Event()
28     self.token_thread = Thread(target=refresh_loop, daemon=True)
29     self.token_thread.start()

```

Code 4: AccessToken Aktualisierung

Nach der Autorisierung wird das Hauptfenster des Plugins geöffnet (Abbildung 25), das die zentrale Schnittstelle für die Dokumentensuche darstellt. In diesem Fenster befinden sich die

verschiedenen Filterfunktionen, die den Nutzenden eine präzise Eingrenzung der Suchergebnisse ermöglichen. Für die Bereichssuche wird eine *QGISExtentGroupBox* verwendet, ein spezialisiertes Werkzeug, das für die räumliche Auswahl und Filterung innerhalb QGIS optimiert ist. Dieses Tool ermöglicht den Nutzenden, einen geografischen Bereich direkt auf der Karte zu definieren und diesen als Bounding Box in die Suchanfrage zu integrieren (QGIS Development Team, 2024 o.S.). Standardmäßig ist die Bereichssuche aktiviert, wobei die *QGISExtentGroupBox* so vor-konfiguriert ist, dass sie den Kartenausschnitt von Niedersachsen abbildet. Im Gegensatz zur Bereichssuche werden die anderen Filteroptionen über Texteingaben oder Auswahlmöglichkeiten umgesetzt. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit sind beim Aufrufen des Hauptfensters nur die Bereichssuche und die Merklistenfilterung ausgeklappt, während die anderen Filteroptionen standardmäßig eingeklappt bleiben. Diese Anordnung trägt dazu bei, die Benutzeroberfläche auf das Wesentliche zu konzentrieren und kognitive Überlastung zu vermeiden.

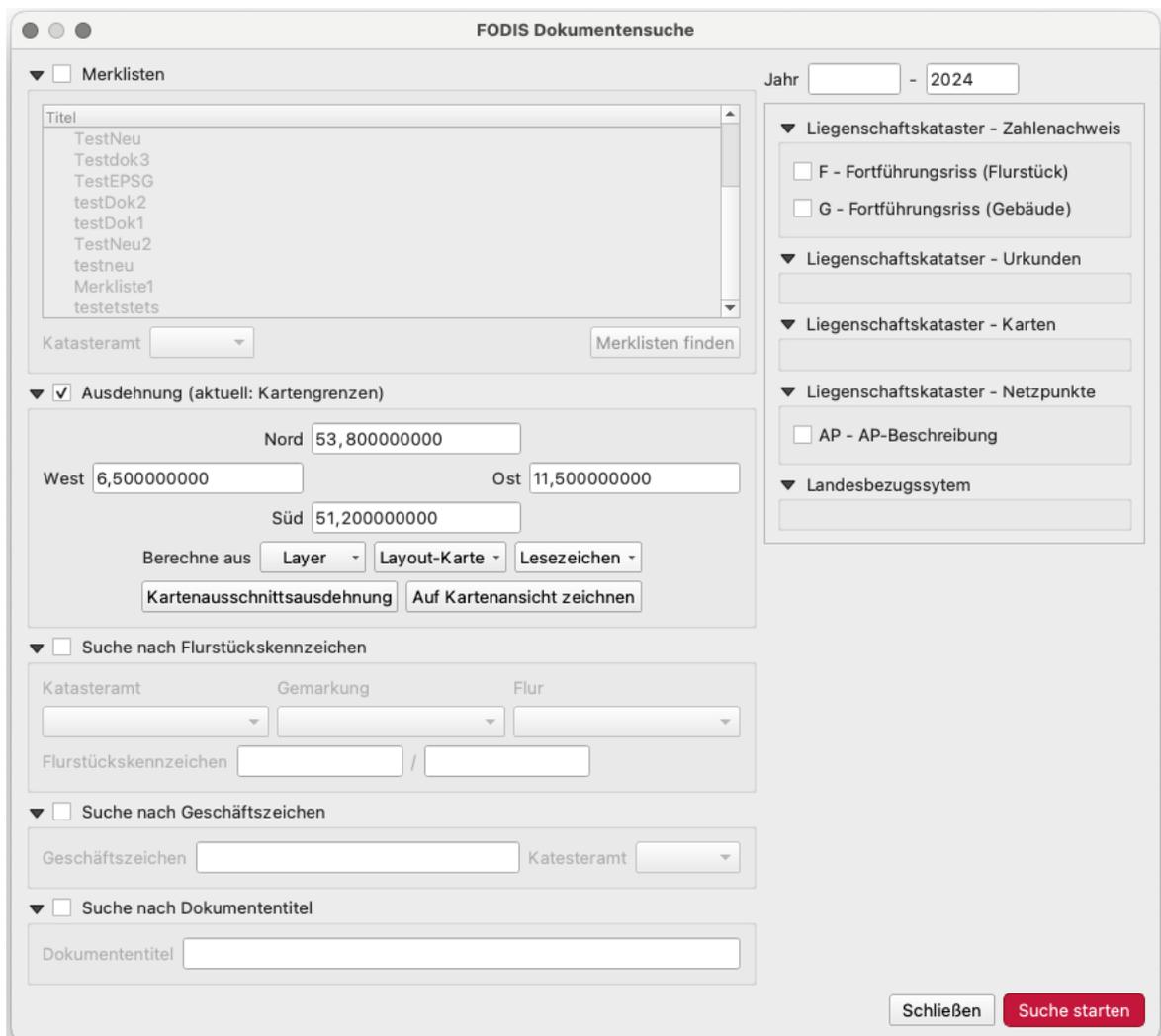


Abbildung 25: Plugin Hauptfenster Dokumentensuche

Der aktuelle Entwicklungsstand umfasst die vollständige Implementierung der Bereichssuche, und der Suche nach Dokumententiteln. Die Suche nach Flurstückskennzeichen ist hingegen lediglich angedeutet und befindet sich noch in der Planungsphase. Bereits vollständig implemen-

tiert sind die zusätzlichen Filteroptionen für Dokumententypen und Jahr. Diese ermöglichen es den Nutzenden, die Suchergebnisse weiter einzugrenzen, indem sie bestimmte Dokumententypen auswählen oder den Zeitraum der Erstellung definieren.

Die Suche nach Geschäftszeichen ist nur teilweise implementiert. Derzeit wird ausschließlich das eingegebene Geschäftszeichen berücksichtigt und nach diesem gefiltert. Die Möglichkeit, zusätzlich ein Katasteramt als Filter auszuwählen, ist in der Oberfläche zwar angedeutet, jedoch nicht funktional. Zudem fehlen die hinterlegten Auswahlmöglichkeiten für Katasterämter. Die Suche nach Merklisten ist ebenfalls unvollständig umgesetzt. Zum Zeitpunkt der Entwicklung unterscheidet das STAC-Datenmodell nicht zwischen Collections, die Merklisten darstellen, und solchen, die einzelne Fortführungsdokumente enthalten. Dies führt dazu, dass derzeit alle verfügbaren Collections ausgegeben werden. Während dies in der Testumgebung aufgrund der geringen Anzahl an Collections unproblematisch ist, würde dies in einer realen Anwendung dazu führen, dass mehr als 12,5 Millionen Collections abgerufen werden, sobald alle Fortführungsdokumente im STAC erfasst sind. Darüber hinaus ist die Filterung nach Katasteramt für Merklisten nicht implementiert, da das zugehörige Katasteramt aktuell nur auf Ebene der einzelnen Items hinterlegt ist und nicht in den Collections. Somit ist eine Filterung nach Katasteramt mit dem aktuellen Datenmodell nicht möglich. Derzeit wird bei der Merklisstensuche einfach jede vorhandene Collection ausgegeben und der Titel in einer *QTreeView* angezeigt. Die Collection ID wird auch zu den Titeln gespeichert, da dieser in den nächsten Schritten erneut benötigt wird. Für die tatsächliche Anwendung dieser Funktionalität wäre jedoch eine Anpassung des STAC-Datenmodells erforderlich. Diese Anpassungen müssten die Trennung von Merklissten-Collections und Dokument-Collections ermöglichen sowie die Attributierung der Collections mit Katasteramtsinformationen. Nur so könnten eine präzise Filterung nach Merklissten und eine sinnvolle Eingrenzung der Suchergebnisse gewährleistet werden.

Momentan sind in der Benutzeroberfläche lediglich drei Dokumententypen integriert (Fortführungsriss (Flurstück), Fortführungsriss (Gebäude), AP-Beschreibung). Diese Auswahl wurde für die initiale Entwicklung beschränkt, um den Implementierungsaufwand zu reduzieren. Eine Erweiterung um weitere Dokumententypen ist jedoch vorgesehen und sollte im Rahmen zukünftiger Entwicklungsphasen erfolgen, um den Anforderungen der Nutzenden gerecht zu werden.

```
1 def suche_fod(self):
2     """Fuehrt die ausgewaehlte Suche durch."""
3     if self.Merklisten.isChecked():
4         self.search_by_collections()
5     elif self.sucheTitel.isChecked():
6         self.search_by_title()
7     else:
8         self.advanced_search()
```

Code 5: Auswahl der Suche anhand von Suchkriterien

Die Implementierung des Plugins beinhaltet eine flexible Suchfunktionalität, die je nach Auswahl der Filteroptionen unterschiedliche Anfragen an die STAC-API generiert. Dabei wird der

Prozess dynamisch an die spezifischen Anforderungen angepasst, die durch die Auswahl der Suchkriterien vorgegeben werden (Code 5).

Wenn die Suche nach Merklisten aktiviert ist, wird zunächst die in der *QTreeView* ausgewählte Merkliste identifiziert. Die zugehörige Collection-ID dieser Merkliste wird anschließend für die Abfrage der Items an die STAC-API verwendet. Diese Methode beschränkt die Abfrage auf die Items einer spezifischen Collection, wodurch gezielt nur die Dokumente dieser Merkliste ausgegeben werden. Bei der Dokumententitelsuche wird der eingegebene Titel mit den in der STAC-API gespeicherten Collection-Titeln abgeglichen. Da der Titel nur auf Collection-Ebene gespeichert ist, werden zunächst alle Collections abgerufen. Anschließend erfolgt eine Iteration über die Collections, um diejenigen mit einem übereinstimmenden Titel zu identifizieren. Die Suche berücksichtigt dabei keine Groß- oder Kleinschreibung, um die Nutzbarkeit zu erhöhen. Nach der Identifikation der relevanten Collections werden die Items dieser Collections separat abgerufen und zusammengeführt. Bei diesen beiden Abfragen wird kein allgemeiner *search*-Endpunkt der STAC-API verwendet. Stattdessen erfolgt die Abfrage direkt über die Collection-ID, da diese durch den Workflow eindeutig bekannt ist. Dieser Ansatz ermöglicht eine effiziente und gezielte Abfrage der Daten, ohne dass eine zusätzliche Filterung über den *search*-Endpunkt erforderlich ist. Die direkte Abfrage reduziert die Komplexität und erhöht die Geschwindigkeit der Verarbeitung.

Für die Bereichssuche wird die in der *QGISExtentGroupBox* definierte Ausdehnung als Bounding Box in die Suchanfrage integriert. Dieses Element ermöglicht die interaktive Festlegung eines geografischen Bereichs auf der Karte und reduziert Fehler bei der manuellen Eingabe. Bei der Suche nach Geschäftszeichen wird das vom Nutzenden eingegebene Geschäftszeichen in die Filterbedingungen eingebunden. Beide Suchmethoden ermöglichen zusätzliche Einschränkungen durch optionale Filter für Dokumententypen und Zeiträume. Wenn spezifische Dokumententypen ausgewählt sind, werden diese in die Filterbedingungen aufgenommen. Sind keine Dokumententypen definiert, werden alle Dokumententypen abgefragt. Für die zeitliche Eingrenzung wird das Eingabefeld für Start- und Endjahr ausgewertet. Die Filterbedingungen basieren jedoch nicht auf dem standardmäßig von der STAC-API verwendeten Attribut *datetime*, sondern auf dem Attribut *datum* in den Metadaten der Items. Dies liegt daran, dass das Attribut *datetime* lediglich die Zeit der Hinzufügung eines Dokuments zu FODIS wiedergibt, während das Attribut *datum* das Erstellungsdatum des Dokuments speichert, welches für die Nutzenden relevant ist. Nach der Zusammenstellung der Filterbedingungen wird die Anfrage an die STAC-API gesendet.

Die Authentifizierung erfolgt dabei allen Anfragen über den gespeicherten API-Key. Die API antwortet mit einer Liste von Items, die den Filterkriterien oder der angefragten Collection entsprechen. Diese Items werden schließlich an das Ergebnisfenster übergeben, wo sie den Nutzenden in einer strukturierten Ansicht präsentiert werden.

Die Ansicht zur Darstellung der Suchergebnisse ist so aufgebaut, dass sie den Nutzenden die im Konzept festgelegten relevanten Metadaten zu den gefundenen Dokumenten (Items) übersicht-

lich bereitstellt (Abbildung 26). Dazu wird für jedes Item ein eigens Widget im Ergebnisdialog angelegt. Zusätzlich wird zu jedem Item der Titel des zugehörigen Dokuments angezeigt. Da die Titel der Dokumente nicht direkt in den Items gespeichert, sondern in den übergeordneten Collections hinterlegt sind, wird zur Darstellung des Titels eine zusätzliche Anfrage an die STAC-API durchgeführt. Dabei wird die Collection-ID des jeweiligen Items verwendet, um den zugehörigen Collection-Titel abzurufen. Dies kann je nach Anzahl der gefundenen Items zu einer Vielzahl von Anfragen führen.



Abbildung 26: Plugin Ergebnisdarstellung der Dokumentensuche

Die im Konzept (Kapitel 3.3) Merklistenfunktion ist in der Implementierung derzeit nur angedeutet und noch nicht implementiert. Für die Umsetzung dieser Funktionalität wäre eine Anfrage an den Bookmark-Endpunkt der FODIS-REST-API erforderlich, da nur diese API einen Schreibzugriff auf das zugrunde liegende System ermöglicht.

Darüber hinaus bietet die Ansicht für jedes Dokument eine Schaltfläche, mit der die Assets des jeweiligen Items angezeigt werden können (Abbildung 27). Durch Betätigung dieser Schaltfläche wird ein neues Fenster geöffnet, in dem die Assets des ausgewählten Items dargestellt werden. Dabei wird, wie bei der Itemanzeige auch, für jedes Asset ein Widget im Assetdialog angelegt und mit den relevanten Informationen gefüllt.



Abbildung 27: Plugin Asset Anzeige

In der Ansicht der Assets werden für jede Datei die Asset-ID und das Dateiformat angezeigt. Neben den Attributen stehen zwei Schaltflächen zur Verfügung: eine für die Vorschau des jeweiligen Assets und eine weitere für den Download der Datei. Die Vorschaufunktion ist darauf ausgelegt, Dateien basierend auf ihrem Format anzuzeigen. Je nach Typ des Assets wird ein spezifischer Workflow initiiert. Beim Auslösen der Downloadfunktion öffnet sich ein Dateibrowser, in dem der Speicherort der Datei festgelegt werden kann. Nach der Auswahl des Speicherorts wird die Datei heruntergeladen und lokal abgespeichert. Um sicherzustellen, dass die heruntergeladene Datei das richtige Format hat, wird das Dateiformat bei Bedarf automatisch ergänzt, falls die Nutzenden dieses nicht selbst angeben. Dieser Mechanismus minimiert potenzielle Fehler beim Speichern der Datei.

Die Anfragen zur Bereitstellung der tatsächlichen Dateien werden direkt an die FODIS-REST-API gerichtet. Diese Herangehensweise ist notwendig, da die FODIS-REST-API die Authentifizierung und Autorisierung der Nutzenden sicherstellt. Dadurch wird gewährleistet, dass ausschließlich autorisierte Personen Zugriff auf die Dateien erhalten. Aktuell unterstützt die Implementierung die Anzeige und den Download von Dateien in den Formaten PNG, JPG und PDF. Die Verarbeitung und Anzeige anderer Dateiformate ist bislang nicht implementiert und stellt eine zentrale Aufgabe für die kommenden Entwicklungsschritte dar. Ziel ist es, die Unterstützung weiterer Formate zu erweitern, um eine umfassendere Abdeckung der in FODIS gespeicherten Dokumententypen zu gewährleisten.

Die Kombination aus Vorschau- und Downloadoptionen unterstützt die Nutzenden bei der effektiven Verwaltung der Assets. Während die Vorschaufunktion es ermöglicht, die Inhalte vorab zu prüfen, bietet die Downloadfunktion die Flexibilität, Dateien gezielt auf lokalen Systemen zu speichern. Beide Funktionen sind benutzerfreundlich gestaltet, mit klaren Interaktionen und Rückmeldungen. Warn- und Fehlermeldungen, beispielsweise bei einem fehlgeschlagenen Download oder einer nicht unterstützten Vorschau, erhöhen die Transparenz und verhindern Missverständnisse.

4.2 Implementierung für Dokumentenerstellung

In diesem Kapitel erfolgt die praktische Umsetzung des in Kapitel 3.4 beschriebenen Konzepts. Ziel ist es, die definierten Anforderungen in eine Anwendung zu überführen, die eine effiziente und flexible Erstellung von Fortführungsdokumenten in QGIS ermöglicht. Diese Umsetzung ist exemplarisch und beschränkt sich auf das Generieren eines Fortführungsrisses für eine Gebäudevermessung im DIN-A4-Format. Die Erstellung anderer Fortführungsdokumente sowie die Unterstützung weiterer Formate wird nicht behandelt.

Zu Beginn der Umsetzung wurde mithilfe des Plugin Builders (Kapitel 2.2.1) ein Grundgerüst des Plugins erstellt. Dieses Grundgerüst umfasst alle notwendigen Dateien und Verzeichnisse, die für die Entwicklung eines QGIS-Plugins erforderlich sind, darunter die Initialisierungsdateien, eine Basisklasse für die Plugin-Logik sowie Platzhalter für zukünftige Erweiterungen wie Ressourcen und Benutzeroberflächenelemente.

Im nächsten Schritt wurde die Benutzeroberfläche gemäß den Vorgaben des Konzepts umgesetzt. Zunächst wurde ein Dialogfenster zur Layerauswahl entwickelt (Abbildung 28). Dieses Fenster ermöglicht es den Nutzern, die relevanten Layer für die Erstellung des Fortführungsrisse auszuwählen. Die ausgewählten Layer werden im Plugin in den Farben des LGLN-Schemas hervorgehoben, um die Visualisierung auch mit anderen LGLN Anwendungen zu vereinheitlichen. Die Format- und Dokumentenauswahl wurden ebenfalls in die Benutzeroberfläche integriert, bleiben jedoch vorerst ohne Funktionalität, da sich diese Arbeit auf die Erstellung von Fortführungsrisen im DIN-A4-Format beschränkt.

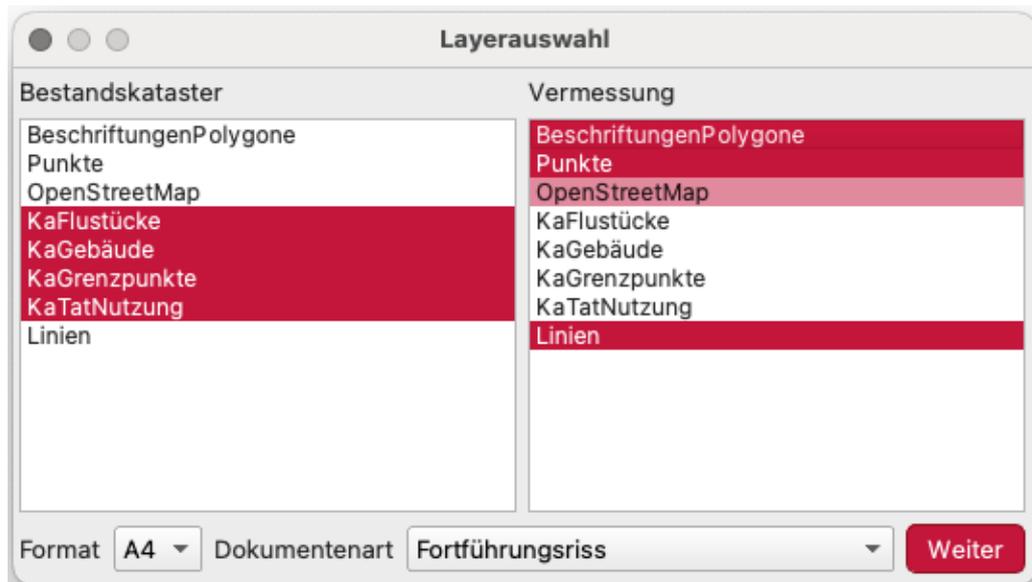


Abbildung 28: Plugin Dokumentenerstellung Startfenster

Nach der Auswahl der Layer erfolgt eine Prüfung der Vermessungslayer. Diese Prüfung ist notwendig, da die Daten der Vermessungslayer in Listen umgewandelt werden, um eine flexible Bearbeitung der Objekte zu ermöglichen. Die Prüfung umfasst die Anzahl der enthaltenen Objekte im jeweiligen Layer. Umfasst ein Vermessungslayer mehr als 150 Objekte, wird dieser automatisch wie ein Bestandskatasterlayer behandelt und somit nicht bearbeitbar. Diese Einschränkung basiert auf zwei Überlegungen: Erstens dient sie der Wahrung der Systemstabilität, da die Verarbeitung von mehr als 150 Objekten zu einer hohen Speicherauslastung und potenziellen Systemabstürzen führen kann. Zweitens wird bei einer so hohen Anzahl von Objekten davon ausgegangen, dass es sich um einen Benutzerfehler handelt, da Vermessungslayer in der Regel deutlich weniger Objekte enthalten. Diese Begrenzung stellt sicher, dass die Integrität der Vermessungsdaten gewahrt bleibt und nur korrekte Daten bearbeitet werden können.

Nach der Prüfung werden die verbleibenden Layer entsprechend ihrer Geometrie verarbeitet. Dabei werden sie, wie im Konzept beschrieben, in den Punkt-, Linien- und Beschriftungslisten gespeichert. Diese Listen dienen der weiteren Bearbeitung und Darstellung im Hauptfenster des Plugins (Abbildung 30). Für die Extraktion von Punktdaten werden für jeden Punkt die Position, Punktart, Punktnummer sowie Beschriftungsposition und -rotation extrahiert. Die Größe

des Punktes wird bisher nicht extrahiert, könnte jedoch, sofern ein entsprechendes Attribut vorhanden ist, einfach implementiert werden. Zurzeit wird Standardwert von 10 pt beziehungsweise 20 pt, abhängig von der Punktart gesetzt. Auch die Farbdarstellung des Punktes wird bisher abhängig von der Punktart festgelegt. Für die Beschriftungsposition und -rotation werden Hilfsfelder wie `auxiliary_storage_labeling_positionx`, `auxiliary_storage_labeling_positiony` und `auxiliary_storage_labeling_labelrotation` ausgelesen. Diese Attribute enthalten jedoch nur Werte, sofern die Beschriftung der Punkte manuell verschoben wurde. Ist dies nicht der Fall, wird die Beschriftungsposition gleich der Punktposition gesetzt und eine Rotation von 0 Grad eingetragen. Auch die Beschriftungsgröße und Farbe wird bisher durch Standardwerte belegt. Im Anschluss werden die extrahierten Punktdaten der Punktliste hinzugefügt und Beschriftungen, sofern Punktnummern vorhanden sind, in die Labelliste eingefügt.

Die Linienverarbeitung erfolgt ähnlich zur Punktverarbeitung. Die Liniengeometrien und zugehörige Attribute wie gemessene Länge und Linienart werden extrahiert. Die Farbe wird durch einen Standardwert festgelegt. Standardmäßig wird die Mittellinie der Geometrie als Beschriftungsposition gewählt. Auch hier können benutzerdefinierte Positionen durch Hilfsfelder spezifiziert werden. Die Rotation der Beschriftungen werden bei Liniengeometrien nicht berücksichtigt, da sich der Grad der Rotation anhand der Linie ausrichtet und in der Zeichenfläche nach Norden (Abbildung 29).

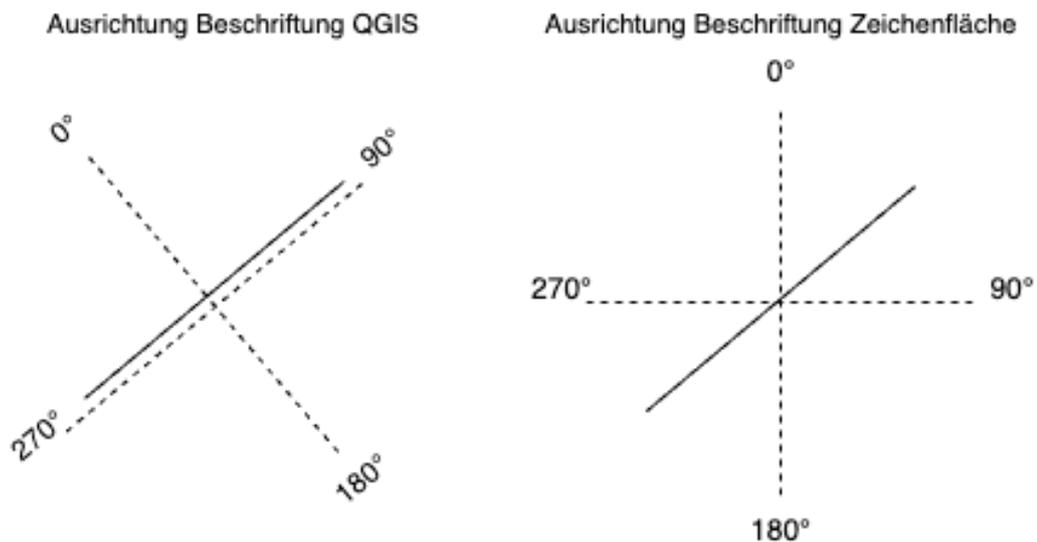


Abbildung 29: Beschriftungsrotation Linien

Dadurch würden die Beschriftungen in der Zeichenfläche alle verdreht angezeigt werden. Aus diesem Grund wird ein Standardwert für Rotation von 0 Grad gesetzt, was wiederum auch dazu führt, dass die Ausrichtungen der Linienbeschriftungen im Nachgang einer manuellen Bearbeitung bedürfen, da alle nach Norden ausgerichtet sind. An dieser Stelle muss eine Optimierung erfolgen, da dieses Verhalten einen großen Arbeitsaufwand für die Anwender mit sich bringt. Auch hier werden für die Linien- und Textfarben und Textgrößen Standardwerte gesetzt. Die extrahierten Liniendaten werden der Linienliste hinzugefügt, während zugehörige Beschriftun-

gen in der Labelliste gespeichert werden.

Bei den Polygonlayer werden ausschließlich Beschriftungsdaten extrahiert. Die Beschriftungsinformationen, wie beispielsweise Gebäudefunktionen, werden dabei auf Basis der Attributwerte eines Polygons ermittelt. Die Standardposition der Beschriftung ist das Zentrum des Polygons, wobei auch hier manuelle Anpassungen über Hilfsfelder möglich sind. Wie bei den anderen Geometriearten werden für die Textgröße und Farbe ebenfalls Standardwerte gesetzt. Auch diese Daten werden der Labelliste hinzugefügt.

Nach der Verarbeitung erscheint das Fenster, welches zur Erstellung der Fortführungsdokumente dient (Abbildung 30). Dieses wurde auch auf Grundlage des beschriebenen Konzepts erstellt. Es stellt eine grafische Benutzeroberfläche dar, die die Interaktion mit den kartografischen Elementen ermöglicht. Neben einer Darstellung des Fortführungsdokuments, welches eine Zeichenfläche enthält, sind auch verschiedene Werkzeuge wie das Zeichnen von Linien, Punkten und Symbolen, das Verschieben und Löschen von Objekten sowie das Bearbeiten von Attributen enthalten. Diese werden über Buttons in der Benutzeroberfläche aktiviert. Die Interaktivität der Werkzeuge wird durch eine Button Group organisiert, die den Zustand der aktivierten Tools verwaltet. Dies stellt sicher, dass immer nur ein Werkzeug aktiv ist, um unerwünschte Konflikte bei der Bearbeitung zu vermeiden. Dabei wird ein aktivierter Button in einer anderen Farbe dargestellt. In der Zeichenfläche werden beim Öffnen des Fensters die ausgewählten Layer angezeigt.

Ein zentrales Element des Plugins ist die Möglichkeit, Linien durch eine Interaktion mit der Zeichenfläche zu zeichnen. Der Nutzer kann durch Klicken und Ziehen Start- und Endpunkte festlegen. Nach Abschluss des Zeichnens öffnet sich ein Dialog, in dem Attribute wie Linienart (z. B. durchgezogen oder gestrichelt) und Farbe definiert werden können. Die Linien werden in der Linienliste gespeichert, die die Geometrie sowie die Attributwerte enthält. Zusätzliche Funktionen zur Bearbeitung von Linien umfassen das Löschen von Linien, die sich in der Nähe eines Klickpunktes befinden, sowie das Verschieben von Linienpunkten. Start- und Endpunkte von Linien können interaktiv verschoben werden, um die Geometrie anzupassen. Die Darstellung der Linien erfolgt durch einen Painter, der die Attribute wie Linienart und Farbe berücksichtigt.

Das Plugin ermöglicht die Platzierung von Punkten, die als grafische Symbole auf der Zeichenfläche dargestellt werden. Punkte können an beliebigen Positionen durch Anklicken der Karte eingefügt werden. Durch einen Dialog kann der Nutzer, Attribute wie Größe, Farbe und Rotation der Symbole zu definieren. Die Punkte werden in der Punktliste verwaltet, wodurch eine konsistente Speicherung und einfache Weiterbearbeitung ermöglicht wird. Besondere Funktionen des Punktwerkzeuges umfassen die dynamische Farbanpassung der Symbole, die als SVGs gerendert werden, sowie das Löschen und Verschieben von Punkten. Die Darstellung erfolgt ebenfalls mithilfe eines Painters, der die angepassten SVGs auf der Karte zeichnet. In der aktuellen Implementierung sind exemplarisch nur wenige Punkt- und Symboltypen verfügbar, um die grundlegenden Möglichkeiten des Systems zu demonstrieren.

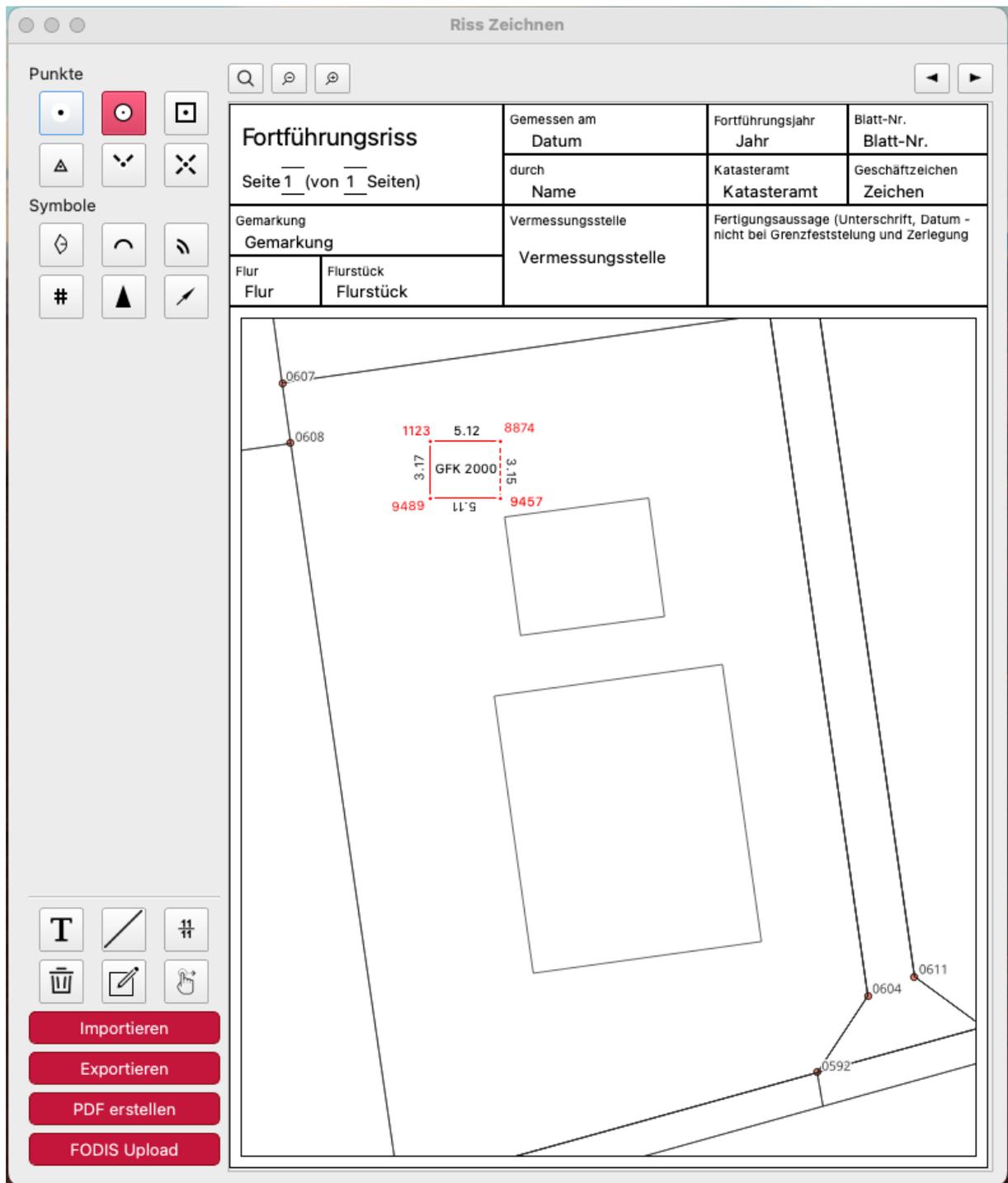


Abbildung 30: Plugin Dokumentenerstellung Zeichenfenster

Beschriftungen werden auf der Karte als Textobjekte dargestellt. Der Nutzer kann neue Beschriftungen hinzufügen, indem er eine Position auf der Karte auswählt und den gewünschten Text sowie Attribute wie Schriftgröße, Farbe und Rotation in einem Dialog eingibt. Die Beschriftungen werden in Labelliste gespeichert, die es ermöglicht, die Attribute und Positionen unabhängig zu verwalten. Zusätzliche Funktionen umfassen die Bearbeitung bestehender Beschriftungen, das Löschen und Verschieben von Beschriftungen. Die Textdarstellung erfolgt durch eine Kombination von Schrift- und Farbauswahl der Beschriftungen im Painter.

Ein Werkzeug ermöglicht die Bearbeitung sämtlicher Objekttypen (Punkte, Linien und Labels). Je nach ausgewähltem Objekttyp wird ein spezifischer Dialog geöffnet, in dem die relevanten Attribute des Objekts bearbeitet werden können. Änderungen werden unmittelbar in den jeweiligen Listen gespeichert und in der Kartenansicht aktualisiert. Beim Bearbeiten oder Verschieben von Objekten wird die Auswahl hierarchisch vorgenommen. Zunächst wird geprüft, ob sich ein Label an der ausgewählten Position befindet. Ist dies der Fall, wird es bevorzugt ausgewählt. Andernfalls wird geprüft, ob ein Punkt vorhanden ist, und zuletzt erfolgt die Auswahl einer Linie. Beim Löschen von Objekten hingegen werden alle an der ausgewählten Position befindlichen Objekte entfernt, unabhängig von ihrem Typ.

Die Import- und Exportfunktionen sind in diesem Plugin bisher nicht integriert, sondern nur durch Buttons angedeutet. Die Funktion des PDF-Exports ist implementiert. Dabei wird ein neuer Dialog geöffnet, in dem der lokale Speicherort ausgewählt werden kann. Über den Button „FODIS Upload“ wird die Anbindung an die FODIS-REST-API gewährleistet, dessen Umsetzung im nächsten Kapitel (Kapitel 4.3) beschrieben wird.

Im Kopf des angezeigten Dokuments befinden sich Textfelder, durch die die Attribute des Dokuments bearbeitet werden können. Diese Attribute, wie beispielsweise Vermessungsdatum oder Flurstückkennzeichen des betroffenen Flurstücks, können direkt im Dokument angepasst werden. Die im Konzept beschriebenen Plausibilitätsprüfungen für die Eingabe von Gemarkung, Flur und Katasteramt sind in der aktuellen Version des Plugins noch nicht umgesetzt. Diese Validierungen wären notwendig, um sicherzustellen, dass nur gültige und konsistente Daten in die entsprechenden Felder eingetragen werden können. Diese Prüfungen müssen in den nächsten Entwicklungsschritten implementiert werden. Zusätzlich sind oberhalb des Dokuments Buttons für Zoomfunktionen sowie Schalter zur Navigation zwischen verschiedenen Dokumentenseiten vorhanden. Diese Schalter ermöglichen es, schnell zwischen den Seiten zu wechseln oder eine neue Seite zu erstellen, falls erforderlich. Allerdings weisen die Zoomfunktionen und die Seitennavigation derzeit noch keine implementierte Funktionalität auf und dienen primär als Platzhalter für zukünftige Erweiterungen.

Das Plugin bietet eine erste Lösung für die Erstellung und Bearbeitung von Fortführungsrissen. Die interaktive Benutzeroberfläche, die effiziente Verwaltung der Datenstrukturen und die Unterstützung für verschiedene Exportformate gewährleisten eine flexible und benutzerfreundliche Arbeitsweise. Das Zusammenspiel der einzelnen Werkzeuge ermöglicht eine effiziente Bearbeitung von kartografischen Elementen, die den Anforderungen der Vermessungsdokumentation gerecht wird.

4.3 Implementierung für Attributierung und Upload

In diesem Kapitel wird die praktische Umsetzung des in Kapitel 3.5 beschriebenen Konzepts erläutert. Ziel ist es, die definierten Anforderungen für den Upload von Fortführungsdokumenten in ein funktionierendes Plugin zu überführen, das eine nahtlose Integration in den bestehenden

Workflow der Dokumentenerstellung bietet.

Zu Beginn wurde das bestehende Plugin aus Kapitel 4.2 um einen Upload-Button erweitert, der einen Dialog zur Metadateneingabe öffnet (Abbildung 23). Es ist vorgesehen, dass die Metadatenfelder im Dialog dynamisch generiert werden, basierend auf dem ausgewählten Dokumententyp. Diese Funktionalität soll die Benutzerfreundlichkeit verbessern, indem nur relevante Metadatenfelder angezeigt werden, wodurch die kognitive Belastung der Nutzenden reduziert wird. In der aktuellen Implementierung ist diese dynamische Generierung jedoch noch nicht umgesetzt. Derzeit sind lediglich die Felder für den Fortführungsriß für Gebäude fest integriert. Für andere Fortführungsdokumente müssten die angezeigten Felder zukünftig automatisch angepasst und erweitert werden, um deren spezifische Anforderungen abzudecken.

Abbildung 31: Plugin Metadateneingabe Upload

Metadaten, die bereits im Dokument hinterlegt sind, werden automatisch in die entsprechenden Felder des Dialogs übernommen, um eine konsistente Datenbasis zu gewährleisten und die manuelle Eingabe durch die Benutzer zu reduzieren. Dabei erfolgt zu Beginn der Metadatenübernahme eine Validierung der Datumseingabe. Es wird überprüft, ob das Datum im korrekten Format DD.MM.YYYY vorliegt und ob ein gültiges Fortführungsjahr angegeben wurde. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wird der Prozess fortgesetzt und das Uploadfenster geöffnet. Diese Überprüfung stellt sicher, dass fehlerhafte oder unvollständige Datumsangaben nicht erst in den Workflow aufgenommen werden. Die automatisch übernommenen Metadatenfelder sind nicht bearbeitbar, um sicherzustellen, dass keine Diskrepanzen zwischen den im Dokument enthaltenen Angaben und den Metadaten entstehen. Dadurch wird die Konsistenz der Daten gewahrt und die Gefahr von Eingabefehlern minimiert.

Der Dokumententyp ist in der aktuellen Implementierung noch auswählbar, damit unterschiedliche Dokumententypen eingefügt und die entsprechenden Funktionalitäten, wie die Filterung nach Dokumententyp im Such-Plugin, überprüft werden können. Bei einer Auswahl anderer

Dokumententypen ändern sich jedoch, wie oben schon gesagt, die angezeigten Metadatenfelder nicht. Ursprünglich war vorgesehen, dass auch der Dokumententyp nicht mehr veränderbar ist, um Konsistenz sicherzustellen. Allerdings könnte es sinnvoll sein, diese Funktion beizubehalten, da sich beispielsweise Fortführungsrisse für Gebäude und für Flurstücke im Design nicht unterscheiden. Wenn bei der initialen Auswahl ein Fehler gemacht wird, müsste der Fortführungsrisse sonst vollständig neu erstellt werden, was zeitaufwendig und ineffizient ist. Durch die Möglichkeit, den Dokumententyp im Metadaten-dialog anzupassen, könnten solche Fehler korrigiert und der Workflow flexibler gestaltet werden. Für das Format, das im Dialog definiert wurde, erfolgt ebenfalls eine Zwischenspeicherung, um es in späteren Schritten des Workflows weiterzuverarbeiten.

Falls der Nutzer entscheidet, dass eine Liste zum Fortführungsrisse mit hochgeladen werden soll, wird diese Liste automatisch aus den Vermessungsdaten erstellt. Die eingegebenen Metadaten werden für diese Liste ebenfalls automatisch übernommen. Der Upload beider Dokumente wird gemeinsam ausgeführt, wodurch automatisch eine Relation zwischen den beiden Dateien in der Datenbank erzeugt werden kann. Dieser gesamte Prozess wurde jedoch nicht im Rahmen dieser Arbeit umgesetzt.

Nach Abschluss der Metadaten-eingabe erscheint ein Anmeldefenster (Abbildung 15). Der Zugriff erfolgt über das IAM des LGLN, das eine zentrale Benutzerverwaltung für die IT-Infrastruktur des Landes Niedersachsen bereitstellt. Dieses System ist auf die Anforderungen des LGLN abgestimmt und gewährleistet durch die Nutzung vertrauter Authentifizierungsverfahren. Nach erfolgreicher Autorisierung erfolgt der Upload der Dokumente automatisch. Dabei werden die Metadaten in die Anfrage an die FODIS RESTAPI integriert. Im erstellten Konzept, in der entwickelten Oberfläche und im FODIS Fachkonzept von der Arbeitsgruppe FODIS, 2024 ist vorgesehen, dass zusätzlich eine Blattnummer und eine Unternummer vergeben werden können. Diese sind jedoch in der aktuellen Umsetzung des Backends noch nicht implementiert. Darüber hinaus tauchen sie auch in der Anlage B.2 nicht auf, weshalb es für den Upload zunächst vernachlässigt wird. Eine Erweiterung des Plugins um diese Attribute ist jedoch einfach umsetzbar. Zusätzlich werden einige Attribute automatisch ergänzt. Diese Attribute umfassen unter anderem:

- Der **Status**, der standardmäßig auf „aktuell“ gesetzt wird, da in diesem Plugin nur neue Dokumente verarbeitet werden.
- Die **Schutzstufe**, die auf „normal“ voreingestellt ist, da dafür im Konzept bisher keine Regelungen definiert wurden.
- Der **Aufbewahrungsort**, der standardmäßig auf „digital“ gesetzt wird, da in diesem Plugin digitale Fortführungsrisse erstellt werden.
- Die **Maßeinheit**, die standardmäßig auf Meter gesetzt wird, da dies bei neu angefertigten Dokumenten der Standard ist.

Andere mögliche Metadaten, die laut Konzept aus den Nutzer- und Vermessungsdaten automatisch generiert werden sollen, werden in dieser Umsetzung nicht beachtet. Insbesondere wird das

Dokumentenkezeichnungen nicht automatisch erstellt. Dies liegt unter anderem daran, dass keine einheitlichen Regeln zur Eingabe von Gemarkung und Flur im Fortführungsriss definiert wurden, wodurch eine Plausibilitätsprüfung der Eingaben nicht möglich ist. Zudem müsste für die automatische Generierung des Dokumentenkezeichens auch der zugehörige Nummerierungsbezirk ermittelt werden, was in der aktuellen Umsetzung nicht vorgesehen ist. Diese Workflows müssen im Nachhinein implementiert werden, um auch das Dokumentenkezeichen abbilden zu können.

Für die Georeferenzierung des Dokuments wird der Umriss der Kartendarstellung verwendet, der im Hintergrund automatisch aus dem Dokument abgeleitet wird. Die dabei generierten Koordinaten werden automatisch in das Koordinatensystem WGS84 (EPSG: 4326) umgewandelt, um sicherzustellen, dass das Dokument mit dem Dokumentensuche-Plugin (4.1) gefunden werden kann, da dieses nur eine Suche in diesem Koordinatensystem ermöglicht. Nach erfolgreichem Upload werden die Nutzer über eine Informationsmeldung benachrichtigt, und alle Dialogfenster des Plugins werden geschlossen. Dieser automatisierte Ablauf stellt sicher, dass die Benutzer ihre Arbeitsprozesse effizient und konsistent abschließen können, ohne manuelle Zwischenschritte vornehmen zu müssen.

Die Implementierung des Plugins legt den Grundstein für eine effiziente Verwaltung und den Upload von Fortführungsdokumenten. Durch die Integration in bestehende Systeme und die Berücksichtigung der Anforderungen an Benutzerfreundlichkeit bietet es eine flexible Lösung, die den Anforderungen der Vermessungsdokumentation gerecht wird.

5 Ergebnisse und Evaluation

In diesem Kapitel wird die entwickelte Lösung anhand der zentralen Aufgabenbereiche – Dokumentensuche, Dokumentenerstellung und Dokumentenupload – evaluiert. Dabei werden die Zielerreichung im Hinblick auf den Anwendungsfall einer Liegenschaftsvermessung und die Benutzerfreundlichkeit untersucht sowie Schwächen und Potenziale für zukünftige Entwicklungen identifiziert. In speziellen Aspekten erfolgt ein oberflächlicher Vergleich mit der parallel entwickelten FODIS-Webanwendung, um die spezifischen Stärken und Schwächen beider Systeme zu beleuchten. Die Webanwendung ermöglicht das Einfügen und nachträgliche Bearbeiten der Metadaten von Fortführungsdokumenten sowie deren Löschung, verfügt jedoch nicht über eine Funktion zur Erstellung der zeichnerischen Darstellung. Die Funktionen der Webanwendung beschränken sich damit auf die der entwickelten Plugins, ergänzt um Bearbeitungs- und Löschfunktionen, während die Erstellung von Fortführungsdokumenten allein durch die entwickelten Plugins abgedeckt wird.

5.1 Dokumentensuche

Die Funktionalität der Dokumentensuche wurde basierend auf den Anforderungen für die Vorbereitung von Vermessungsunterlagen umgesetzt. Dabei zeigt sich, dass die geografische Suche sowie die Filterung nach Jahreszahlen und Dokumententypen vollständig implementiert und funktionsfähig sind. Auch die Filterung nach Attributen wurde teilweise umgesetzt: Die Suche

nach Dokumententiteln und Geschäftszeichen funktioniert zuverlässig, während die Suche nach Flurstückskennzeichen bislang nur konzeptionell integriert ist.

Ein zentrales Problem stellt die fehlende Plausibilitätsprüfung der Metadaten dar. Obwohl im neuen Fachkonzept für FODIS die speicherbaren Metadaten definiert wurden, wird im Backend nicht überprüft, ob diese konsistent oder gemäß bestimmter Standards gespeichert werden. Dies kann zu inkonsistenten Metadaten führen, die eine Suche nach bestimmten Attributen, wie beispielsweise der Gemarkung, erschweren. Es bleibt undefiniert, ob eine Gemarkung in Textform oder als abgekürzte Zahlenform hinterlegt werden soll. Eine mögliche Lösung wäre, die Plausibilitätsprüfungen im Frontend, also im Plugin und in der parallel entwickelten Webanwendung, zu implementieren. Dies würde jedoch eine enge Abstimmung zwischen diesen beiden erfordern, um sicherzustellen, dass die Validierungsregeln einheitlich umgesetzt werden. Da eine solche Abstimmung im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war, wurde vorerst auf die Implementierung von Plausibilitätsprüfungen verzichtet. Aufgrund dieser Inkonsistenzen wurden die Attributsuchen im Plugin auf Dokumententitel und Dokumentenkennzeichen beschränkt, da diese die sinnvollsten und zuverlässigsten Suchkriterien darstellen. Diese können jedoch erweitert werden, sobald neue Vorgaben definiert sind. Ohne diese Vorgaben könnte, für die geplante Suche nach Flurstückskennzeichen als Workaround eine räumliche Suche implementiert werden. Hierbei würde die Geometrie des Flurstücks verwendet, um eine räumliche Abfrage anstelle einer Suche nach Metadaten zum Flurstückskennzeichen durchzuführen. Dies könnte die derzeitige Einschränkung der uneinheitlichen Metadaten umgehen und eine praktikable Lösung darstellen. Ein weiteres Problem betrifft die Merklisensuche. Aufgrund der fehlenden Unterscheidung zwischen Merklisiten und Dokumenten-Collections im STAC-Katalog können Merklisiten nicht separat abgefragt werden. Dies führt dazu, dass in der aktuellen Merklisendarstellung sämtliche Collections angezeigt werden, einschließlich derjenigen, die keine Merklisiten sind. Nach Rücksprache ist jedoch eine zukünftige Anpassung des STAC-Katalogs vorgesehen. Dabei soll eine Kennzeichnung der Merklisiten durch ein spezielles Präfix (bookmarks-) in den IDs der Collections erfolgen, wodurch eine gezielte Abfrage ausschließlich der Merklisiten ermöglicht wird. Diese Anpassung würde die Merklisitenfilterung überhaupt erst praktikabel machen und damit die Grundlage für eine effektive Nutzung dieser Funktion im Plugin schaffen.

Bei der Anzeige der gefundenen Items ist eine erneute Anfrage an die zugehörige Collection erforderlich, da der Titel eines Dokuments ausschließlich auf der Ebene der Collection gespeichert wird und nicht direkt dem Item zugeordnet ist. Dies erhöht die Anzahl der API-Anfragen, was sich potenziell auf die Performance des Systems auswirken kann. Im sich öffnenden Fenster werden die wichtigsten Metadaten der gefundenen Items übersichtlich angezeigt. Die Funktionen zum Erstellen und Hinzufügen von Dokumenten zu Merklisiten sind zwar durch entsprechende Buttons angedeutet, jedoch derzeit nicht implementiert. Diese Funktionalitäten sollten in einer zukünftigen Weiterentwicklung des Plugins umgesetzt werden. Die Anzeige und der Download der Originaldateien hingegen wurden erfolgreich umgesetzt und funktionieren zuverlässig.

Die Usability des Plugins wird durch explizite Maßnahmen unterstützt, um eine intuitive Bedienung und eine möglichst fehlerfreie Nutzung zu gewährleisten. Der Einsatz des IAM Systems des LGLN für den Login-Prozess stellt einen Aspekt dar, da viele Nutzende diese Authentifizierungsmethode bereits aus anderen Anwendungen kennen. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, sich mit einem neuen Authentifizierungsverfahren vertraut zu machen, was die Benutzerfreundlichkeit deutlich erhöht. Im Bereich der Dokumentensuche bietet die geografische Suche durch die Möglichkeit einer grafischen Auswahl des Suchbereichs eine benutzerfreundliche Funktionalität. Die visuelle Interaktion minimiert Falscheingaben und erleichtert die präzise Eingrenzung der Suchergebnisse. Ebenso würde die Suche nach Flurstückskennzeichen zur Fehlervermeidung beitragen, da vordefinierte Auswahlmöglichkeiten bereitgestellt werden. Dies ermöglicht es den Nutzenden, Eingaben schnell und korrekt zu tätigen, ohne sich mit spezifischen Formatanforderungen der Eingaben auseinandersetzen zu müssen. Die gesamte Gestaltung der Suchfunktionalität orientiert sich an bestehenden Anwendungen, die den Nutzenden vertraut sind. Diese Wiedererkennbarkeit erleichtert die Umstellung auf das neue System und sorgt dafür, dass die Bedienung intuitiv bleibt. Die Verwendung bekannter Komponenten und konsistenter Bedienkonzepte trägt wesentlich dazu bei, die Arbeitsprozesse effizient zu gestalten. Hinsichtlich der Effizienz des Systems konnten jedoch keine fundierten Aussagen getroffen werden, da nur Testdaten mit einem deutlich geringeren Umfang als die späteren Originaldaten verwendet wurden. Ein Performancetest unter realen Bedingungen war daher nicht möglich. Dennoch wurde darauf geachtet, dass das System im Fehlerfall klare und hilfreiche Fehlermeldungen ausgibt. Diese unterstützen die Nutzenden dabei, Eingabefehler zu erkennen und zu korrigieren, wodurch potenzielle Frustrationen reduziert und die Bedienfreundlichkeit weiter gestärkt werden.

Im Verlauf der praktischen Umsetzung wurde eine neue Version der FODIS-REST-API bereitgestellt. Diese Entwicklung führte zu einer erneuten Überprüfung der Entscheidung, den STAC-Katalog und die STAC-API als Basis für die Dokumentensuche zu verwenden. Die neuen Möglichkeiten, die durch die aktualisierte API eröffnet wurden, könnten alternative Ansätze zur Organisation und Abfrage von Dokumenten ermöglichen, was die ursprüngliche Architektur und Implementierung infrage stellt.

Die FODIS-REST-API bietet bereits eine klare Unterscheidung zwischen Merklisten (Bookmarks) und Dokumenten (Documents), was eine präzisere und effizientere Abfrage ermöglicht. Im Gegensatz zum STAC-Katalog, bei dem Dokumente als Items innerhalb von Collections gespeichert werden, sind in der REST-API alle relevanten Informationen direkt über den Document-Endpunkt abrufbar. Dadurch werden redundante Anfragen, wie beispielsweise das Nachladen des Titels über die Collection-ID, vermieden, was die Effizienz insbesondere bei umfangreichen Abfragen erhöht. Ein weiterer Vorteil der FODIS-REST-API besteht in der bereits integrierten Zugriffskontrolle. Diese regelt nicht nur den Zugriff auf die eigentlichen Dateien, sondern auch auf die Metadaten der Dokumente. Im Gegensatz dazu ist im aktuellen STAC-System ein entsprechendes Nutzungskonzept erst in Entwicklung. Dies führt dazu, dass zwar jeder Benutzer die Metadaten eines Dokuments einsehen kann, der Zugriff auf die zugehörigen Dateien jedoch verweigert wird, sofern keine ausreichenden Berechtigungen vorliegen. Diese Diskrepanz erschwert

die praktische Anwendung des STAC-Systems im Vergleich zur FODIS-REST-API erheblich. Ein wesentlicher technischer Nachteil der aktuellen Implementierung des STAC-Systems liegt in der geografischen Suche, die ausschließlich im Koordinatensystem WGS84 (EPSG:4326) durchgeführt werden kann. Die über die FODIS-Webanwendung eingefügten Dokumente sind jedoch im Koordinatensystem UTM Zone 32 (EPSG:25832) gespeichert. Diese Diskrepanz führt dazu, dass entsprechende Dokumente derzeit nicht über die geografische Suche gefunden werden können. Es ist geplant, eine Koordinatentransformation während der Überführung der Dokumentdaten von FODIS zu STAC zu integrieren, um dieses Problem zukünftig zu beheben. Bis dahin bleibt die geografische Suche im STAC-System jedoch eingeschränkt, was seine Funktionalität und Praktikabilität weiter beeinträchtigt. Ein entscheidender Punkt ist die Integration neuer Search-Endpoints in die FODIS-REST-API. Diese ermöglichen nun auch eine geografische Suche sowie eine erweiterte Filterung nach Metadaten, wodurch zentrale Funktionalitäten eines STAC-Systems direkt in der REST-API abgebildet werden können. Dies entspricht den Kernanforderungen, die ursprünglich als Vorteil des STAC-Systems betrachtet wurden, und reduziert somit die Notwendigkeit, auf das STAC-Modell zurückzugreifen. Zudem ermöglicht die in der FODIS-REST-API eine dynamische Suche, sodass in der Weboberfläche dynamisch Vorschläge zu Suchbegriffen generiert werden und sich die Ergebnisse dahingehend automatisch anpassen. Diese Suche stellt eine Verbesserung zur Suche des Plugins dar. Jedoch ist die Suche des entwickelten Plugin in Bezug auf die Vorbereitung einer Liegenschaftsvermessung völlig ausreichend.

Zusammenfassend sprechen die aktuelle Struktur und die neuen Funktionalitäten der FODIS-REST-API dafür, diese als primäre Grundlage für die Dokumentensuche zu verwenden. Die Vorteile in Bezug auf Effizienz, Zugriffskontrolle und die Möglichkeit einer präzisen räumlichen und attributbasierten Suche überwiegen deutlich die theoretischen Vorteile des STAC-Systems. Wenn die derzeitigen Einschränkungen des STAC-Systems behoben sind, sollte ein umfassender Performancevergleich zwischen der FODIS-REST-API und dem STAC-System mit der STAC-API durchgeführt werden. Dieser Vergleich wäre essenziell, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu schaffen, welche Lösung langfristig die effizientere und robustere Grundlage für die Dokumentensuche und -verwaltung im FODIS-Kontext bietet. Aspekte wie Abfragegeschwindigkeit, Skalierbarkeit, Datenintegrität sowie die Nutzerfreundlichkeit sollten dabei berücksichtigt werden, um ein ganzheitliches Bild der jeweiligen Stärken und Schwächen zu erhalten.

5.2 Dokumentenerstellung

Die Funktionalität zur Erstellung von Dokumenten im aktuellen Entwicklungsstand des Plugins ist lediglich rudimentär umgesetzt und dient primär der Demonstration des gesamten Workflows. Im Fokus steht dabei der Anwendungsfall zur Erstellung eines Fortführungsrisse für Gebäude, wobei ausschließlich die hierfür relevanten Funktionen implementiert wurden. Diese Umsetzung basiert auf Annahmen darüber, in welcher Form die notwendigen Daten im QGIS-Projekt vorliegen. Eine erneute Überprüfung dieser Annahmen wäre erforderlich, sobald auch der Prozess der Vermessungsdatenerfassung in QGIS integriert ist. Die bisherige Implementierung zeigt jedoch, dass die Erstellung von Fortführungsdokumenten in QGIS grundsätzlich möglich ist. Dennoch besteht insbesondere bei den Zeichenfunktionen ein erheblicher Entwicklungsbedarf.

Das Plugin startet mit einer Layerauswahl, in der die im Fortführungsriss vorhandenen Layer bestimmt werden können. Dabei kann zwischen bearbeitbaren und nicht bearbeitbaren Layern unterschieden werden. In einfachen Vermessungsszenarien, bei denen alle relevanten Daten inklusive der erforderlichen Beschriftungen bereits im QGIS-Projekt vorliegen, ermöglicht dies eine effiziente Erstellung des Fortführungsrisses. In solchen Fällen müssen keine Layer in einen bearbeitbaren Zustand umgewandelt werden, und die vorhandenen Daten können direkt in die Zeichenfläche des Fortführungsrisses übernommen werden. Ergänzungen beschränken sich auf die Eingabe von Metadaten und kleineren Anpassungen im Fortführungsriss. Die Zeichenfunktion des Plugins ist jedoch noch stark eingeschränkt. Im Vergleich zur Anwendung VermGraf (Kapitel 2.4.3) weist sie deutlich weniger Funktionen auf. Beispielsweise sind in VermGraf Linienenden mit Punkten verschmolzen, sodass bei einer Punktverschiebung die zugehörige Linie automatisch angepasst wird. Diese Funktionalität fehlt im Plugin, wodurch alle Elemente manuell angepasst werden müssen. Auch die Handhabung von Beschriftungen, insbesondere hinsichtlich der Rotationssteuerung, bedarf einer Optimierung. Die Möglichkeit einer freien Farbauswahl für Objekte in der aktuellen Umsetzung ist ebenfalls kritisch zu hinterfragen. Eine Beschränkung auf vordefinierte Farben würde nicht nur die Usability verbessern, sondern auch die Einhaltung einheitlicher Standards hinsichtlich der Farbgebung auch innerhalb eines Dokuments fördern. Mit weiteren Verbesserungen bei den Zeichenfunktionalitäten könnte die Benutzerfreundlichkeit von VermGraf übertroffen werden, insbesondere durch den Wegfall von Medienbrüchen.

Darüber hinaus fehlen noch essenzielle Funktionen wie eine Rückgängig-Option oder eine feinere Steuerung der Zoomstufen. Derzeitige Zoomstufen weisen große Sprünge auf, was die Präzision und Benutzerfreundlichkeit beeinträchtigt. Weitere notwendige Erweiterungen umfassen die Möglichkeit, mehrere Seiten zu erstellen, Zeichnungen zu speichern und später erneut zu laden sowie die Integration einer größeren Auswahl an Symbolen und Dokumentenköpfen für verschiedene Fortführungsdokumente. Des Weiteren sollte die Notwendigkeit der Verarbeitung von Polygonen, beispielsweise neuer Gebäudegeometrien, hinterfragt werden. Da diese lediglich der Übertragung von Beschriftungen aus den Polygondaten dient, könnte ein manuelles Hinzufügen der Beschriftungen in vielen Fällen effizienter sein. Dies würde zusätzliche Vorbereitungsschritte, die mit der Verarbeitung und Übertragung von Polygondaten verbunden sind, überflüssig machen.

Insgesamt ist die aktuelle Implementierung der Fortführungsdokumentenerstellung als prototypisch zu betrachten und dient vor allem dazu, verschiedene Ansätze und mögliche Funktionen zu demonstrieren. Die Weiterentwicklung dieses Moduls stellt einen der größten zukünftigen Handlungsbedarfe dar.

5.3 Attributierung und Upload

Der Upload von Dokumenten erfolgt über die FODIS-REST-API und unterstützt derzeit nur eine begrenzte Anzahl von Dokumententypen, die jedoch problemlos erweitert werden können. Ein wesentlicher Beitrag zur Benutzerfreundlichkeit ist die automatische Übernahme der Metadaten aus dem angefertigten Dokument, wodurch die Nutzenden lediglich eine Überprüfung

und Ergänzung der übrigen Metadaten vornehmen müssen, bei denen das Einfügen des Dokumenttitels verpflichtend ist. Eine Plausibilitätsprüfung der eingegebenen Metadaten erfolgt mit Ausnahme des Vermessungsdatums und Fortführungsjahr nicht. Dies orientiert sich an der bestehenden Weboberfläche, in der bisher ebenfalls keine weitergehenden Prüfungen vorgesehen sind, sodass keine inkonsistenten Regelungen zwischen den beiden Systemen entstehen. Positiv zu bewerten ist die automatische Erfassung der Geometrie des Dokuments, die als Georeferenzierung in den Upload integriert wird. Bei Dokumenten mit mehreren Seiten werden alle Geometrien der einzelnen Seiten als Georeferenzierung übermittelt. Im gleichen Prozess wird die Datei des erstellten Fortführungsrisss dem Dokument zugeordnet und mit hochgeladen. Eine zusätzliche, für die Zukunft angedachte Funktion ermöglicht die automatische Generierung der Liste zum Fortführungsrisss während des Uploads. Diese Liste soll ebenfalls als separates Dokument in die FODIS-REST-API eingefügt werden, wobei direkt eine Relation zwischen der Liste und dem hochgeladenen Fortführungsrisss hergestellt wird. Diese Funktion ist bisher nur angedacht und muss mit den nächsten Entwicklungsschritten umgesetzt werden.

Die Berechtigungsprüfung des Uploads erfolgt durch den Login über das IAM System des LGLN. Dies ist ein Vorteil, da Nutzende mit diesem etablierten und vertrauten Anmeldeprozess keine neuen Verfahren erlernen müssen. Die automatische Schließung des Plugins nach dem erfolgreichen Upload verhindert unbeabsichtigte Doppeleinfügungen und trägt zur Effizienz des Prozesses bei. Insgesamt zeichnet sich der Upload-Prozess durch eine hohe Benutzerfreundlichkeit aus, da die manuelle Eingabe von Daten minimiert und zahlreiche Prozesse, wie die Erfassung der Georeferenzierung, automatisiert wurden.

Im Vergleich zur Weboberfläche ist der Upload neu erstellter Dokumente über das Plugin als effizienter und benutzerfreundlicher zu bewerten. Während im Plugin alle Daten in einem Schritt eingefügt werden, erfordert die Weboberfläche mehrere separate Schritte: Zunächst die Dokumentenerstellung, gefolgt vom Eintrag der Metadaten, der Eingabe der Georeferenzierung und schließlich der Ablage der Datei. Das Plugin fasst diese Schritte zu einem einheitlichen und automatisierten Workflow zusammen, was die Bedienung erheblich vereinfacht.

5.4 Zusammenfassung

Die Evaluation zeigt, dass die entwickelte Lösung viele der gestellten Anforderungen erfüllt und eine solide Grundlage für die Integrierung des FODIS-Systems in QGIS bietet. Die Funktionalität der Dokumentensuche ist intuitiv, während der hohe Grad an Automatismus des Dokumentenuploads als besonders positiv hervorgehoben werden können. Dennoch gibt es in allen Bereichen, besonders in der Dokumentenerstellung, Schwächen, die in zukünftigen Arbeiten bearbeitet werden sollten.

In Bezug auf die Usability sind die Plugins in der Lage ihre Aufgaben im Hinblick auf den Vermessungsprozess vollständig und präzise zu erfüllen, wodurch die Effektivität gewährleistet wird. Eine Bewertung der Effizienz ist aktuell nur eingeschränkt möglich, da die Vermessungsfunktionalität selbst noch nicht in QGIS integriert ist. Ohne diesen Schritt ergibt die Anwendung der

Plugins noch keinen praktischen Nutzen im Gesamtkontext des Vermessungsprozesses. Bezüglich der Zufriedenheit kann die einfache Handhabung der Plugins positiv hervorgehoben werden, da sie klar strukturiert sind und die Interaktion durch Automatismen erleichtert wird. Für eine aussagekräftige Bewertung wäre es jedoch notwendig, die Plugins durch echte Anwender testen und bewerten zu lassen. Hinsichtlich der nutzerorientierten Gestaltung weisen die Plugins eine konsistente Benutzeroberfläche mit einheitlichem Design und durchgängiger Beschriftung auf. Klare Bezeichnungen und der Einsatz von Tooltips an relevanten Stellen unterstützen die Benutzerführung. Wichtige Schaltflächen oder aktivierte Optionen werden visuell durch eine gezielte Farbgebung hervorgehoben, was die Orientierung erleichtert. Die Oberfläche wurde bewusst einfach und übersichtlich gestaltet, um eine Überfrachtung zu vermeiden und die Bedienung intuitiv zu halten. Zusätzlich tragen aussagekräftige und leicht verständliche Fehlermeldungen dazu bei, Fehler frühzeitig zu erkennen und zu beheben, wodurch der Arbeitsfluss unterstützt wird.

Im Vergleich zur FODIS-Weboberfläche sind die Plugins speziell auf den Anwendungsfall der Durchführung einer Vermessung ausgerichtet. Dies spiegelt sich in der gezielten Implementierung relevanter Funktionen wider, während andere Aufgaben, wie das Löschen oder nachträgliche Bearbeiten von Daten, nicht vorgesehen sind. Im Gegensatz dazu bietet die Weboberfläche ein breiteres Aufgabenspektrum, das unterschiedliche Nutzerbedarfe abdeckt. Die Plugins sind somit als spezialisierte Werkzeuge für einen spezifischen Workflow konzipiert, während die FODIS-Weboberfläche als universelle Plattform für verschiedene Aufgaben dient.

6 Fazit und Ausblick

Die Integration der vermessungstechnischen Prozesse in QGIS ist ein Bestandteil der Neuausrichtung der IT-Strategie des LGLN (Kapitel 3.1.1). Ziel ist die Optimierung von Arbeitsabläufen u.a. durch die Reduzierung von Medienbrüchen. Die Einbettung des Prozesses in QGIS unterstützt zudem die langfristige, kostengünstige Nutzung und Anpassbarkeit des Systems. Diese Arbeit zeigt, dass die Integration vermessungstechnischer Prozesse, die im Zusammenhang mit FODIS stehen – Dokumentensuche, Dokumentenerstellung, Dokumentenupload – in QGIS mithilfe der entwickelten Plugins realisierbar ist. Die Evaluation verdeutlicht, dass wesentliche Anforderungen, insbesondere in den Bereichen Dokumentensuche und -upload, erfüllt wurden. Die intuitive Benutzeroberfläche und die Automatisierung zentraler Aufgaben tragen maßgeblich zu einer guten Usability bei und können die Arbeitsprozesse erleichtern. Die bisherigen Funktionen sind jedoch auf eine interne Nutzung ausgelegt, wobei Erweiterungspotenziale bestehen, um die Plugins auch für ÖbVIs nutzbar zu machen. Hier wären Anpassungen an den Metadaten erforderlich, wie etwa die Möglichkeit, das Geschäftszeichen der Vermessungsstelle einzufügen.

Dennoch bestehen Schwächen, insbesondere bei der Funktionalität zur Dokumentenerstellung, die bislang nur rudimentär umgesetzt wurde. Die Ergebnisse legen nahe, dass insbesondere die Zeichenfunktionen verbessert und erweitert werden müssen, um die Effizienz und Benutzerfreundlichkeit zu steigern. Zudem sollten die Plugins hinsichtlich der unterstützten Dokumententypen, anzeigbaren Dateiformate und weiterer in der Evaluation genannter Aspekte erweitert werden. Ein wichtiges Entwicklungspotenzial besteht in der Integration zusätzlicher automa-

tischer Prozesse. So könnten Metadaten, wie sie im Dokumentenkopf eines Fortführungsrisse enthalten sind, bereits automatisch aus Vermessungsdaten, Benutzerdaten und Projektinformationen abgeleitet und bei der Dokumentenerstellung eingetragen werden. Dadurch ließe sich der Aufwand für manuelle Eingaben weiter reduzieren, wodurch auch wieder die Usability gefördert wird. Zudem könnten in Zukunft automatisierte Prozesse, die im FODIS-Backend durch eine automatisierte Texterkennung vorgesehen sind, zum Teil bereits im Plugin der Dokumentenerstellung und Upload integriert werden, indem relevante Daten direkt aus den Vermessungsdaten mitgeliefert werden.

Ein weiterer zentraler Punkt für zukünftige Arbeiten ist die Entscheidung zwischen der Nutzung der STAC-Spezifikation und der FODIS-REST-API. Sobald die technischen Probleme im STAC-System behoben sind, müssen beide Systeme hinsichtlich ihrer Performance, Skalierbarkeit und Usability verglichen werden, um eine fundierte Entscheidung für zukünftige Entwicklungen zu treffen. Darüber hinaus wurde das FODIS-System im Laufe dieser Arbeit um sogenannte Arbeitsbereiche erweitert, die neben Merklisten eine weitere Möglichkeit der Organisation und Prüfung der Dokumente bieten. Es wäre möglich, für jedes Katasteramt separate Arbeitsbereiche einzurichten, in die die hochgeladenen Dokumente zunächst hinzugefügt werden. In diesen Arbeitsbereichen könnten die Dokumente einer Überprüfung unterzogen werden, bevor sie endgültig in das zentrale Dokumentenarchiv aufgenommen werden. Dies ermöglicht auch, die in der Abbildung 10 gezeigte Prüfung der Daten abzuwarten, bevor die Dokumente endgültig in das Archiv übernommen werden. Um diese Funktion zu implementieren, müsste die Uploadfunktion so angepasst werden, dass Dokumente direkt dem entsprechenden Arbeitsbereich eines Katasteramtes zugeordnet werden können. Diese Erweiterung würde sowohl die Qualitätssicherung als auch die Nachvollziehbarkeit des Prozesses weiter verbessern.

Die Arbeit unterstreicht das Potenzial von QGIS als Plattform für die Integration vermessungstechnischer Prozesse, die in Verbindung mit FODIS stehen. Sie zeigt auf, dass durchdachte Plugins bestehende Arbeitsabläufe effizient unterstützen und Medienbrüche reduzieren können. Gleichzeitig bieten die gewonnenen Erkenntnisse eine solide Grundlage für zukünftige Entwicklungen, die eine noch stärkere Automatisierung und Anpassung an spezifische Anforderungen ermöglichen. Die Weiterentwicklung der Plugins ist hierbei aber besonders wichtig. Zudem ist die Integration der eigentlichen Vermessung selbst in QGIS ein essenzieller nächster Schritt, um die Plugins im echten Arbeitsablauf sinnvoll einsetzen zu können. Insgesamt wurde aber gezeigt, dass durch QGIS der Zugriff auf FODIS-Dokumente effektiv realisiert werden kann.

Literaturverzeichnis

- Arbeitsgruppe FODIS. (2012). Richtlinien Fortführungsdokumente Informationssystem (FODIS) [Internes Dokument].
- Arbeitsgruppe FODIS. (2024). Fachkonzept für das Fortführungsdokumenteinformationssystem (FODIS) 2.0 [Internes Dokument].
- Billing, N. (2022). Bedienungsanleitung Vermgraf [Internes Dokument].
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. (2022). Onlinezugangsgesetz (OZG) [Zugriff am 14. Oktober 2024]. %5Curl%7Bhttps://www.gesetze-im-internet.de/ozg/%7D
- Fielding, R., & Taylor, R. (2000). Principled design of the modern Web architecture. *Proceedings of the 2000 International Conference on Software Engineering. ICSE 2000 the New Millennium*, 407–416. <https://doi.org/10.1145/337180.337228>
- FODIS Team. (2024). FODIS - Wandel in der IT-Architektur [Internes Dokument].
- Gandhi, U. (2024). Erstellen eines Python-Plugins in QGIS [Zugriff am: 6. November 2024]. https://www.qgistutorials.com/de/docs/3/building_a_python_plugin.html
- Gulliksen, J., Göransson, B., Boivie, I., Blomkvist, S., Persson, J., & Cajander, A. (2003). Key principles for user-centred systems design. *Behaviour & Information Technology*, 22, 397–409.
- Gupta, P. (2012). User friendly open GIS tool for large scale data assimilation – a case study of hydrological modelling. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 427–430. <https://doi.org/10.5194/ISPRSARCHIVES-XXXIX-B4-427-2012>
- Henke, D., & Clermont, D. (2021). Warum FODIS nicht bleiben kann wie es ist [Internes Dokument].
- International Organization for Standardization. (2020). ISO 9241-110: Ergonomics of human-system interaction – Part 110: Interaction principles. *International Organization for Standardization*.
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen. (2022). IT-Strategie des LGLN [Internes Dokument].
- Lemenkova, P., & Debeir, O. (2023). GDAL and PROJ Libraries Integrated with GRASS GIS for Terrain Modelling of the Georeferenced Raster Image. *Technologies*. <https://doi.org/10.3390/technologies11020046>
- Mazumder, F. K., & Das, U. K. (2014). Usability Guidelines for Usable User Interface. *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*, 3(9), 79–82.
- Miraz, M. H., Ali, M., & Excell, P. S. (2021). Adaptive user interfaces and universal usability through plasticity of user interface design. *Computer Science Review*, 40, 100363.
- Mohr, M. (2021). STAC - ein Ökosystem für raumzeitliche Daten [Zugriff am 14. Oktober 2024]. <https://doi.org/10.5446/53919>
- Mohr, M. (2024). *STAC - Einführung und Neuigkeiten* [Zugriff am 14. Oktober 2024]. %5Curl%7Bhttps://pretalx.com/fossgis2024/talk/LTQY9U/%7D
- Moßgraber, J., van der Schaaf, H., & Schleidt, K. (2022). Erleichterung des Zugriffs auf INSPIRE-Daten über standardbasierte Anwendungsprogrammierschnittstellen. In F. Fuchs-Kittowski,

- A. Abecker & F. Hosenfeld (Hrsg.), *Umweltinformationssysteme - Wie trägt die Digitalisierung zur Nachhaltigkeit bei?* (S. 53–65). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Ndossi, M., & Avdan, U. (2016). Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. *Remote. Sens.*, 8, 413. <https://doi.org/10.3390/rs8050413>
- Niedersachsen. (2020). Anmerkungen zum Runderlass Führung des Liegenschaftskatasters (Lieg-KatErlass).
- Niedersachsen. (2021). Erhebung von Geobasisdaten durch Liegenschaftsvermessungen (Lieg-VermErlass) [VORIS 21160].
- Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport. (2016). Digitale Verwaltung 2025.
- Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport. (2021a). Niedersächsisches Digitalisierungs- und Informationssicherheitsgesetz (NDIG) [Zugriff am 14. Oktober 2024]. <https://www.mi.niedersachsen.de/startseite/digitalisierung%7D>
- Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport. (2021b). Niedersächsisches Gesetz über das amtliche Vermessungswesen und die Grundstückswertermittlung (nVermG) [Zugriff am 14. Oktober 2024]. <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/0ba2dd87-a41b-3994-b198-202beb90b2fc>
- Nielsen, J. (2001). Coordinating user interfaces for consistency. *ACM SIGCHI Bull.*, 20, 63–65. <https://doi.org/10.1145/67900.67910>
- Open Geospatial Consortium. (2003). OpenGIS Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard [Zugriff am: 22. Oktober 2024]. <https://www.ogc.org/publications/standard/wcs/>
- Open Geospatial Consortium. (2005). OpenGIS Web Feature Service (WFS) Implementation Standard [Zugriff am: 22. Oktober 2024]. <https://www.ogc.org/publications/standard/wfs/>
- Open Geospatial Consortium. (2006). OpenGIS Web Map Server (WMS) Implementation Standard [Zugriff am 22. Oktober 2024]. <https://www.ogc.org/publications/standard/wms/>
- Open Geospatial Consortium. (2007). OpenGIS Web Processing Service (WPS) Implementation Standard [Zugriff am: 22. Oktober 2024]. <https://www.ogc.org/publications/standard/wps/>
- Open Geospatial Consortium. (2019). OGC API Features - Part 1: Core [Zugriff am: 05. Dezember 2024]. <https://docs.ogc.org/is/17-069r3/17-069r3.html>
- Open Geospatial Consortium. (2021). Common Query Language (CQL2) [Zugriff am: 05. Dezember 2024]. <https://www.ogc.org/de/publications/standard/cql2/>
- Open Geospatial Consortium. (2024a). Bringing STAC into OGC [Zugriff am: 06. November 2024]. <https://www.ogc.org/de/blog-article/bringing-stac-into-ogc/>
- Open Geospatial Consortium. (2024b). OGC API Standards [Zugriff am: 22. Oktober 2024]. <https://ogcapi.ogc.org/>
- Open Geospatial Consortium. (n.d.). OGC API Features - Transactions Extension [Zugriff am: 05. Dezember 2024]. <https://github.com/opengeospatial/ogcapi-features/tree/master/extensions/transactions>

- OpenAPI Initiative. (2021). *OpenAPI Specification Version 3.1.0* [Zugriff am 14. Oktober 2024].
<https://spec.openapis.org/oas/v3.1.0.html>
- QGIS Development Team. (2023a). *PyQGIS Developer Cookbook* [Zugriff am 21. Oktober 2024].
https://docs.qgis.org/3.34/de/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html
- QGIS Development Team. (2023b). *QGIS Python Console* [Zugriff am 21. Oktober 2024]. https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/plugins/python_console.html
- QGIS Development Team. (2023c). *QGIS Server Documentation* [Zugriff am 21. Oktober 2024].
https://docs.qgis.org/3.34/de/docs/server_manual/index.html
- QGIS Development Team. (2024). QgsExtentGroupBox Class Reference [Zugriff am: 02. Dezember 2024]. <https://api.qgis.org/api/3.38/classQgsExtentGroupBox.html>
- Rosas-Chavoya, M., Gallardo-Salazar, J. L., López-Serrano, P., Alcántara-Concepción, P. C., & León-Miranda, A. K. (2021). QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development. *Cuadernos de Investigación Geográfica*.
<https://doi.org/10.18172/cig.5143>
- SpatioTemporal Asset Catalog. (2024). Introduction to the STAC API Browser QGIS Plugin [Zugriff am: 04. November 2024]. <https://stacspec.org/en/tutorials/2-intro-to-stac-api-browser-qgis-plugin/>
- Stabsstelle Innovation. (2023). Modernisierungskonzept [Internes Dokument].
- STAC API Extensions Team. (n.d.). STAC API - Collection Transaction Extension [Zugriff am: 05. Dezember 2024]. <https://github.com/stac-api-extensions/collection-transaction>
- STAC QGIS Plugin. (2024). QGIS Plugin for accessing SpatioTemporal Asset Catalogs (STAC) [Zugriff am: 29. Oktober 2024]. <https://stac-utils.github.io/qgis-stac-plugin/>
- STAC Specification Team. (2023a). STAC Core Specification 1.0.0 [Zugriff am: 05. Dezember 2024]. <https://api.stacspec.org/v1.0.0/core/>
- STAC Specification Team. (2023b). STAC Item Search Specification 1.0.0 [Zugriff am: 05. Dezember 2024]. <https://api.stacspec.org/v1.0.0/item-search/>
- Swagger. (2024). *What Is OpenAPI?* [Zugriff am 14. Oktober 2024]. https://swagger.io/docs/specification/v3_0/about/
- Team IAM. (2024). Identity & Access Management System [Internes Dokument].
- Thesemann, S. (2016). *Interface Design - Usability, User Experience und Accessibility im Web gestalten* (2. Aufl.). Springer Vieweg.
- Tihomirovs, J., & Grabis, J. (2016). Comparison of soap and rest based web services using software evaluation metrics. *Information technology and management science*, 19(1), 92–97.
- Unger-Windeler, C., & Bischof, R. (2024a). Projektauftrag FODIS_neu [Internes Dokument].
- Unger-Windeler, C., & Bischof, R. (2024b). Projektauftrag zur Modernisierung von FODIS [Internes Dokument].
- Willman, J. M. (2020). Creating GUIs with Qt Designer, 165–203. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5857-6_7
- Wu, X., & Zhu, H. (2016). Formalization and analysis of the REST architecture from the process algebra perspective. *Future Gener. Comput. Syst.*, 56, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.007>

- Zhao, Y., Yang, X., & Vatsavai, R. R. (2021). A Scalable System for Searching Large-scale Multi-sensor Remote Sensing Image Collections. *2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 3780–3783. <https://doi.org/10.1109/BigData52589.2021.9671679>
- Ziems, M., Clermont, D., Wichmann, A., Bischof, R., Koppmann, V., Salten, J., & Franke, T. (2020). Modernisierung der Fachverfahrenslandschaft [Internes Dokument].

A Dokumente in FODIS

A.1 Dokumente des Liegenschaftskatasters

fi

Bezeichnung	Typ	Ordnungs- merkmal ¹⁾	Anker- punkt	Bemerkung
aktuell				
Fortführungsriß (Zerlegung, Grenzfeststellung, Amtliche Grenzauskunft)	F	G, F, Nr, UNr	ja	
Landesgrenzrezess	F	G, F, Nr, UNr	ja	Feldbuch zum Grenzgebiet
Fortführungsriß (Gebäude)	G	G, F, Nr, UNr	ja	
Liste zum Fortführungsriß (Zerlegung, Grenzfeststellung, Amtliche Grenzauskunft)	L	G, F, Nr	ja	
Liste zum Fortführungsriß (Gebäude)	M	G, F, Nr	ja	
Grenzdokumente (Niederschrift über den Grenztermin)	N	G, F, Nr, UNr	ja	ohne Benachrichtigungen, Rechtsbehelfsverzichte und Vollmachten
Landesgrenzprotokoll, Landesgrenzkarte	N	G, F, Nr, UNr	nein	beschreibender Teil zu den Lan- desgrenzmarken
Inhaltsverzeichnis zu Fortführungsrißen	F, G	G, F, Nr, UNr	nein	Zu den Fortführungsrißen kann es mehrere Inhaltsverzeichnisse geben (Zerlegungen, Gebäude)
Fortführungsdokumente Dritter	D	G, F, Nr, UNr	ja	
Topografische Einmessungen	T	G, F, Nr, UNr	ja	- Einmessungen von Öl- und Gasleitungen - für Planunterlagen
Punktnummernübersicht	F	G, F, Nr, UNr	ja	der Agrarstrukturverwaltung
historisch				
Vermessungsriß	V	G, F, Nr	ja	auch Rentengutsache
Handriß	H	G, F, Nr	ja	Nr, wenn mehr als ein Handriß pro Flur
Stückvermessungshandriß, Liniennetzriß zu Verkopplungen	S	G, F, Nr	ja	Nr, wenn mehr als ein Stückver- messungshandriß pro Flur
Planaufmessungsriß, Expropriationskarte	P	G, F, Nr	ja	maßstäbliches „Feldbuch“ von Eisenbahnteilstrecken
Verkoppelungsriß, Coupon, Ortsneumessungsriß	W	G, F, Nr	ja	alte Flurbereinigungen Feldbuch einer Ortslage
Übersicht der Gemarkungen	Y	G	nein	
Übersicht der Fluren	Z	G, F	nein	
Urkarte, Markenteilungskarte Verkoppelungskarte ²⁾	U	G, F	ja ja ja	
Inselkarte / Gebrauchskarte	I	G, F, Nr	ja	
Ergänzungskarte (1/1-, 1/2-, 1/4-Bogen)	E	G, F, Nr	ja	
Reinkarte, Supplementkarte	C	G, F, Nr	ja	bis 1945 fortgeführt
Supplementhandriß	F	G, F, Nr, UNr	ja	
Koordinatenblatt, Koordinatenbuch	K	G	nein	
1) Abkürzungen zum Ordnungsmerkmal				
G Gemarkung		F Flur		
Nr lfd. Nr. des Dokuments / Rissnummer		UNr Unternummer zur lfd. Nr. des Dokuments		
2) Optional zu führen				

Abbildung 32: Dokumente des Liegenschaftskatasters (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 57)

A.2 Dokumente des Netz-Liegenschaftskatasters

Bezeichnung	Typ	Ordnungs- merkmal ¹⁾	Anker- punkt	Bemerkung
aktuell				
AP-Beschreibung	B	NBZ, Nr	ja	
AP-Übersichten	A	NBZ	nein	
PP-Übersichten	P	NBZ	nein	
Rahmenliniennetzriss	P	NBZ	nein	
Rahmenriss	R	NBZ, Nr	ja	
Übersicht der Vermessungsrisse	X	NBZ		Ausdehnung DGK5; NBZ wird durch linke untere DGK5-Blattecke bestimmt
Rahmenkarte vor ALK	S	NBZ, Nr		
Punktnummernübersicht	Y	NBZ, Nr		der Agrarstrukturverwaltung im Liegenschaftskataster unter F zu führen
PP-Einmessung	E	NBZ, Nr	ja	Ursprüngliches Ordnungsmerkmal: Gemarkung, Punktnummer

1) Abkürzungen zum Ordnungsmerkmal
 NBZ Nummerierungsbezirk
 Nr lfd. Nr. des Dokuments / Punktnummer

Abbildung 33: Dokumente des Netz-Liegenschaftskatasters (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 59)

A.3 Dokumente des Landesbezugssystems

Bezeichnung	Typ	Ordnungs- merkmal ¹⁾	Anker- punkt	Bemerkung
aktuell				
TP-Beschreibung	A	NBZ, Nr, UNr		Trigonometrischer Punkt
TP-Foto	B	NBZ, Nr, UNr		Trigonometrischer Punkt
TP-Skizze	C	NBZ, Nr, UNr		Trigonometrischer Punkt
SP-Beschreibung	D	NBZ, Nr, UNr		Schwerpunkt
SP-Foto	E	NBZ, Nr, UNr		Schwerpunkt
SP-Skizze	F	NBZ, Nr, UNr		Schwerpunkt
NivP-Beschreibung	G	NBZ, Nr, UNr		Nivellementpunkt
NivP-Foto	H	NBZ, Nr, UNr		Nivellementpunkt
NivP-Skizze	I	NBZ, Nr, UNr		Nivellementpunkt
RSP-Beschreibung	J	NBZ, Nr, UNr		Referenzstationspunkt
RSP-Foto	K	NBZ, Nr, UNr		Referenzstationspunkt
RSP-Skizze	L	NBZ, Nr, UNr		Referenzstationspunkt
TP-Übersicht	M	NBZ, Nr, UNr		
SP-Übersicht	N	NBZ, Nr, UNr		
NivP-Übersicht	O	NBZ, Nr, UNr		
RSP-Übersicht	P	NBZ, Nr, UNr		
Kombi-Übersicht	Q	NBZ, Nr, UNr		Kombination aus TP-, SP, NivP- und RSP-Übersicht
TP-Berechnungsübersicht	S	NBZ, Nr, UNr		
TP-Netzbild	T	NBZ, Nr, UNr		
Niv-Linienübersicht	W	NBZ, Nr, UNr		
historisch				
TP-Kartei	U	NBZ, Nr, UNr		
NivP-Kartei	V	NBZ, Nr, UNr		
1) Abkürzungen zum Ordnungsmerkmal NBZ Nummerierungsbezirk Nr lfd. Nr. des Dokuments / Punktnummer				

Abbildung 34: Dokumente des Landesbezugssystems (Arbeitsgruppe FODIS, 2012: 60)

B Fachkonzept FODIS 2.0

B.1 Dokumentenarten und Dokumententypen FODIS 2.0

Tabelle 3: Übersicht der Dokumentenarten und Dokumententypen FODIS 2.0

ID	Dokumentenart	Dokumententyp
1	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Fortführungsriß (Flurstück)
2	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Fortführungsriß (Gebäude)
3	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Supplementhandriß
4	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Handriß
5	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Liste zum Fortführungsriß (Flurstück)
6	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Liste zum Fortführungsriß (Gebäude)
7	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Planaufmessungsriß
8	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Expropriationskarte
9	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Stückvermessungshandriß
10	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Topografische Einmessung
11	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Vermessungsriß
12	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Verkoppelungsriß
13	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Coupon
14	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Ortsneumessungsriß
15	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Fortführungsdokumente Dritter
16	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Bundesgrenze
17	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Liegenschaftsriß

Fortsetzung auf der nächsten Seite

ID	Dokumentenart	Dokumententyp
18	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Rahmenriss
19	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Übersicht der Vermessungsrisse
20	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Inhaltsverzeichnis zu Fortführungsrisse (Flurstück)
21	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Punktnummernübersicht
22	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Inhaltsverzeichnis zu Fortführungsrisse (Gebäude)
23	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Koordinatenblatt
24	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Koordinatenbuch
25	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Übersicht der Markenteilungen
26	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Übersicht der Gemarkungen
27	Liegenschaftskataster - Zahlennachweis	Übersicht der Fluren
28	Liegenschaftskataster - Urkunden	Landesgrenzprotokol
29	Liegenschaftskataster - Urkunden	Landesgrenzkarte
30	Liegenschaftskataster - Urkunden	Landesgrenzrezess
31	Liegenschaftskataster - Urkunden	Amtliches Grenzdokument
32	Liegenschaftskataster - Karten	Reinkarte
33	Liegenschaftskataster - Karten	Supplementkarte
34	Liegenschaftskataster - Karten	Ergänzungskarte
35	Liegenschaftskataster - Karten	Inselkarte
36	Liegenschaftskataster - Karten	Gebrauchskarte
37	Liegenschaftskataster - Karten	Urkarte

Fortsetzung auf der nächsten Seite

ID	Dokumentenart	Dokumententyp
38	Liegenschaftskataster - Karten	Markenteilungskarte
39	Liegenschaftskataster - Karten	Verknüpfungskarte
40	Liegenschaftskataster - Karten	Verkopplungskarte
41	Liegenschaftskataster - Karten	Rahmenkarte
42	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	Linienetzriss zu Verkopplungen
43	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	AP-Beschreibung
44	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	AP-Beschreibung FFR
45	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	Liste zum AP-Beschreibung FFR
46	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	SAPOS-Messprotokoll zum AP-Beschreibung FFR
47	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	PP-Einmessung
48	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	AP-Übersicht
49	Liegenschaftskataster - Netzpunkte	PP-Übersicht
50	Landesbezugssystem	TP-Beschreibung (Lagefestpunkt-Beschreibung)
51	Landesbezugssystem	TP-Foto (Lagefestpunkt-Foto)
52	Landesbezugssystem	TP-Skizze (Lagefestpunkt-Skizze)
53	Landesbezugssystem	SP-Beschreibung
54	Landesbezugssystem	SP-Foto
55	Landesbezugssystem	SP-Skizze
56	Landesbezugssystem	NiVP-Beschreibung (Höhenfestpunkt-Beschreibung)
57	Landesbezugssystem	NiVP-Foto (Höhenfestpunkt-Foto)
58	Landesbezugssystem	NiVP-Skizze (Höhenfestpunkt-Skizze)
59	Landesbezugssystem	RSP-Beschreibung
60	Landesbezugssystem	RSP-Foto
61	Landesbezugssystem	RSP-Skizze
62	Landesbezugssystem	TP-Übersicht

Fortsetzung auf der nächsten Seite

ID	Dokumentenart	Dokumententyp
63	Landesbezugssystem	SP-Übersicht
64	Landesbezugssystem	NiVP-Übersicht
65	Landesbezugssystem	RSP-Übersicht
66	Landesbezugssystem	Kombi-Übersicht
67	Landesbezugssystem	TP-Berechnungsübersicht
68	Landesbezugssystem	TP-Netzbild
69	Landesbezugssystem	Niv-Linienübersicht
70	Landesbezugssystem	TP-Kartei
71	Landesbezugssystem	NiVP-Kartei
72	Landesbezugssystem	GGP-Beschreibung
73	Landesbezugssystem	GGP-Foto

B.2 Attribute Fachkonzept FODIS 2.0

Tabelle 4: Übersicht Attribute in FODIS 2.0

Name	Beschreibung	Typ	Key	Values
Dokumentenart	Gibt an, zu welcher Dokumentenart das Dokument gehört.	Enum	art	[]
Dokumententyp	Gibt an, zu welchem Dokumententyp das Dokument gehört.	Enum	typ	[]
Dokumentenken- nzeichen	Ordnungsmerkmal für das analoge Archiv und zur Orientierung beim Datenexport.	String	kennzeichen	
Katasteramt	Name des Katasteramts	String	katasteramt	„Hamburg“
Jahrgang	Jahr der Fortführung des Liegenschaftskatasters oder Landesbezugssystems.	Integer	jahr	2021
Digitale Qualität	Gibt an, ob das Dokument digital vorliegt.	String	qualitaet	„Ja“
Scannaufösung	Aufösung des Scans.	String	scan_ aufloesung	
Scanngüte	Qualität des Scans.	String	scan_ qualitaet	
Farbkonfiguration	Farbkonfiguration des Dokuments.	String	farbkonfi- guration	
DIN-Format	DIN-Format des Originaldokuments.	String	format	„A4“
Status	Status des Dokuments.	Enum	status	[„aktuell“, „historisch“, „ungültig“, „zu löschen“]
Schutzstufe	Schutzstufe des Dokuments.	Enum	schutzstufe	[„normal“, „intern“, „geschützt“, „geheim“]
Aufbewahrungsort	Ort, an dem das Dokument aufbewahrt wird.	String	aufbewah- rungsort	„Archiv“
Relationen	Verknüpfte Dokumente oder Objekte.	Array of Strings	relationen	[„ , „]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Name	Beschreibung	Typ	Key	Values
Veränderungsgrund	Anlass der Dokumenterstellung.	String	veraenderunggrund	
Flur	Flur, in der das Dokument erstellt wurde.	String	flur	
Neue Flurstückskennzeichen	Neue Flurstückskennzeichen auf dem Dokument.	Array of Strings	flst_neu	
Untergehende Flurstückskennzeichen	Untergegangene Flurstückskennzeichen auf dem Dokument.	Array of Strings	flst_untergehend	
Sonstige Flurstückskennzeichen	Flurstückskennzeichen, die weder neu noch untergegangen sind.	Array of Strings	flst_sonstige	
Enthaltene Netz- und Objektpunkte	Netz- und Objektpunkte auf dem Dokument.	Array of Strings	fachobjekte	
Vermessungsstelle	Verantwortliche Vermessungsstelle für den Dokumentinhalt.	String	vermessungsstelle	
Geschäftszeichen Katasteramt	Geschäftszeichen des Katasteramts.	String	katasteramt_referenz	
Datum der Durchführung	Datum der Veränderung oder Feststellung.	Date	datum	
Geschäftszeichen Vermessungsstelle	Geschäftszeichen der Vermessungsstelle.	String	vermessungsstelle_referenz	
Enthaltene Lagebezeichnungen	Lagebezeichnungen wie Straßennamen.	Array of Strings	lagebez	
Sonstige Texte	Weitere Texte auf dem Dokument.	Array of Strings	text	
Nummerierungsblattbezirk	Nummerierungsblattbezirke auf dem Dokument.	String	nbz	
Maßstab	Maßstab des Dokuments.	String	massstab	
Maßeinheit	Maßeinheit im Dokument (z. B. Meter, Ruten).	String	masseinheit	

B.3 Attribute zu Dokumententypen FODIS 2.0

Tabelle 5: Attributübersicht für ausgewählte Dokumenttypen FODIS 2.0

Attribut	Fortführungsriß (Flurstück)	Fortführungsriß (Gebäude)	Liste zum Fortführungsriß (Gebäude)	Inhaltsverzeichnis zu Fortführungs- rißen (Gebäude)	AP- Beschreibung FFR
Dokumentenart	X	X	X	X	X
Dokumententyp	X	X	X	X	X
Katasteramt	X	X	X	X	X
Jahrgang	X	X	X	X	X
Digitale Qualität	X	X	X	X	X
Scann Auflösung	X	X	X	X	X
Farbkonfiguration	X	X	X	X	X
Scangüte	X	X	X	X	X
DIN-Format	X	X	X	X	X
Status	X	X	X	X	X
Relationen	X	X	X	X	X
Landesarchiv	X	X	X	X	X
Veränderungsgrund	X	X	X	X	
Gemarkung	X	X	X	X	
Flur	X	X	X	X	
Nummer					
Unternummer					
neue Flurstücksnummer	X				
untergehende Flurstücksnummer	X				

Attribut	Fortführungsriß (Flurstück)	Fortführungsriß (Gebäude)	Liste zum Fortführungsriß (Gebäude)	Inhaltsverzeichnis zu Fortführungsrißen (Gebäude)	AP- Beschreibung FFR
enthaltene Flurstücksnummer	X	X			
enthaltene Netz- und Objektpunkte	X	X	X		X
Datum der Durchführung	X	X	X		X
Geschäftszeichen AGN	X	X	X		
enthaltenen Lagebezeichnungen	X	X	X		X
sonstige Texte	X	X	X		X
NBZ	X	X	X		X
Maßstab					
Maßeinheit	X	X			

Dokumentation der Verwendung generativer KI-Systeme

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde das KI-System ChatGPT (Version 4.0) unterstützend in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Erstellung von Quellcode-Kommentaren
- Textüberarbeitung im Sinne der Prüfung auf Rechtschreib- und Grammatikfehler
- Fehlersuche und Debugging
- Python Code Generierung. Speziell bei der Erstellung eines PDFs im DIN-A4-Format.

Das Dokument „Erklärung gemäß dem für Ihren Studiengang gültigen allgemeinen Teil (Teil A) der Prüfungsordnung an der Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth sowie zur Nutzung von KI-Systemen“ ist im digitalen Anhang hinterlegt.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichern wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Ausführungen, die anderen veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, habe ich kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Fassung noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

18.12.2024, Walsrode

Datum, Ort

J. Hüfens

Unterschrift