

Schlussbericht DigiMin



DigiMin

STOFFSTROMNAVIGATION
DEUTSCHLAND

Zuwendungsempfänger:

celano GmbH

Förderkennzeichen:

01LY2104B

Vorhabenbezeichnung:

Verbundprojekt: Digitales Stoffstrommanagement für die klimaschonende Bauwirtschaft (DigiMin) –
Teilprojekt: Datenmodell und graphenbasiertes Optimierungsverfahren

Laufzeit des Vorhabens:

01.11.2021 – 15.05.2023

Berichtszeitraum:

01.11.2021 – 15.05.2023

Teil II Ausführliche Darstellung



**Finanziert von der
Europäischen Union**
NextGenerationEU

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Das Fördervorhaben mit dem Förderkennzeichen 01LY2104B wurde mit Mitteln des BMBF gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

Wichtigste wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse.....	3
1. Arbeitspaket 1: Untersuchung der Randbedingungen.....	3
2. Arbeitspaket 2: Datengewinnung, Datenschnittstellen und Datenmodell.....	7
3. Arbeitspaket 3: Retrospektive Analyse von Baumaßnahmen und Prozessbeschreibung	15
4. Arbeitspaket 4: Systemmodellierung.....	16
5. Arbeitspaket 5: Etablierung und Evaluierung der Optimierungsverfahren	23
6. Arbeitspaket 6: Ergebnisdarstellung, Visualisierung, User Interface (HMI)	25
7. Arbeitspaket 7: Validierungsuntersuchungen unter Einbindung der assoziierten Partner	32
8. Arbeitspaket 8: Interne und externe Wirkungsanalyse (Begleitanalyse).....	32
9. Arbeitspaket 9: Untersuchung rechtlicher und normativer Fragen.....	32
10. Arbeitspaket 10: Projektmanagement, Austausch mit Stakeholdern und Verbreitung.....	33
Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	34
Personalkosten.....	34
Reisekosten.....	34
Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten.....	34
Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses	34
Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	35
Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF.	35

Wichtigste wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse

1. Arbeitspaket 1: Untersuchung der Randbedingungen

Klassifizierung von Tiefbaumaßnahmen, Beschreibung der zu betrachtenden Kategorien, Definition der relevanten Parameter

Zu Beginn des Modellierungsprozesses wurde zunächst zwischen zwei Hauptklassen differenziert. Es ergaben sich zum einen die Quellen und Senken, unter denen folgenden öffentliche Daten zu verstehen sind:

- Natursteine
- Halden und Deponien
- Aufbereitungsanlage
- Steinbruch
- Schiefer
- Baustoff-Recycling
- Kalksandstein
- Gips
- Asphalt
- Sand und Kies
- Ton

Zum anderen ergaben sich die Projekte/Baustellen (künftig Projekte genannt). Diese sind als die eigenen Baumaßnahmen (der Anwender) zu verstehen. Im weiteren Verlauf der Datenmodellierung wurde untersucht, welche Daten zur informationstechnischen Parametrierung dieser Baumaßnahmen benötigt werden.

Nachfolgend wurden in Absprache mit dem Projektpartner Ingenium neun Kategorien für die Projekte eingeführt:

- Deichbau
- Deponiebau
- Regenrückhaltebecken
- Straßenbau
- Gleisbau
- Brückenbau
- Tunnelbau
- Ökologische Verbesserung
- Flächenrecycling und Sanierungen

Nach weiterer Untersuchung der Randbedingungen sowie der Analyse des Teasers wurde deutlich, dass neben der Ergänzung fehlender Aspekte bereits bestehende Funktionen im weiteren Projektverlauf optimiert und erweitert werden müssen. Eine essenzielle Funktion ist dabei das Anlegen von Projekten. Hier wurde deutlich, dass die Entwicklung einer Projektverwaltung, in Form einer eigenständigen Funktion, ein unerlässliches Ziel für die Ergebnisdarstellung und Visualisierung (User Interface) darstellt.

Nach weiteren Ausarbeitungen sowie den Workshops mit den assoziierten Partnern sind neben den bereits genannten Hauptklassen und Baumaßnahmen noch sieben weitere Parameter definiert worden, die zu großen Teilen in der neuen Projektverwaltung definiert werden sollen:

- Materialien
- Körnung
- Einbauklasse
- Verfügbarkeiten
- Schichten
- CO₂-Ausstoß
- Routenplanung

Die Materialien setzen sich wie folgt zusammen:

- Boden
- Sand
- Schotter
- Stein

Auf Nachfrage nach weiteren Materialien beim Verbundpartner Ingenium wurden keine weiteren Auskünfte erteilt.

Die Körnung für Materialien wurde allgemeingültig und konfigurierbar gestaltet. Lediglich das Eingabeformat wurde wie folgt vorgegeben:

- X / Y

Die Einbauklasse für Materialien wurde ebenfalls allgemeingültig und konfigurierbar gestaltet. Das Eingabeformat wurde als Freifeldtext vorgenommen, so dass eine maximale Flexibilität herrscht.

Für die Verfügbarkeiten wurden die nachfolgenden Kriterien ausgewählt:

- Gesucht
- Verfügbar

Zudem wurde der Parameter „Schicht“ definiert. Schichten können dabei aus mehreren Materialien bestehen und sollten ebenfalls, genau wie Materialien, verfügbar sein oder benötigt werden. In einer User Story wurden dazu die nachfolgenden Schichten dargestellt:

- **Basisabdichtung**
 - Planum
 - Geotechnische Barriere
 - Mineralische Dichtung

- Schutzschicht
- Mineralische Entwässerungsschicht
- Mineralische Filterschicht
- **Oberflächenabdichtung**
 - Ausgleichschicht
 - ggf. Gasdränschicht
 - Mineralische Dichtung
 - Schutzschicht
 - Entwässerungsschicht
 - Rekultivierungsschicht

Für weitere Informationen bezüglich zuzüglicher Schichten sowie der Schichtenstruktur und der Synergien mit den einzelnen Materialien, hat celano die nachfolgenden Tabellen ihrem Verbundpartner mit der Bitte zur Prüfung und Bearbeitung zur Verfügung gestellt:

Projekttyp	Hauptschichtart??	Schichtart
Deichbau	Basisabdichtung	Entwässerungsschicht, Schutzschicht...
Brückenbau		
Straßenbau		
Deponiebau		
Regenrückhaltebecken		
Gleisbau		
Tunnelbau		
Ökologische Verbesserung		
Flächenrecycling und Sanierung		

Schichtart	Material
Schutzschicht	Kies, Schotter, Sand...

Weitere Auskünfte haben wir von den Projektpartnern hierzu nicht erhalten.

Ein weiterer essenzieller Faktor ist die Ermittlung des CO₂-Ausstoßes, welcher vor allem bei der Logistik ein großer Punkt ist. Diesen plant celano, zunächst in vereinfachter Form in der Routenplanung zu integrieren. So ist der CO₂-Ausstoß in erster Instanz zunächst von gefahrenen Kilometern eines LKWs abhängig.

Die Routenplanung wird dabei als ein zentraler Aspekt des Stoffstromnavigators gesehen. Basierend auf einer Kartendarstellung soll eine farbliche Route, ähnlich wie sie bereits von Google-Maps oder anderen

Kartendiensten bekannt ist, der einzelnen Materialien vorgenommen werden. Die farbliche Kennung der einzelnen Materialien soll ermöglichen, dass der User auf der Kartenansicht die einzelnen Materialrouten differenzieren und zuordnen kann.

Die visuelle Umsetzung der o.g. Parameter und Aspekte erfolgt in Arbeitspaket 6.

Untersuchung der Anforderungen verschiedener Stakeholder

Ein wesentlicher Bestandteil des ersten Arbeitspakets war die Durchführung von Workshops mit den assoziierten Partnern. Dazu wurden die folgenden Termine festgelegt:

- Montag, den 25.04.2022 (Präsenz)
- Dienstag, den 26.04.2022 (Präsenz)
- Donnerstag, den 28.04.2022 (Online)

Zu Beginn der Workshops wurden zunächst die Verbundpartner und dessen Aufgaben vorgestellt sowie ein kurzer Einblick in das Forschungsprojekt gegeben. Anschließend ist der Teaser zusammen mit den verschiedenen Modulen/Lizenzen vorgestellt worden, welches von einem Feedback der assoziierten Partner begleitet wurde. Zudem haben die Partner einen Fragebogen ausgefüllt, so dass weitere Evaluierungen der Verbundpartner im Anschluss vorgenommen werden konnten. Daraus ergaben sich die folgenden Kernaspekte:

- Vorhandene/ installierte Software sowie genutzte Stoffstrombörsen
- Vollständigkeit des Teasers und Meinung zum Entwurf
- Datensicherheit

Aus den Umfragen ging hervor, dass jeder Partner verschiedene Stoffstrombörsen wie bspw. Schüttflif, Mineral Minds oder weitere Unternehmen kennt. Zudem wurde deutlich, dass einige der assoziierten Partner bereits die ersten Kontakte mit diesen Unternehmen hatten und Dienste teilweise in Anspruch nehmen. Eine eigenständige Software ist bei den meisten Unternehmen jedoch nicht im Einsatz. Bei einigen Partnern sind jedoch Konzernlösungen geplant. Die Ergebnisse zeigen, dass hier ein großes Potential einer eigenständigen Software besteht, der Markt jedoch Konkurrenz von anderen Unternehmen sowie Inhouse-Entwicklungen der assoziierten Partner zeigt. Diese Erkenntnisse zeigen die Notwendigkeit eines Stoffstromnavigators aber auch eine gewisse Dringlichkeit auf.

Das Feedback für die Vollständigkeit und die Meinung des vorgestellten Teasers zeigt sich sehr positiv. Zur Bewertung sämtlicher Punkte innerhalb des Fragebogens wurde eine Bewertungsskala von 1-7 eingeführt worden. 1 entspricht einem negativen Wert, 4 einem neutralen und 7 einem Top-Wert. Nachfolgend die Darstellung der Ergebnisse zur Vollständigkeit der Masken des Teasers:

Bewertung:	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl:	-	-	-	7	6	3	-

Für die Vollständigkeit der Arbeitsmasken ergibt sich somit ein Wert von 4,75/7 (ca. 68%).

Die intuitive Meinung der assoziierten Partner zum Teaser zeigt eine noch stärkere Zufriedenheit der bis dahin geleisteten Arbeiten:

Bewertung:	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl:	-	-	-	2	6	5	4

Die Meinung der Partner zum Teaser, also zum ersten Entwurf, kann hier als durchaus sehr positiv gesehen werden. Es wird eine Zufriedenheit von 5,65/7 (80,71%) erreicht. Dies deckt sich zudem mit den Aussagen der Verbundpartner, die nach Abschluss der Workshops getätigt wurden.

Ein weiterer essenzieller Aspekt ist die Datensicherheit bzw. die Anforderungen an die Datensicherheit. Diese muss mit der EDV-Abteilung der einzelnen Partner besprochen werden, da die anwesenden Vertreter dazu nur wenig bis keine Aussagen treffen konnten. In diesem Zusammenhang wurde allerdings ein weiterer Punkt herausgearbeitet. Die Partner äußerten Bedenken bezüglich einer Cloud-Lösung, bei denen die Daten nicht zentral und intern (im eigenen Unternehmen) gespeichert werden. Die Thematik der erweiterten Transparenz und Wissensweitergabe wurde eher kritisch bewertet, da die gesammelten Daten und das Knowhow nur begrenzt transferiert werden sollen. Aufgrund dessen wurden Thematiken wie Bearbeitungs- und Leseberechtigungen sowie Berechtigungszugänge angestoßen. celano hat durch die Workshops den Eindruck gewonnen, dass eine interne „Verwaltungsapplikation (Modul 1 teilweise mit/ teilweise ohne Öffentlicher Daten)“ mit Nachfrage bei der „Ingenum-Zentrale (Modul 3)“ von den assoziierten Partnern präferiert wird.

2. Arbeitspaket 2: Datengewinnung, Datenschnittstellen und Datenmodell

Gewinnung von Rohdaten

Auf Basis der in AP 1 beschriebenen benötigten Daten wurde ein Excel-Template zum Import der öffentlichen Quellen und Senken erstellt. Die entsprechenden Daten hat Ingenum in das Template überführt, so dass der Teaser mit entsprechenden Rohdaten gefüllt werden konnte.

Zum Import der Daten wurde eine Schnittstelle entwickelt. Der so importierte Datenbestand umfasst ca.

- 182 Halden und Deponien
- 75 Baustellen
- 121 Bezugsquellen
- 201 Aufbereitungsanlagen

Zudem hat Ingenum weitere Dateien gesammelt, die jedoch wegen der großen Datenmenge für eine Implementierung in den Teaser zunächst ungeeignet scheinen. Der Teaser dient lediglich zur Darstellung der grundlegenden Idee, wodurch der Import großer Datenmengen nicht relevant ist. Zum Import sind folgende Informationen im Template auszufüllen:

- Bezeichnung
- Betreiber
- Telefon (nicht notwendig)
- Adresse
- Koordinaten
- Materialien (nicht notwendig)
- Materialspezifikationen (nicht notwendig)

Datenschnittstellen

Zusätzlich zur Excel-Schnittstelle, die bereits im Teaser verwendet wurde, sind Datenbankschnittstellen (SQL-Schnittstelle) sowie XML-Schnittstellen integriert worden. Diese decken bereits einen großen Teil der benötigten Datenimporte ab. Somit können sowohl die Daten von Projektdatenbanken bei den Stakeholdern aber auch Ausschreibungen zu Baumaßnahmen, in das Planungstool integriert werden. celano hat hierzu standardisierte Datenbank- und XML-Transportadapter der celCAP4.0 Architektur integriert. Die konkrete Ausprägung etwaiger weiterer Schnittstellen müssen dann jeweils gemeinsam mit den Stakeholdern abgestimmt und bei Bedarf integriert werden.

Etablierung eines Datenmodells

Neben den Importtemplates war die Erstellung eines Datenbankmodells notwendig. Aus den bisher gesammelten Informationen wurde ein erstes Datenmodell entwickelt, welches im folgenden ER-Diagramm dargestellt ist:

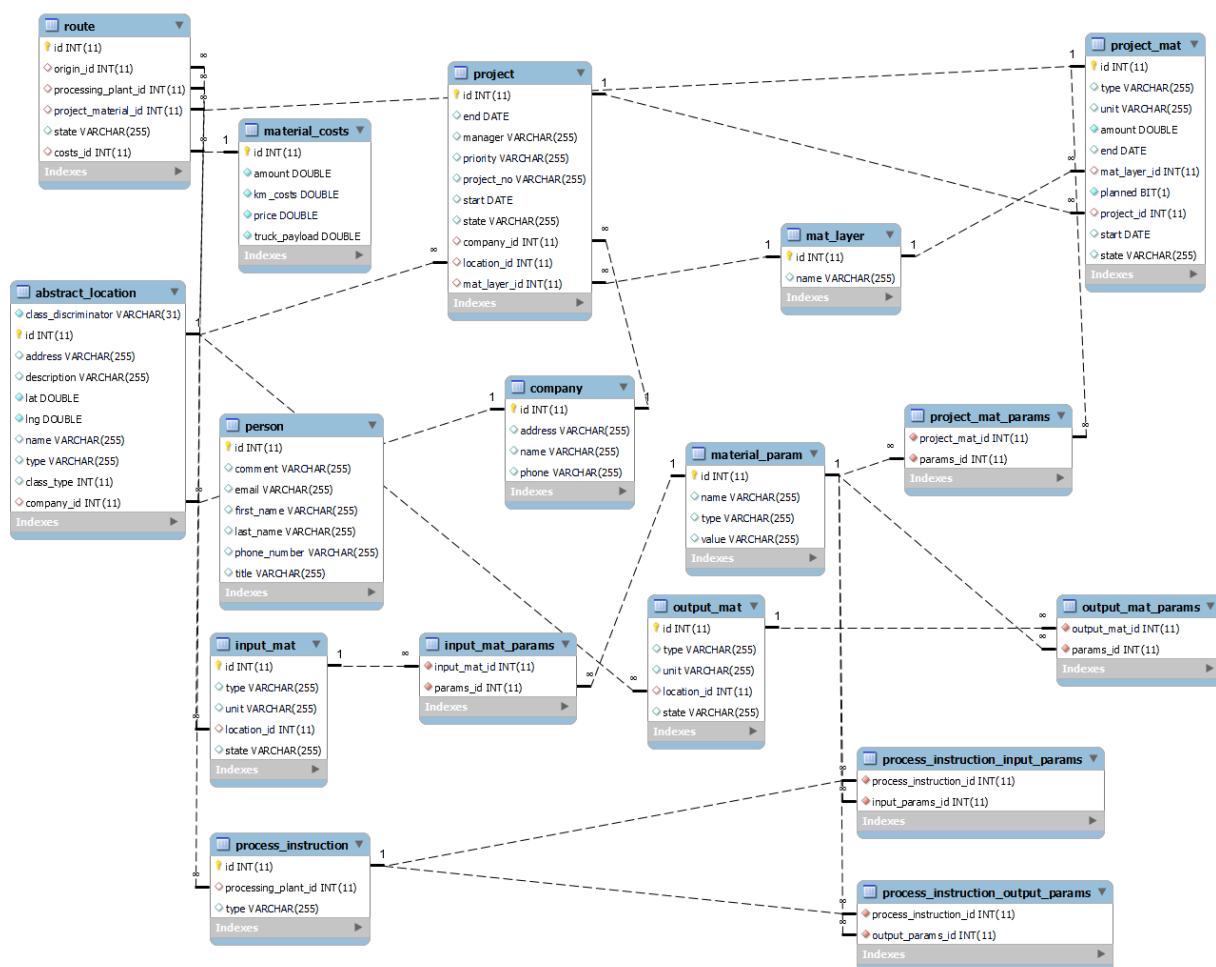


Abbildung 1: ER-Diagramm Datenmodell

Dieses Datenmodell und deren Umsetzung in einer Datenbank stellt die Persistenzebene des Planungstools dar und dient der Speicherung der Daten im Demonstrator. Das Datenvolumen wird hier lediglich durch Systemgrenzen z.B. der eingesetzten Server, Speicher etc. begrenzt. Aufbauend auf diesem Datenmodell werden die Routenplanungen berechnet und im HMI des Planungstools grafisch dargestellt.

Die Untersuchungen zur Mandantenfähigkeit sowie zur Trennung von öffentlichen (Cloud-) und privaten Daten der jeweiligen Stakeholder inklusive Modellierung der System- und Infrastruktur geschah in iterativen Schritten gemeinsam mit der Entwicklung des Basismodells in AP4 und ist dort ausführlich beschrieben.

Evaluierung unterschiedlicher Cloud- und Servicestrukturen

Um das Potential eines digitalen Stoffstrommanagements ausnutzen zu können, müssen Informationen aus verschiedenen Quellen und an unterschiedlichen Orten erfasst werden und z.T. weiträumig verteilt verfügbar gemacht werden.

Dafür ist eine klassische Desktop- oder Intranetanwendung ungeeignet. Nur eine Umsetzung als Webanwendung ermöglicht die erforderliche mobile Erfassung und Bereitstellung von Daten.

Auf der Anwendungsebene wurde für dieses Projekt entschieden, Anwendungs-Container (Docker) zu nutzen, damit die erforderliche Infrastruktur (u.a. Spring, Datenbank) mit geringem Aufwand durch die Entwickler selbst eingerichtet werden kann.

Um die Gesamtanwendung auch außerhalb der Entwicklungsumgebung praktisch nutzen zu können, bedarf es einer Cloud-Infrastruktur, die das Ausführen dieser Container erlaubt. Die Anforderungen an die Cloud-Infrastruktur gehen dabei weit über die der Entwicklungsumgebung hinaus.

Anforderungen

Für den Betrieb einer Webanwendung in der Cloud werden abhängig von deren Funktionsumfang verschiedene unterstützende Services benötigt, um einen sicheren und möglichst unterbrechungsfreien Betrieb zu ermöglichen.

Für das digitale Stoffstrommanagement wurde der folgende Anforderungskatalog ermittelt:

Kategorie	Anforderung	Bemerkungen	Nr.
Ressourcen	Container-Laufzeitumgebung	Docker	1.1
	Storage	für Anwendung, Anwenderdaten, Datenbank	1.2
	Netzwerk	Interconnects zwischen Containern und Services	1.3
Services	Datenbank	Docker-Container oder Service	2.1
	Webserver	Docker-Container oder Service	2.2
	Webserver Public IP		2.3
	Webserver Domain		2.4
	Webserver Zertifikate-Verwaltung	Docker-Container oder Service	2.5
	Mailserver	Docker-Container oder Service	2.6
	Mailserver Domain	sollte mit Webserver Domain identisch sein	2.7
	Mailserver Zertifikate-Verwaltung	Docker-Container oder Service	2.8
	Navigationsdaten	Karten, Orte, Routen	2.9
	Traffic	Webserver, Mailserver, Management, ...	2.10
Security	Firewall	Betriebssystem oder Service	3.1
	Hardening	OS, Docker, Webserver	3.2
	Malware Protection	für Storage und Mail	3.3
	Intrusion Detection	Nodes	3.4
Management	Monitoring	Nodes, Services	4.1
	Backup/Recovery	Storage, Datenbank	4.2
	Betriebssystem-Updates		4.3
	Container-Updates	Docker Hub	4.4
	Anwendungsupdates	„privates“ Docker-Repository	4.5
	Skalierbarkeit		4.6
	Orchestrierung		4.7
	Fail-Over		4.8
	Wartung		4.9

Im Folgenden werden die Anforderungen näher erläutert:

1.1 Container-Laufzeitumgebung

Docker wurde als Laufzeitumgebung ausgewählt, da mehrere Entwickler bereits über Grundwissen verfügten und so ein schnellerer Einstieg in die Anwendungsentwicklung möglich wurde. Für die Startkonfiguration werden mindestens 6 CPU Cores mit 12 GB RAM angesetzt.

Es gibt diverse Alternativen zu Docker. Eine Differenzierung der verfügbaren Virtualisierungstechniken ist ein komplexes Thema, das aber für das Projekt keine entscheidende Relevanz hat.

1.2 Storage

Sowohl für die Anwendungsinstallation, die zusätzlichen Services, die Anwendungsdaten (z.B. vom Anwender hochgeladene Dokumente) als auch die Datenbanken wird Speicherplatz benötigt. Für eine Startkonfiguration wird von 240 GB ausgegangen.

1.3 Netzwerk

Zwischen den Containern und den Services werden Netzwerkverbindungen benötigt.

2.1 Datenbank

Alle strukturierten Anwendungsdaten werden in einer Datenbank abgelegt. Die Anwendungsentwickler favorisieren eine relationale Datenbank. Für eine Startkonfiguration wird MariaDB ausgewählt.

2.2 Webserver

Für den Betrieb im Internet sind in Anwendungen integrierte Webserver ungeeignet, da der Webserver dann nicht unabhängig von der Anwendung administriert werden kann und u.a. Sicherheitsaspekte und Skalierbarkeit nicht gewährleistet sind. Für eine Startkonfiguration kommen HAProxy, Nginx und Traefic in die engere Auswahl.

2.3 Webserver Public IP

Der Webserver soll direkt im Internet erreichbar sein. Dafür wird eine öffentliche IP-Adresse benötigt, vorzugsweise IPv4 und IPv6.

2.4 Webserver Domain

Die Webanwendung soll über eine URL aufrufbar sein (z.B. <https://my.digimin.de>). Dafür wird eine Domain bzw. Subdomain benötigt.

2.5 Webserver Zertifikate-Verwaltung

Alle Zugriffe auf den Webserver sollen verschlüsselt erfolgen. Dafür muss der Webserver über ein Zertifikat verfügen, das regelmäßig aktualisiert wird.

2.6 Mailserver

Die Anwendung soll Anwender per E-Mail benachrichtigen können (z.B. Absicherung Erstanmeldung).

2.7 Mailserver Domain

Für die Transparenz aus Anwenderperspektive sollte der Mailserver die gleiche Domain verwenden wie der Webserver.

2.8 Mailserver Zertifikate-Verwaltung

Die Übertragung von E-Mails soll im Kontext der Webanwendung nur verschlüsselt erfolgen. Dazu benötigt der Mailserver ein Zertifikat, das regelmäßig aktualisiert wird.

2.9 Navigationsdaten

Aufgrund der spezifischen Anwendungsanforderungen für das digitale Stoffstrommanagement werden professionelle Navigationsdaten benötigt, die u.a. die Anzeige von Karten und die Berechnung von Routen zwischen vorgegebenen Adressen ermöglichen.

2.10 Traffic

Der gesamte Datenaustausch mit der Webanwendung erfolgt über das Internet. Darin eingeschlossen sind auch die Erstinstallation und die Updates der Anwendung sowie alle Managementvorgänge. In der Startkonfiguration sollte die Anbindung der Webanwendung mit mindestens 100 MBit erfolgen, um auch für mehr als 10 gleichzeitige aktive Anwender eine ausreichend schnelle Reaktion zu ermöglichen. Das monatliche Budget sollte mindestens 500 GB umfassen.

3.1 Firewall

Die Webanwendung besteht aus diversen Services, die je nach Konzept auch auf unterschiedlichen Systemen verteilt sind. Für die Grundabsicherung muss eine Firewall zur Verfügung stehen, die alle nicht gewünschten Zugriffe unterbindet, sowohl im privaten als auch im öffentlichen Netzwerk.

3.2 Hardening

Da die Webanwendung im Internet betrieben werden soll, muss die Angriffsfläche der beteiligten Komponenten minimiert werden (Hardening). Dies betrifft insbesondere den Webserver und die Docker Laufzeitumgebung.

3.3 Malware Protection

Die Webanwendung basiert auf einer großen Anzahl Softwarekomponenten aus unterschiedlichen Quellen. Des Weiteren speichert sie u.a. vom Anwender hochgeladene Dokumente. Da eine Kontaminierung nicht ausgeschlossen werden kann, muss eine ständige Prüfung auf Malware erfolgen.

3.4 Intrusion Detection

Es ist fest davon auszugehen, dass eine Webanwendung kontinuierlich von Unbekannten gescannt und angegriffen wird. Per Intrusion Detection sollten aktive Angriffe möglichst erkannt und verhindert bzw. zumindest gemeldet werden.

4.1 Monitoring

Prototypen haben oft Schwächen bezüglich der Verfügbarkeit. Aber auch von Dritten eingebundene Dienste können Störungen aufweisen. Deshalb ist ein ständiges Monitoring aller relevanten Funktionen nötig, das bei Störung eine Benachrichtigung per E-Mail auslöst.

4.2 Backup/Recovery

Das Backup und Recovery der Anwendungsinstallation und aller Nutzdaten ist Grundvoraussetzung für den professionellen Betrieb einer Anwendung. Minimum ist ein tägliches Full-Backup, wünschenswert sind stündliche Snapshots und File-Level Restore.

4.3 Betriebssystem-Updates

Je nach gewählter Plattform müssen regelmäßige Sicherheitsupdates verfügbar sein und angewendet werden.

4.4 Container-Updates

Die Software in den von Dritten zur Verfügung gestellten Containern unterliegt auch einem ständigen Wandel und benötigt z.T. auch Sicherheitsupdates.

4.5 Anwendungsupdates

Regelmäßige Anwendungsupdates sind bei Webanwendungen unvermeidlich. Wenn man Docker als Infrastruktur wählt und die Anwendung selbst nicht öffentlich verfügbar machen möchte, muss man eine eigene Docker-Registry einrichten. Dies ist spätestens dann unverzichtbar, wenn man mehrere Installationen plant.

4.6 Skalierbarkeit

Mit wachsender Zahl der Nutzer steigt typischerweise der Ressourcenbedarf in allen Bereichen. Sowohl die Anwendungsstruktur als auch die Plattform müssen eine Skalierung ermöglichen.

4.7 Orchestrierung

Sofern skalierbare Ressourcen zur Verfügung stehen, muss die Zuteilung gesteuert werden, entweder manuell oder vorzugsweise automatisch (z.B. abhängig von den aktiven Nutzern).

4.8 Fail-Over

IT-Komponenten können ausfallen. Es sollte sichergestellt werden, dass die Anwendungsdaten dabei nicht verloren gehen und dass ein Weiterbetrieb mit Reserve-Komponenten möglich ist, idealerweise per automatischer Umschaltung.

4.9 Wartung

Während einer Wartung des Systems sollten die Nutzer statt eines Zugriffsfehlers zumindest einen Hinweis über den Wartungsvorgang erhalten. Ideal wäre jedoch eine Hintergrundwartung durch Umschaltung auf ein Parallelsystem.

Marktanalyse

Es wurde eine Marktanalyse auf Basis der obigen Anforderungsliste durchgeführt. Da für die Web-anwendung europäischer Datenschutz gilt, hat das die möglichen Anbieter stark eingeschränkt. Die amerikanischen Anbieter Amazon, Microsoft und Google konnten den europäischen Datenschutz zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht zusichern (Privacy Shield Vereinbarung nicht mehr gültig).

Es wurde sich daher auf deutsche Hosting-Anbieter fokussiert und Produkte der folgenden Anbieter verglichen, indem per Webkonfigurator eine Konfiguration eingestellt wurde, die dem Anforderungskatalog nahekam:

Anbieter	Bemerkung
https://aws.amazon.com/	Datenschutz
https://www.strato.de/	Linux V-Server, Cloud-Server, Kubernetes
https://www.ionos.de/	Cloud-Server
https://www.hetzner.com/	Cloud-Server
https://sloppy.io/de/	Docker
https://www.digitalocean.com/	Datenschutz, Kubernetes
https://www.scaleuptech.com/	Kubernetes
https://www.uptime.de/	Rancher
https://nws.netways.de/	
https://cloud.google.com/	Datenschutz, Navigationsdaten

Je nach Anbieter und Produkt wurden Teile des Anforderungskatalogs pauschal bepreist bzw. nach Verbrauch abgerechnet. Angebote für Infrastructure as a Service (IaaS, „nur“ Hardware) sind typischerweise sehr viel günstiger als Angebote für Platform as a Service (PaaS, z.B. Docker Umgebung).

Beispielhaft wird hier eine IaaS-Konfiguration ausgeführt:

Anzahl	Beschreibung		Preis/Monat
1	de-Domain	2,00 €	2,00 €
1	SSL Zertifikat, Domain Validated	3,00 €	3,00 €
3	SSL Zertifikate, Let's Encrypt	0,00 €	0,00 €
3	Server (je 8x CPU, 16GB RAM + 32 GB HD)	64,00 €	192,00 €
256	GB Cluster Storage	0,10 €	25,60 €
512	GB Backup Storage	0,10 €	51,20 €
2	Cluster-IPs (IPv4+IPv6)	5,00 €	10,00 €
4	Network Security Groups	2,50 €	10,00 €
1	Loadbalancer	20,00 €	20,00 €
500	GB Public Traffic	0,05 €	25,00 €
10000	Anfragen Google Services (Maps, Routes, Places)	0,01 €	100,00 €
1	Docker Registry (> 200 image requests / 6 h) pro Entwickler	5,00 €	5,00 €
1	Security Software (malware, ...)	10,00 €	10,00 €

			453,80 €
--	--	--	-----------------

Eine geeignete Alternative zu Google als Anbieter für Navigationsdaten konnte nicht gefunden werden.

Die ermittelten monatlichen Gesamtkosten sind unerwartet hoch ausgefallen. Andererseits gab es aber bei etwa vergleichbaren Anforderungen keine entscheidenden Unterschiede zwischen den Anbietern.

In dieser Preiskategorie wäre es auch möglich, ein Hosting in einer vorhandenen IT-Infrastruktur mit eigenen Servern und eigener Internetanbindung zu finanzieren.

Es wurde zunächst entschieden, die Startkonfiguration mit einem kostengünstigeren IaaS Produkt und mit leicht reduziertem Anforderungskatalog durchzuführen.

Praktische Implementation

Es wurden 2 Linux vServer von Strato als Docker-Plattform eingerichtet und ein Großteil des Anforderungskatalogs umgesetzt, überwiegend mit Open-Source Lösungen, die für die Plattform verfügbar waren.

Kategorie	Anforderung	Bemerkungen	Nr.
Ressourcen	Container-Laufzeitumgebung	Docker auf 2 Strato vServern	1.1
	Storage	für Anwendung, Anwenderdaten, Datenbank, ca. 2 TB	1.2
	Netzwerk	Interconnects zwischen Containern und Services	1.3
Services	Datenbank	Docker-Container MariaDB	2.1
	Webserver	Docker-Container NgInx	2.2
	Webserver Public IP	Strato IPv4 + IPv6	2.3
	Webserver Domain	Ionos	2.4
	Webserver Zertifikate-Verwaltung	Docker-Container, Let's Encrypt	2.5
	Mailserver	Ionos	2.6
	Mailserver Domain	wie Webserver	2.7
	Mailserver Zertifikate-Verwaltung	Shell-Skript	2.8
	Navigationsdaten	Google Karten, Orte, Routen	2.9
	Traffic	Strato	2.10
Security	Firewall	Betriebssystem	3.1
	Hardening	OS, Docker, Webserver	3.2
	Malware Protection	ClamAV	3.3
	Intrusion Detection	PSAD	3.4
Management	Monitoring	Nodes, Services mit Monit und Icinga	4.1
	Backup/Recovery	Strato	4.2
	Betriebssystem-Updates	Strato	4.3
	Container-Updates	Docker Hub	4.4
	Anwendungsupdates	„privates“ Docker-Repository	4.5
	Skalierbarkeit	über weitere vServer möglich	4.6
	Orchestrierung	nicht umgesetzt, aber möglich	4.7
	Fail-Over	nicht umgesetzt, aber möglich	4.8
	Wartung	nicht umgesetzt, aber möglich	4.9

Resümee

Die Umsetzung des Anforderungskatalogs für den sicheren und unterbrechungsfreien Betrieb der Gesamtanwendung in der Cloud wurde in Eigenarbeit durchgeführt. Die Umsetzung der Gesamtaufgabe konnte erst nach Einarbeitung in verschiedene Funktionsdetails der beteiligten Softwarekomponenten erfolgreich durchgeführt werden. Dabei wurden auch künstliche Begrenzungen der ausgewählten IaaS Plattform aufgedeckt, die der Anbieter in der Produktbeschreibung nicht genannt hat und die für die Webanwendung eine relevante Einschränkung bedeuten. Bei einer Webanwendung für Endanwender ist zu berücksichtigen, dass dies nur mit dauerhaftem technischem Support sinnvoll ist. Je nach Qualifikation kann das dafür benötigte Personal auch die erforderliche technische Umsetzung selbst leisten.

Es wurde eine entsprechende technische Plattform aufgesetzt und damit ein Großteil des Anforderungskatalogs umgesetzt. Die Cloud-Infrastruktur wurde konzipiert und als interne Umgebung bei celano umgesetzt. Die Infrastruktur wurde für das Projekt DigiMin jedoch nicht mehr eingesetzt. Dementsprechend erfolgte keine Entwicklung einer Datensicherheitsrichtlinie, des Schulungsbedarfs etc.

3. Arbeitspaket 3: Retrospektive Analyse von Baumaßnahmen und Prozessbeschreibung

Retrospektive Analyse, Stoffstromketten, Prozessbeschreibung und Szenarienaufbau

Ein essenzieller Bestandteil dieses Arbeitspakets war die Analyse der Routenplanung für die verschiedenen Materialien. Ziel war die Ermittlung und Validierung optimaler Stoffstromketten, sogenannter „perfekter Szenarien“. Dazu wurden zunächst folgende Aspekte berücksichtigt:

- Anzeigen der Aufbereitungslagen
- Anzeigen der verschiedenen Quellen und Senken
- Anzeigen der Projekte
- Implementierung der Google-Maps Routen
- Farbliche Kennung der Routen
- Berücksichtigung der Materialspezifikationen
- CO₂-Ausstoß
- Suchfunktionen

Für die Routen-/ Materialplanung ist zunächst die Integration sämtlicher Datensätze (Projekte, Quellen und Senken sowie Aufbereitungsanlagen) mit den dazugehörigen Geokoordinaten notwendig. Diese beinhalten die unterschiedlichen Materialien mit den dazugehörigen Spezifikationen und dem Verfügbarkeitsstatus. Über diese Informationen lässt sich anschließend die Route für ein verfügbares/gesuchtes Material planen, sodass vereinfachte und perfekte Szenarien für die Routenplanung vorgenommen wurden. Zudem wurde in der Planung bereits der Kürzeste Weg-Algorithmus berücksichtigt. Die Darstellung dieser Routen, wurde durch eine farbliche Diversität der verschiedenen Stoffströme unterstützt. Ein herausgearbeiteter Aspekt aus den Analyseergebnissen war die visuelle Unterstützung für den User. Die Stoffströme wurden so farblich markiert, dass die einzelnen Materialien, gerade wenn eine Materialplanung mehrere Stoffe enthält, sichtbar und einfach unterschieden werden kann.

Die Komplexität bestand in der Integration der Materialspezifikationen, vor allem da die Materialien nicht nur als primär, sondern vor allem als Sekundärrohstoffe verplant werden sollten. Das bedeutet, dass Materialien nicht direkt von einer öffentlichen Quelle (z.B. Steinbruch) bezogen werden, sondern von bereits bestehenden Baumaßnahmen. In der retrospektiven Analyse wurden zudem weitere Evaluierungen vorgenommen, sodass im weiteren Projektverlauf eine intelligente Suchfunktion für die Materialplanung integriert wurde. Die anfängliche Materialplanung wurde so konzipiert, dass nur Quellen und Aufbereitungsanlagen mit den exakten Materialspezifikationen im Suchvorgang zu finden sind. Diese wurde jedoch so erweitert, dass die Suche dem Benutzer Alternativvorschläge zu den gesuchten Einstellungen anzeigt. Dazu kann folgendes Beispiel herangezogen werden:

Gesucht wird Schotter mit der Körnung 0/32. Neben den angezeigten Suchtreffern, die exakt diese Spezifikation erfüllen, soll Schotter mit anderen Körnungen angezeigt werden, die eine Aufbereitungsanlage auf das Format 0/32 verarbeiten kann.

Diese intelligente Suche ist im weiteren Projektverlauf analysiert und integriert worden.

Zur Erleichterung der Materialplanung ist zudem eine Such-/Filtermöglichkeit integriert worden, die nach den verschiedenen Quellen oder auch Materialien filtern kann.

Um eine Bewertung der vorgeschlagenen Routen vorzunehmen, wurden verschiedene geeignete Bewertungskriterien (KPI) wie

- Nutzlast LKW,
- Materialmenge pro Fahrt,
- Transportpreis,
- Materialverfügbarkeit innerhalb eines Zeitraums,
- spezifischer CO₂-Ausstoß (Kombination aus Streckenentfernung, Nutzlast LKW, Materialmenge pro Fahrt)

identifiziert und in das Prozessmodell integriert. Anhand der Gewichtung dieser KPI können so unterschiedlich optimierte Routen vorgeschlagen werden.

4. Arbeitspaket 4: Systemmodellierung

Erstellung und Programmierung eines Basismodells

Dieses Arbeitspaket beschäftigt sich mit der graphenorientierten Modellierung und der Implementierung des Basismodells zur Erstellung einer Simulations- und Testumgebung.

Die graphenorientierte Modellierung bietet hier eine geeignete Möglichkeit, Stoffströme abzubilden. So stellt die folgende Grafik (Abb. 2) beispielhaft unterschiedliche Stoffströme, z.B. zwischen Erzeugern, Zwischenbearbeitern und Verbrauchern dar, deren Graphen mittels Gewichtungsfaktoren bewertet werden können. Zur Datenhaltung wurde das entwickelte Datenmodell (AP2) in Form einer Datenbankanwendung umgesetzt. So wird z. B. ein Stoffstrom bzw. ein Graph in der Tabelle „route“ mit Verweis auf die Kosten (KPI) „material_costs“ sowie die vor- und nachgelagerten Standorte der Verbraucher, Zwischenbearbeitern oder Erzeugern „abstract_location“ dargestellt. Die weiteren Tabellen enthalten die Informationen zu den Projekten, den beteiligten Partnern, Stoffen

Materialschichtungen, Restriktionen bei der Routenplanung etc.

Zum Import externer Daten wurde zunächst eine Excel-Schnittstelle realisiert. Weitere standardisierte Schnittstellen, wie z.B. Datenbank- oder XML-Schnittstellen sind Teil des celano Softwareframeworks celCAP und werden je nach Anwendungsfall konfiguriert und eingesetzt. Im Backend sorgen Microservices für den Austausch von Datenobjekten zwischen der Datenbank, den Backendprozessen und der HMI.

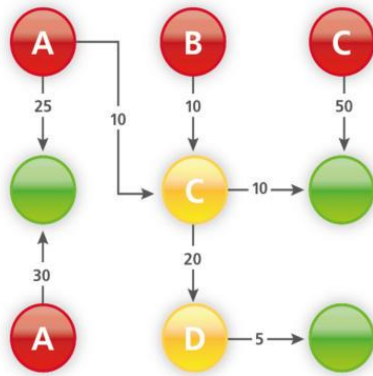


Abbildung 2: Beispiel einer Graphendarstellung unterschiedlicher Stoffströme

Die Untersuchungen zur Erstellung und Umsetzung des Basismodells werden im Folgenden beschrieben.

Allgemeine Anforderungen

Das System soll mehreren Aktoren gleichzeitigen Zugriff bieten. Dabei unterscheiden sich die Aktoren in drei Gruppen:

1. Aktor mit eigener Infrastruktur und eigenem privaten Kundenstamm
2. Aktor ohne eigene Infrastruktur und eigenem privaten Kundenstamm
3. Aktoren ohne eigene Infrastruktur und keinem Kundenstamm

Das ergibt unterschiedliche Anforderungen für die Haltung und Synchronisierung der Daten.

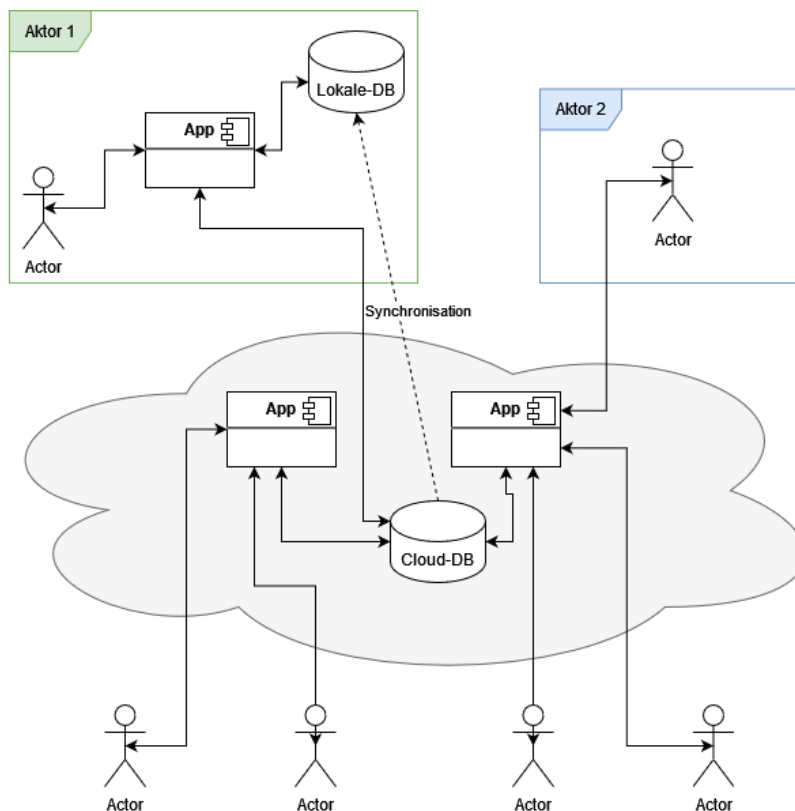


Abbildung 3: Aktoren

Bei Aktor 1 können die privaten Daten in der eigenen Datenbank gehalten werden. In seiner Infrastruktur läuft eine eigene Applikation mit Zugriff auf die Daten aus der lokalen Datenbank. Dabei werden die privaten Daten durch die eigene Infrastruktur isoliert und können somit sicher (ohne Fremdzugriffe) verwaltet werden. Um Zugriff auf Public-Daten aus der Cloud zu erhalten, wird entweder eine Synchronisation zwischen den Datenbanken angestrebt, oder die Applikation des Anwenders greift auf die Cloud-Datenbank zu.

Private Daten von Anwendern ohne ihre eigene Infrastruktur können auf ihre Daten über die Web-Applikation zugreifen. Die Daten werden gemeinsam mit allen anderen Daten anderer Aktoren in einer Cloud-DB gespeichert. Der Zugriff auf diese Daten wird jedoch anderen Aktoren verwehrt.

Die restlichen Aktoren arbeiten mit der Web-Applikation und speichern ihre Daten auch in der Cloud-DB. Der Zugriff auf diese Daten wird allen gewährt.

Für die Isolation von Daten für Aktor 2 ergibt sich eine neue Anforderung: Mandantenfähigkeit. Mit der Mandantenfähigkeit beschreibt man die Isolierung der Daten für unterschiedliche Aktoren in einer Applikation, ohne dass ein Aktor auf die Daten eines anderen zugreifen kann.

Detaillierte Anforderungen

Da viele Benutzer erwartet werden, reicht es nicht aus, eine einfache Backend-Web-Applikation aufzusetzen, da sie ggf. bei aufkommender Last nicht ordnungsgemäß reagieren kann. Die Backend-Applikation muss auf die schwankende Nutzer-Anzahl reagieren und es müssen ggf. neue Prozesse hoch- und runtergefahren werden, um einerseits die große Anzahl an Nutzern zu bedienen und andererseits nicht zu viele Ressourcen zu verbrauchen, wenn die Nutzerzahl gering ist.

Es wird auf das Design von Microservices zurückgegriffen. Dabei werden die Prozesse so programmiert, dass sie einen bestimmten, kleinen Aufgabenbereich abdecken. Die wichtigste Eigenschaft eines solchen Prozesses ist, dass die Transaktion vollständig abgeschlossen wird und dass die Daten danach in der Datenbank konsistent bleiben.

Systemdesign

Das Systemdesign wird in der nächsten Übersicht dargestellt.

Die Abbildung ist in drei Bereiche unterteilt. Der linke Bereich bildet den Zugriff aller Clients ab. Dabei ist es egal, ob es eine installierte Anwendung ist oder ein Zugriff über einen Internet-Browser.

Der mittlere Bereich ist die Schnittstelle der Backend-Struktur und den Clients. Der Proxy/Gateway Prozess (gelb) nimmt alle Anfragen der Clients auf und leitet sie weiter an die entsprechenden Verarbeiter aus dem dritten Bereich.

Der Push-Service (orange) ist wiederum die Kommunikation in die andere Richtung: vom Backend zu Client.

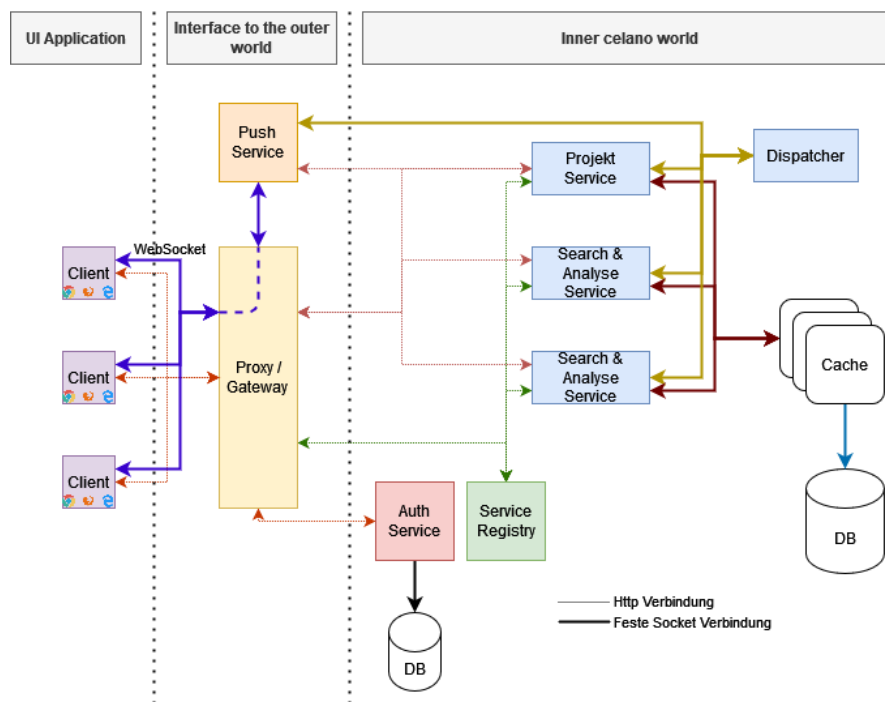


Abbildung 4: Systemdesign

Mit Hilfe der Service-Registry (grün) kann der Proxy/Gateway entscheiden, welcher Verarbeiter für die Anfrage richtig ist. Der Auth-Service (rot) dient dazu, den Benutzer zu authentifizieren und zu autorisieren. Kritische Logindaten werden dabei verschlüsselt in einer getrennten Datenbank gesichert.

Die verarbeitenden Prozesse (blau) sind diejenigen, die darüber entscheiden, welche Daten an die Clients ausgeliefert werden und wie die Daten verwaltet werden. Dabei kann ein und derselbe Prozess mehrfach gestartet werden, um die Last zu verteilen. Beim Starten registriert sich z.B. der Projekt-Service bei der Service-Registry, um ihr mitzuteilen über welchen Port der Webserver erreicht werden kann. Kommt eine Anfrage vom Client am Proxy/Gateway an, fragt es die Service-Registry, wo die Anfrage hingehört. Sobald dies bekannt ist, geht die Anfrage an den richtigen Service raus. Hier werden alle Anfragen per HTTP abgearbeitet.

Der Dispatcher (blau) ist ein Prozess, der ermöglicht, dass Prozesse untereinander kommunizieren. Die Prozesse bauen eine feste Verbindung zum Dispatcher auf, registrieren sich dort und können dann untereinander Nachrichten austauschen. Der Vorteil hierbei ist, dass die Kommunikation über eine bereits bestehende Verbindung läuft. Im Gegensatz zu http-Verbindungen muss die Verbindung immer neu aufgebaut werden.

Um Daten schneller auszulesen, ist eine Cache-Schicht zwischen den Prozessen und der Datenbank angedacht.

Für die Umsetzung werden mehrere Recherchen zu unterschiedlichen Themen durchgeführt und unter dessen Berücksichtigung auch die Implementierung angestrebt.

Proxy/Gateway

Zunächst war eine Recherche zu der Microservice Architektur notwendig. Der Unterschied zu einer Standard-Applikation von celano ist, dass bisher keine horizontale Skalierung notwendig war. Es gab immer einen Service, der für eine gewisse Aufgabe zuständig war. Hierbei wurde dann statt eines Proxy/Gateways eine Middleware eingesetzt, die nicht nur die Anfragen weitergeleitet hat, sondern auch eine gewisse Logik erledigte und in vielen Fällen Daten selbstständig auslieferte. Für diese Anwendungsfälle war kein Load-Balancing nötig.

Als Stand der Technik wird standardmäßig ein Proxy/Gateway eingesetzt, der die Anfragen entgegennimmt, filtert und weiterleitet. Das Gateway kann auf unterschiedliche Weisen konfiguriert werden. Es gibt statische und dynamische Konfigurationen. Im statischen Fall werden die dahinter liegenden Services fest durch Adressen definiert und entsprechend konfiguriert. Wird ein neuer Service benötigt, muss die Konfiguration manuell editiert werden.

Die dynamische Konfiguration erlaubt es, dass sich die hinter dem Gateway laufenden Prozesse dynamisch hoch- und runterfahren lassen und sich die Konfiguration selbstständig anpasst. Die Konfiguration verwaltet in diesem Fall die Service-Registry.

Bei diesem Projekt wurde die dynamische Strategie gewählt, um manuelles Eingreifen in das System zu vermeiden.

Authentifizierung und Autorisierung

Sicherheit ist bei jedem Zugriff durch einen Client relevant. Man kann nicht einfach im Proxy/Gateway prüfen, ob ein Nutzer etwas darf und unbedacht die Anfrage weiterleiten. Die einzelnen Services sind genauso über das Internet erreichbar, wie das Gateway und müssen also genauso dafür Sorge tragen, dass sie die Authentizität und Berechtigungen prüfen.

Authentifizierung und Autorisierung in einem Microservice-System kann „stateful“ oder „state-less“ erfolgen. Beide Aspekte haben unterschiedliche Vor- und Nachteile, die in einem Vergleich ausgewertet wurden.

Hierbei wurde in Richtung „OAuth2“ und „JsonWebTokens“ recherchiert. Diese Technologien erlauben es zum einen die Benutzer, z.B. durch andere Dienste zu authentifizieren. (z.B. könnte man ein Google-Konto zur Anmeldung nutzen). Zum anderen ist die stateless Nutzung mit Hilfe von JsonWebTokes in der Prozessinterkommunikation relevant.

Mandantenfähigkeit

Die Mandantenfähigkeit einer Applikation ermöglicht es, mehrere Kunden bzw. Nutzergruppen (im Folgenden Mandanten bzw. Tenant genannt), gleichzeitig über eine einzige Anwendung zu verwalten. Dadurch können mehrere unabhängige Akteure auf dieselbe Applikation zugreifen. Dies bietet nicht nur Kosteneinsparungen beim Hosting und bei den Ressourcen, sondern ermöglicht auch den Austausch von Daten zwischen den Akteuren, sei es zum Lesen oder zum Schreiben.

Für den Anwendungsentwickler ist dies nach außen hin nicht sichtbar, da es sich um sensible Daten handeln kann. Somit ist der Datenschutz durchgehend gewährleistet, und Fehlerquellen bei der Implementierung werden minimiert.

Hierzu wurde zunächst ein Datenmodell entwickelt und dann eine Implementierung in Form zweier Bibliotheken vorgenommen.

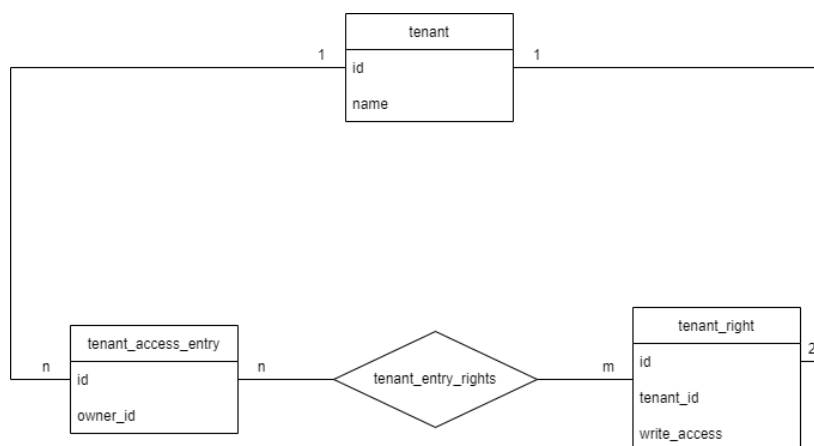


Abbildung 5: Datenbankmodell Mandantenfähigkeit

Das Datenbankmodell verfügt über eine Entität „tenant“, die die jeweiligen Mandanten definiert. Jeder Nutzer der Applikation wird einem Tenant zugeordnet. Für jeden Tenant werden zwei Einträge in Tenant-Right erzeugt: ein Eintrag zum Abbilden von Schreibrechten und ein Eintrag zum Abbilden von Leserechten. Die Lese- bzw. Schreibrechte werden mittels der N zu M Beziehung „tenant_access_entry“ bzw. „tenant_right“ realisiert. Tenantaware Einträge verweisen auf einen Tenant-Access-Entry, um ihre Rechte zu definieren.

Die Bibliotheken verwalten die Mandanten in Java mithilfe von JPA (Hibernate). Die erste Bibliothek konzentriert sich auf die grundlegende Verwaltung der Mandanten, erlaubt jedoch kein Teilen der Daten zwischen den Mandanten. In dieser Version kann jeder Datensatz nur einem bestimmten Mandanten zugeordnet werden, und andere Mandanten haben keinen Zugriff auf diese Daten. Die zweite Bibliothek hingegen ermöglicht es den Mandanten, ihre Daten mit anderen Mandanten zu teilen.

Beide Bibliotheken enthalten Hilfsklassen, die die Verwaltung der Mandanten vereinfachen. Im Rahmen des Projekts werden die Datenbanktabellen um die Spalte "tenantId" erweitert. Bei Verwendung der ersten Bibliothek werden alle Entity-Klassen (ORM-gemappede Klassen) um das neue Attribut "tenantId" ergänzt. Mandantenfähige Entitäten erben von der Klasse "TenantAware". Zusätzlich wird für jede Entity-Klasse ein Filter deklariert, der die "tenantId" berücksichtigt.

Beim Start der Applikation werden für jede Entity-Klasse, die von "TenantAware" abgeleitet ist, verschiedene Listener registriert. Diese Listener kümmern sich um die Zuweisung der "tenantId" bei Einfügevorgängen oder anderen relevanten Aktionen. Sobald alle erforderlichen Vorkehrungen getroffen sind, werden DB-Statements, die mit der JPQL-Sprache geschrieben wurden, automatisch um die "tenantId" ergänzt. Jedes Statement wird um den Zusatz "WHERE tenantId = ?" erweitert, wobei der Parameter automatisch mit dem Mandanten des aktuellen Nutzers befüllt wird.

Bei DB-Statements, die ein "nativeQuery" verwenden, müssen manuelle Anpassungen vorgenommen werden. Hierbei muss das Statement manuell um das "WHERE" erweitert werden, und zusätzlich muss der aktuelle Mandant als Parameter übergeben werden. Aus Sicherheitsgründen weiß der Client nichts von Mandanten und kann auch nicht bestimmen, zu welchem Mandanten er gehört. Alle Daten werden im Backend anhand der Session des Clients ermittelt. Der Tenant steht unmittelbar nach einer erfolgreichen Anmeldung des Nutzers fest und kann nicht verändert werden.

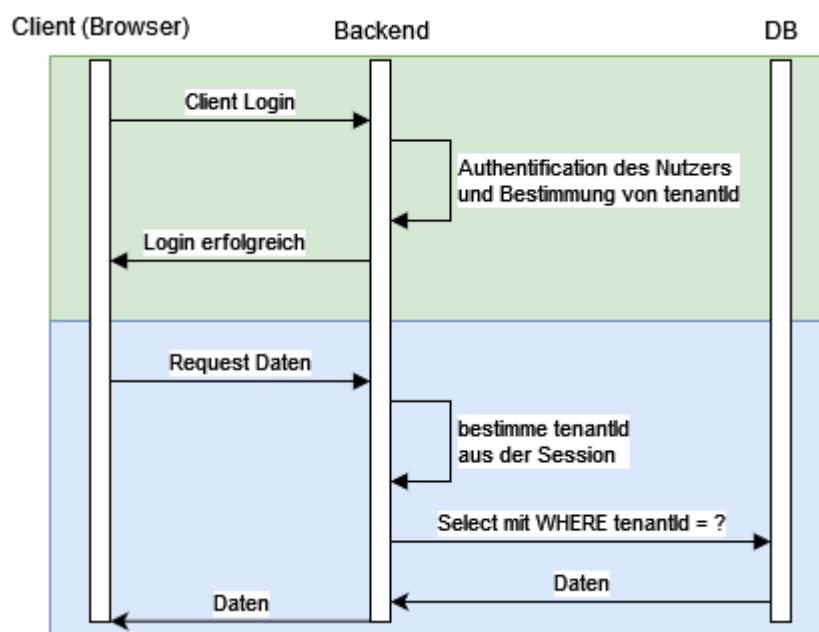


Abbildung 6: Ablauf, wie eine tenantID bei einer UI-Anfrage bestimmt wird.

Die zweite Bibliothek wird auf die gleiche Weise verwendet, jedoch wird hier anstelle der `tenantId` in den einzelnen Entitäten ein Verweis auf die `"tenant_access_entry.id"` eingefügt. Diese Änderung ist notwendig, da die Datensätze mehreren Mandanten gleichzeitig zugeordnet werden können, was nur mit einer Zwischentabelle geregelt werden kann. Der deklarierte Filter wird dadurch komplexer, da die Abfrage für einen Mandanten nun über mehrere Tabellen erfolgt.

Die restlichen Arbeiten bleiben gleich wie bei der ersten Bibliothek. Um sicherzustellen, dass für alle Entitäten, die eine `"tenantId"` haben, eine Filterdeklaration vorhanden ist und für alle Entitäten die entsprechenden Listener registriert sind, werden in der Anwendung automatisierte Tests durchgeführt.

Backend

Zur Implementierung der Backendprozesse wird die Programmiersprache Java mit dem Framework Spring Boot verwendet. Des Weiteren werden celano-interne Bibliotheken eingesetzt.

Die Umsetzung des Proxy/Gateways erfolgte mit Hilfe des Spring Boot Gateway Frameworks. Dies erlaubt eine einfache Applikation, die mit Hilfe einer Konfigurationsdatei an Kenntnis von der Service-Registry und den Weiterleitungsregeln gewinnt. Die Kommunikation mit der Service-Registry wird automatisch vom Framework übernommen.

Wird ein Request von einem Client empfangen, wählt das Gateway anhand von konfigurierten Regeln, welchen Service es ansprechen muss. Daraufhin wird die bereits erwähnte Abfrage zur Service-Registry gemacht, um die Adresse des Services zu erfahren. Ist der Service bekannt, wird die Anfrage entsprechend weitergeleitet. Anderenfalls wird ein negativer Statuscode returniert.

Der Push-Service wurde im ersten Schritt simpel gehalten. Im weiteren Verlauf des Projektes muss diese Schnittstelle weiter ausgebaut werden, denn je nach Anzahl gleichzeitiger Nutzer muss auch dieser Prozess mehrfach gestartet werden können.

Die Clients werden mit Hilfe von Websockets mit diesem Push-Service verbunden. Zur Kommunikation wird das „Stomp“ Protokoll verwendet. Clients registrieren (subscribe) sich auf bestimmte Events, die sie empfangen möchten. Auf der anderen Seite empfängt der Prozess Events von anderen Prozessen und leitet die Nachrichten entsprechend den Subscriptions weiter.

Die Service-Registry ist mit Hilfe des „Eureka“-Servers umgesetzt. Die Kommunikation zwischen dieser Registry und dem Spring Gateway wurde von Spring Boot ausgebaut, so dass hier lediglich ein Konfigurationsaufwand entsteht.

Die Haupt-Verarbeiter-Prozesse wurden in fünf unterschiedliche Microservices aufgeteilt. Sie haben eine gemeinsame Klassenbasis, genannt „basic-entities“, um leichter Objekte auszutauschen.

Die Unterteilung der Microservices ist wie folgt:

- Project-Service
- Company-Service
- Location-Service
- Material-Service
- Route-Service

Der Projekt-Service dient zur Verwaltung von Projekten. Hier können Daten eines Projektes angelegt, modifiziert oder neu angelegt werden. Werden Daten eines Projektes gebraucht, muss dieser Service angefragt werden, um sie zu beschaffen.

Der Company-Service ist für die Verwaltung von Stammdaten (der Firmen) zuständig. Eine Firma wird unter anderem zum Anlegen eines Projektes benötigt.

Zur Verwaltung von Standorten dient der Location-Service. Hier können die Standorte für Quellen, Senken und weiterverarbeitenden Anlagen verwaltet werden.

Der Material-Service ist dafür da, die unterschiedlichen Materialien, Materialeigenschaften, Arten usw. zu verwalten.

Als letztes können die Wege zwischen den Standorten für unterschiedliche Materialien im Route-Service verwaltet werden.

Für den jetzigen Stand der Implementierung wurde noch kein Dispatcher gebraucht. Die Prozesskommunikation untereinander erfolgt per http-Requests.

Modellevaluierung und -erweiterung

Erste Modellevaluierungen wurden mit den vom Projektpartner Ingenium zur Verfügung gestellten Daten und den daraus von uns gebildeten Szenarien erfolgreich durchgeführt. Die verschiedenen relevanten KPIs (Preis, Menge, Entfernung, Verfügbarkeit) eines Projektes (Baustelle) wurden dabei herangezogen und Szenarien analysiert, wie sich die Routenplanung unter Gegebenheit der verschiedenen Quellen und Aufbereitungsanlagen verhält. Das Ziel bestand darin, verschiedene (optimale) Alternativen für den User darzustellen, die unter die Suchkriterien der KPIs fallen. Ein Hauptaugenmerk ist dabei der „Kürzeste-Weg-Algorithmus“ gewesen, sodass möglichst geringe Entfernungen angezeigt werden können, da die Synergie mit weiteren KPIs (Kosten, CO₂) gegeben ist. Für die Analyse wurden verschiedenste Daten herangezogen und in das Datenmodell importiert. Anhand dieser Daten sind verschiedene Evaluierungen der Routenplanung und Optimierung vorgenommen worden.

Die Validierung der KPI gemeinsam mit den Stakeholdern sowie die Einbeziehung externer Datenquellen konnte nicht mehr durchgeführt werden. Aufgrund unseres Wissenstandes gehen wir aber davon aus, dass die ermittelten KPI den Großteil der Bewertung einer Stoffstromplanung abdecken.

Die beschriebene Struktur steht als Backend-Gesamtsystem zusammen mit der graphischen Benutzeroberfläche als PC-Planungstool zur Verfügung.

Die entwickelten Module zur Mandantenfähigkeit werden darüber hinaus nach Optimierungen, z. B. im Bereich Stabilität, Performance etc., wie im Verwertungsplan beschrieben, nun ebenfalls erfolgreich im Produktivbetrieb der cloud-basierten Zeiterfassungs und Personalmanagementlösung „tam® plus“ von celano eingesetzt.

5. Arbeitspaket 5: Etablierung und Evaluierung der Optimierungsverfahren

Auswahl, Kombination und Untersuchung der Optimierungsalgorithmen, Tests an begrenzten Problemstellungen

Um die Rohstoffe für das Stoffstrommanagement optimal verteilen zu können, werden gewisse Optimierungsalgorithmen benötigt, die sich mit der Wegfindung befassen. Unter Wegfindung versteht man meist dabei die graphenbasierte Suche nach dem besten Weg zwischen zwei oder mehreren Knoten. Das Kriterium, nach dem ein Weg der Beste ist, kann unterschiedlich sein. Man kann den kürzesten Weg (nach Entfernung), den schnellsten (nach Fahrzeit) oder aber auch den sichersten Weg suchen. Die Art des Kriteriums ist bei der reinen Optimierung jedoch nicht entscheidend, solange jedem Teilabschnitt des Weges verallgemeinerte Kosten zugeordnet werden können. Anhand dieser Werte kann ein Weg mit den geringsten Kosten ermittelt werden.

Es existieren diverse Ansätze für eine optimale Wegfindung, wie zum Beispiel der Bellman-Ford-, Floyd-Warshall- oder der Johnsons's Algorithmus. Als Stand der Technik hat sich der Dijkstra Algorithmus und dessen Erweiterung A* Algorithmus durchgesetzt.

Der Dijkstra Algorithmus ermittelt den kürzesten Weg von einem Knoten zu jedem anderen Knoten innerhalb des Graphen. Das bedeutet, dass der Algorithmus nicht nur den kürzesten Weg vom Startknoten zu einem anderen bestimmten Knoten findet, sondern den kürzesten Weg zu jedem einzelnen erreichbaren Knoten. Diese gesamten Berechnungen führen zu dem Problem, dass die Zeitkomplexität ein asymptotisches Verhalten von $O(V^2)$ aufweist, wobei V die Anzahl der Knoten im Graphen beschreibt. Der Dijkstra Algorithmus sollte daher nicht bei Graphen verwendet werden, die eine hohe Anzahl an Knoten aufweisen.

Der A* Algorithmus stellt eine Erweiterung des Dijkstra Algorithmus dar, indem bei der Berechnung des kürzesten Weges eine heuristische Funktion verwendet wird. Dies führt dazu, dass nicht mehr alle kürzesten Wege von einem Startknoten zu jedem anderen Knoten berechnet werden, sondern nur noch der kürzeste Weg von einem Start- zu einem Zielknoten. Dieser Informationsverlust führt zu einem Performancegewinn, der sich in einer asymptotischen Zeitkomplexität von $O(E)$ widerspiegelt. Die Laufzeit hängt somit nur noch von der Anzahl der Kanten E im Graph ab.

Eine intelligente Verteilung/Zuordnung der Rohstoffe ist durch die alleinige Berechnung des kürzesten Weges zwischen zwei Knoten nicht gewährleistet. Es kann durchaus vorkommen, dass z. B. mehrere einzelne Transportfahrten zusammengefasst werden könnten, um Kosten zu sparen. Berechnet man für alle erdenklichen Konstellationen von Szenarien den kürzesten Weg, dann wird sich dieser Weg aus den kürzesten Teilwegen zusammensetzen. Dies entspricht dem Optimalitätsprinzip von Bellman. Ist der Raum der erdenklichen Szenarien relativ klein, dann kann der optimale Weg mit einem Brute-Force-Ansatz bestimmt werden. Meist ist der Raum der Szenarien so groß, dass diese Art der Berechnung zu zeitintensiv ist. Für das Auffinden einer hinreichend genauen Lösung in großen Räumen haben sich die stochastischen Optimierungsverfahren etabliert, wie z. B. evolutionäre Algorithmen, Ameisenalgorithmus oder die Partikelschwarmoptimierung.

Die Funktionsweise von evolutionären Algorithmen orientiert sich an der Evolution natürlicher Lebewesen. Die Basis eines evolutionären Algorithmus bildet eine zufällige Menge von Individuen, die als Population bezeichnet wird. Ein Individuum repräsentiert dabei ein definiertes Szenario. Jedes Individuum in dieser Population besitzt eine bestimmte Anzahl von Genen, unter anderem die Parameter des Parametervektors der zu optimierenden Zielfunktion und einem daraus resultierenden Fitnesswert. Dieser Fitnesswert beschreibt die Güte eines Individuums innerhalb des Optimierungsproblems. Anhand der Paarungsselektion werden geeignete Individuen ausgewählt, die durch Fortpflanzung, also Rekombination und Mutation der Gene, neue Lösungskandidaten für das Optimierungsproblem kreieren. Die abschließende Umweltselektionen in einem Zyklus definiert hierbei, welche Individuen in die neue Generation mitaufgenommen werden. Es existieren unterschiedliche Verfahren, wie die einzelnen Schritte eines evolutionären Algorithmus realisiert werden können. Generell ist hierbei zu beachten, dass das Verfahren einen stochastischen Anteil besitzt und eine zu schnelle Konvergenz bezüglich eines lokalen Minimums vermieden wird.

Das intelligente Stoffstrommanagement stellt in der Komplexitätstheorie ein NP-Problem dar, so dass eine schnelle Berechnung der optimalen Lösung meist nicht möglich ist. Damit dennoch eine hinreichend genaue Lösung effizient ermittelt werden kann, muss ein evolutionärer Algorithmus eingesetzt werden, um annehmbare Szenarien aufzufinden. Diese Szenarien bilden den Rahmen für die eigentliche Wegfindung, da je nach Szenarium unterschiedliche Graphen entstehen. Der kürzeste Weg des jeweiligen Graphen lässt sich dann mithilfe des A* Algorithmus bestimmen, sodass diverse Lösungskandidaten entstehen, die miteinander verglichen werden können. Der Lösungskandidat mit dem kürzesten Weg definiert somit das beste Szenario.

Wie beschrieben, eignen sich diese Optimierungsverfahren insbesondere für komplexe Routenplanungen und einem exponentiellen Zuwachs von möglichen Lösungen. Diese treten z. B. auf, wenn Stoffströme zwischen mehreren unterschiedlichen Unternehmen deren zugehörigen Quellen und Senken und mit unterschiedlichen Daten oder Datenzugriffsrechte zu berechnen sind. Aufgrund der Rückmeldungen der an den Workshops beteiligten Unternehmen, war eine solche übergreifende Stoffstromplanung mit entsprechenden Anforderungen an die Laufzeit der Berechnung aber nicht zielführend, bzw. nicht erforderlich. Das Planen sollte sich eher auf den lokalen Kontext beschränken. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen anhand der lokalen Planungsszenarien (mit überschaubarer Komplexität) gelingt eine gute und hinreichend performante Optimierung auch mit einem „Brut-force“-Ansatz, der einfach alle Möglichkeiten unter Berücksichtigung der definierten KPI durchrechnet und bewertet. Diese KPIs bewerten, je nach Auswahl und Gewichtung, verschiedene Alternativen der Routenplanung. Den Usern werden damit Vorschläge auf Grundlage des implementierten Stoffstrommodells und der definierten KPI im Sinne eines Rankings von Stoffstromverknüpfungen gemacht. Dieser Ansatz wurde entsprechend in das Planungstool integriert.

Tiefgreifendere Untersuchungen zu den Optimierungen und Arbeiten konnten nicht weiter vorgenommen werden, da uns keine realen Projekte von Seiten der Stakeholder zur Verfügung gestellt wurden und der Wunsch nach der schnellen Erstellung eines Demonstrators seitens der anderen Projektpartner priorisiert wurde. Jedoch konnte celano die Erkenntnisse insbesondere zur Optimierung mit Hilfe des evolutionären Algorithmus für andere Projekte, z.B. die Optimierung des Materialflusses in einem Brammenlager, erfolgreich einsetzen.

6. Arbeitspaket 6: Ergebnisdarstellung, Visualisierung, User Interface (HMI)

User Interface Design (HMI-Design), Visualisierungsverfahren

Ein wichtiger Bestandteil im Projekt stellt die Entwicklung des HMI (Human-Machine-Interface) dar. Dieses ist so zu gestalten, dass es den Anwendern ermöglicht, schnell und einfach mit der Applikation zu kommunizieren und die Stoffstromplanungen effizienter zu gestalten.

Die geleisteten Vorarbeiten aus Arbeitspaket 1 wurden zur Abstimmung mit den Projektpartnern in verschiedenen Mockups und User-Stories integriert. Die User-Stories sollten typische Situation beim Arbeiten auf dem Gebiet des Stoffstrommanagements widerspiegeln. Es galt, darüber hinaus die definierten Parameter und Kriterien zu integrieren sowie eine neue Projektverwaltung zu entwickeln. Zudem musste eine allgemeingültige und adaptionsfähige Lösung entwickelt werden, so dass ein breites Spektrum der User abgedeckt wird.

Im Folgenden ist ein Beispiel einer User Story aufgeführt:

„Nach dem Thomas nun sein neues Projekt und seine Kontakte in die Software eingetragen hat, möchte er die für sein Straßenbauprojekt notwendigen Materialrouten planen. Dazu wechselt er über das Navigationsmenü in die Funktion „Routenplanung“ und wählt über die Suchfilter sein Projekt aus (oder Thomas wählt sein Projekt in der Projektverwaltung aus und wechselt dort über den Link „Routenplanung“ zur Routenplanung). Ihm wird auf der rechten Seite ein Informationsdialog angezeigt, in dem er nun sein gesuchtes Material planen kann. Mit einem Klick auf den nach unten zeigendem Pfeil neben dem Material „Naturstein“, öffnet er die weiteren Informationen. Dort wählt Thomas den Button „Planen“ aus, wodurch sich ein neuer Dialog auf der linken Seite der Arbeitsmaske/Kartenansicht öffnet.“

In diesem Dialog kann Thomas über einige Filter zunächst die Entfernung, die Menge oder auch den Preis für seine gesuchten Natursteine einstellen. Ihm werden anschließend, in einer darunterliegenden Listenansicht sowie in der Kartenansicht, nur noch die Quellen angezeigt, die die eingestellten Suchkriterien erfüllen.

Die Listenübersicht im Dialog zeigt neben den Firmennamen der Quellen, die Entfernung zum Projekt (zur Baustelle). Mit einem Klick auf die Quelle Zentraldeponie Emscherbruch, öffnet Thomas einen kleinen Informationsdialog, in dem er zunächst den Preis pro m Stein einsehen kann, den der ausgewählte Anbieter für den Naturstein angegeben hat. Zudem wird ihm die Routenplanung des Materials auf der Karte angezeigt. Thomas ist mit dem Preis von 8,24 €/m einverstanden und möchte sein gesamtes Material (25.000 m) von der Zentraldeponie Emscherbruch beziehen. Dazu gibt er die gesamte Materialmenge sowie die LKW-Nutzlast und km-Preis eines LKWs an, sodass Thomas abschließend durch die Software einen finalen Gesamtpreis für die Materialplanung erhält. Thomas ist mit der Planung sowie mit den Kosten sehr zufrieden und bestätigt die Planung. Anschließend kann die vorgenommene Materialplanung sowohl in der Kartenansicht, als auch in der Projektübersicht eingesehen werden.“

Auch hier wurde zwischen den beiden Hauptklassen Quellen und Senken sowie Projekten unterschieden. Die Quellen und Senken werden dabei über die erstellten Templates mit den dazugehörigen Informationen importiert. Die Projekte werden in einem der zwei zentralen Elemente, der Projektverwaltung, durch einen User manuell und auch individuell angelegt. So hat der User zunächst eine allgemeine tabellarische Übersicht über sämtliche Projekte, die bereits erstellt worden sind. Zudem kann er eine Detailansicht mit zusätzlichen Informationen über einen Klick auf ein Projekt öffnen.

DigiMin									
Zum Beenden des Vollbildmodus F11 drücken									
Startseite Projektverwaltung Karte									
+ Neue Körnung hinzufügen + Neue Einbauklasse hinzufügen + Neues Projekt hinzufügen									
Projekt-Nr.	Projektbezeichnung	Projekttyp	Standort	Status	Start	Ende	Priorität	Firmenname	
1	Gaße Ruhr Marl	Baustelle	Marl	NEU	01.08.2020	31.12.2020		Tecklenberg Sandgruben GmbH	
2	6676 Straßenbaustelle bei Reken	Baustelle	Reken	NEU	01.07.2020	31.12.2021		Bräda Sandgrube	
3	Baustelle Deutsche Bahn	Baustelle	Hünne	NEU	01.06.2020	31.12.2020		Tecklenberg Sandgruben GmbH	
4	Baustelle A52	Baustelle	Marl	NEU	01.08.2020	31.01.2022		Tecklenberg Sandgruben GmbH	
5	MAV Lünen GmbH	Aufbereitungsanlage	Buchenberg 36a-70, 44532 Lünen	NEU	24.10.2019	04.02.2022		Cemex Kies & Splitt GmbH	
25	Boden-/Bauschuttdeponie Bortentrich	Deponie	Moltkestraße 12	NEU	03.12.2019	19.03.2022		VSG Schwarzwald-Granit-Werke GmbH & Co. KG	
35	Werk Pfelebach	Natursteinwerk	An der L. 349, 66871 Pfelebach, Rheinland-Pfalz/Saarland	NEU	24.12.2019	08.02.2021		Mineral Baustoff GmbH	
45	Werk Schwarzlay	Natursteinwerk	, 56767 Kaperich, Rheinland-Pfalz/Saarland	NEU	02.11.2019	30.03.2022		Fuhr GmbH Adbrüche & Erdbewegungen	
55	Dr. Fink-Stauf Umwelttechnik GmbH	Aufbereitungsanlage	Kreuzkapelle 63-65, 53804 Much	NEU	03.10.2019	02.04.2022		Bamberger Natursteinwerk Hermann Graser GmbH	
75	Steinbruch Oberlinweiler	Natursteinwerk	Am Spiermont, 66606 St. Wendel, Rheinland-Pfalz/Saarland	NEU	03.02.2019	17.01.2021		Kellheimer Naturstein GmbH & Co. KG	
85	Boden-/Bauschuttdeponie Wetschewel	Deponie	Oppelner Straße 28	NEU	05.02.2019	22.05.2022		REMONGIS GmbH & Co. KG Region West NL, Reysulth	
95	Lager Mulran	Natursteinwerk	Im Fährhafen 20, 18545 Sassnitz, Mecklenburg-Vorpommern	NEU	15.06.2019	19.02.2022		Deyering Steinbruch GmbH	
115	Werk Scharfeld	Natursteinwerk	Dolomithweg 2, 37412 Herzberg-Scharfeld, Niedersachsen/Bremen	NEU	12.03.2019	18.01.2022		Deponie für Krafteinkeinstoffe Werne-Stockum	
135	Steinverarbeitung	Natursteinwerk	Industriestraße 1, 74589 Saffeldorf, Baden-Württemberg	NEU	04.09.2019	18.04.2021		Arweiler GmbH & Co. KG Sand-, Kies- und Hartsteinwerke	
155	Rhein-Ruhr-Recycling GmbH	Aufbereitungsanlage	Im Giesdreieck, 41460 Neuss	NEU	03.02.2019	09.01.2021		Schwefelmeier KG Steinbruchbetriebe-Baustoffe-Transporte-Recycling	
165	Baustoffe und Recycling H.P. Kaiser GmbH	Aufbereitungsanlage	Otto-Hahn-Straße 13-15, 41515 Grevenbroich	NEU	03.10.2019	29.08.2022		Glöckel Natursteinwerk GmbH	
175	Werk Hülsen	Natursteinwerk	Hauptstraße 26, 75031 Eppingen-Mühlbach, Baden-Württemberg	NEU	06.07.2019	30.01.2022		Feicht GmbH & Co. KG	
185	Schotterwerk Böhmischbrunn	Natursteinwerk	Tämnelsberger Straße 15, 92648 Böhmischbrunn, Bayern	NEU	09.02.2019	11.11.2022		Schotterwerk Leitznitz GmbH & Co. KG	
195	Muschelkalksteinwerk	Natursteinwerk	Steinbruchweg 2, 74541 Völsberg-Eschenau, Baden-Württemberg	NEU	29.05.2019	26.08.2021		Stoiz - Effiker Qualitätsbaustoffe	

Abbildung 7: Projektübersicht

In der Projektübersicht definiert der User zudem die Parameter Körnung und Einbauklasse, die in der nachfolgenden Abbildung dargestellt sind.

The image shows two side-by-side web forms with yellow headers. The left form is titled 'Neue Körnung hinzufügen' and contains a list of grain sizes (Körnung) with corresponding material assignments (Materialien). The right form is titled 'Neue Einbauklasse hinzufügen' and contains a list of construction classes (Einbauklasse) with corresponding material assignments (Materialien). Both forms have a '+ Körnung hinzufügen' or '+ Einbauklasse hinzufügen' button at the bottom, along with 'Abbrechen' and 'Speichern' buttons.

Form	Parameter	Value	Materialien
Neue Körnung hinzufügen	Körnung	0/2	Stein, Schotter
	Körnung	0/4	Stein, Schotter
	Körnung	0/8	Stein, Schotter
	Körnung	4/8	Stein, Schotter
	Körnung	22/32	Stein, Schotter
	Körnung	0/45	Stein, Schotter
	Neue Einbauklasse hinzufügen	Einbauklasse	Z0
Einbauklasse		Z1.1	Sand
Einbauklasse		Z2	Sand

Abbildung 8: Körnung und Einbauklassen

Dort definiert der User eine Einbauklasse/Körnung und ordnet diesem Parameter Materialien zu, die diese Spezifikation haben können. So wird beispielhaft eine Körnung mit dem Wert 0/2 erstellt. Diesem Wert werden die Materialien Stein und Schotter zugeordnet. Somit kann anschließend das Material Stein/Schotter mit einer Körnung 0/2 verplant werden. Analog funktioniert der Vorgang für die Definition der Einbauklassen. Der User trägt eine Bezeichnung ein und ordnet auch hier ein oder mehrere Materialien zu. Die Materialien sind aktuell in der Datenbank hinterlegt und können nicht individuell angelegt werden, da aus den ersten Analysen hervorging, dass Synergien zwischen Materialien und Schichten vorliegen. Die Materialien belaufen sich dabei auf die in Arbeitspaket 1 dargestellten Informationen.

Neben dem Material, der Einbauklasse und der Körnung war die Verfügbarkeit ein essenzieller Parameter, der für die Projekt- und Routenplanung ausschlaggebend ist. Dies ist ein weiterer Grund, warum sich celano für eine eigenständige Projektverwaltung entschieden hat. Die Verfügbarkeiten sowie der Parameter Schichten werden beim Anlegen eines Projektes direkt mit geplant. Für die Planung dieser und weiterer Projektinformationen dient die nachfolgende Darstellung „Neues Projekt“.

Neues Projekt
×

1

Projektdaten

Projektnummer *
21.437-P0017

Projekttyp
Brückenbau

Projektstatus
Neu

Projektstart *
1.9.2021

Projektstandort *
Im Blankenfeld 8, 46238 Bottrop, Deutschland

2

Materialplanung

Projektname *
DigiMin

Projektleiter
Thilo Grollmann

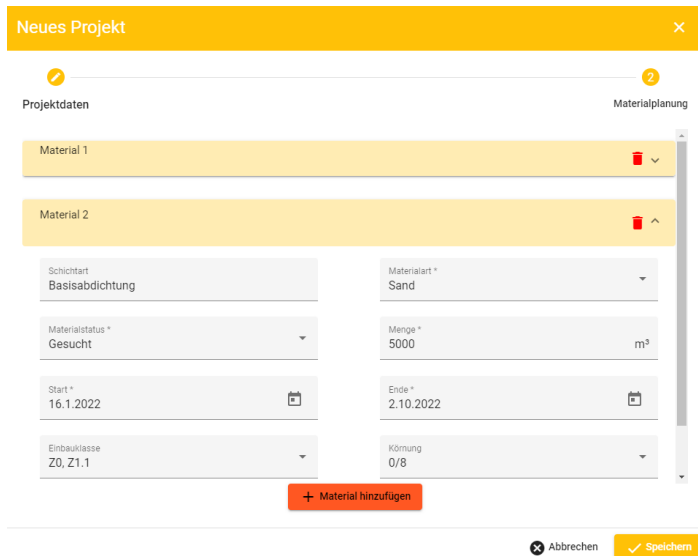
Priorität
Normal

Projektende *
9.2.2024

Beschreibung

Abbildung 9: Anlegen eines neuen Projektes

Im ersten Schritt wählt der User die relevanten Projektdaten aus. Neben einigen allgemeinem Informationen definiert er hierzu zum einen den Projektzeitraum und den Projektstandort. Diese Informationen sind vor allem für die spätere Material- und Routenplanung fundamental. Über den Standort wird in der Kartenansicht die Location (über eine Markierung) dargestellt. Zudem gibt der Projektzeitraum an, über welchen Zeitraum das Projekt verläuft und dementsprechend Materialien verfügbar sind bzw. benötigt werden. Anschließend wird in die Materialplanung gewechselt, wo die einzelnen Schichten und Materialien mit den dazugehörigen Verfügbarkeiten und Spezifikationen ausgewählt werden können.



Neues Projekt

Projektdaten

Materialplanung

Material 1

Material 2

Schichtart
Basisabdichtung

Materialart *
Sand

Materialstatus *
Gesucht

Menge *
5000 m³

Start *
16.1.2022

Ende *
2.10.2022

Einbauklasse
Z0, Z1.1

Körnung
0/8

+ Material hinzufügen

Abbrechen Speichern

Abbildung 10: Relevante Projektdaten

Anschließend kann die Projektplanung (Baustellenplanung) abgeschlossen werden.

Das weitere Vorgehen findet im zweiten zentralen Element, der Kartenansicht statt. Auch hier wurden einige Optimierungen vorgenommen. Zunächst ist für die Darstellung der GIS-Daten ein dynamisches Markierungscluster implementiert worden. Somit werden anfangs die Daten in einem gemeinsamen Cluster angezeigt. Beim Zoomen werden dann die Daten immer weiter aufgelöst, so dass die verschiedenen Datensätze angezeigt werden. Somit konnte nicht nur eine Darstellungsoptimierung in Form einer übersichtlicheren Darstellung umgesetzt werden, sondern zudem die Performance deutlich erhöht werden, da sämtliche vorhandene Datensätze nicht zeitgleich geladen werden müssen. Neben der Kartenansicht ist auf der linken Seite eine Übersicht mit verschiedenen Filtern und auf der rechten Seite eine Detailansicht des ausgewählten Datensatzes.

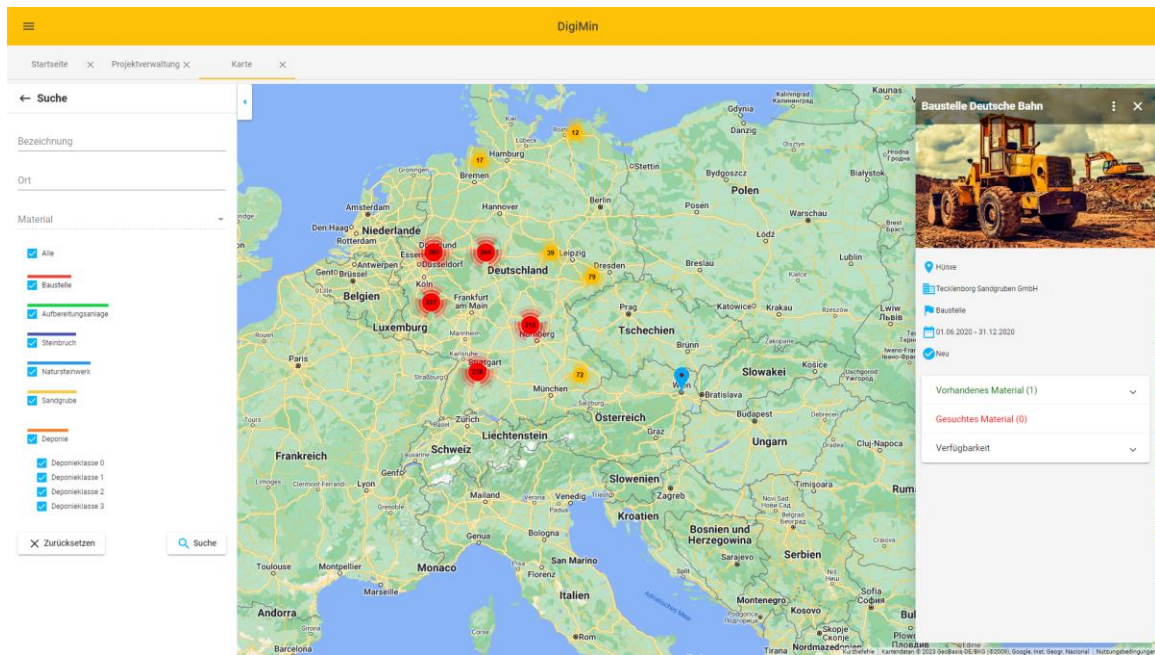


Abbildung 11: Kartendarstellung der Projekte

In der Detailansicht können die verschiedenen Materialien und deren Verfügbarkeitsstatus der eigenen Projekte eingesehen werden. Über die Funktion „Verfügbares Material“ oder „Gesuchtes Material“ kann der User anschließend die Materialplanung vornehmen. Es öffnet sich der nachfolgende Dialog.

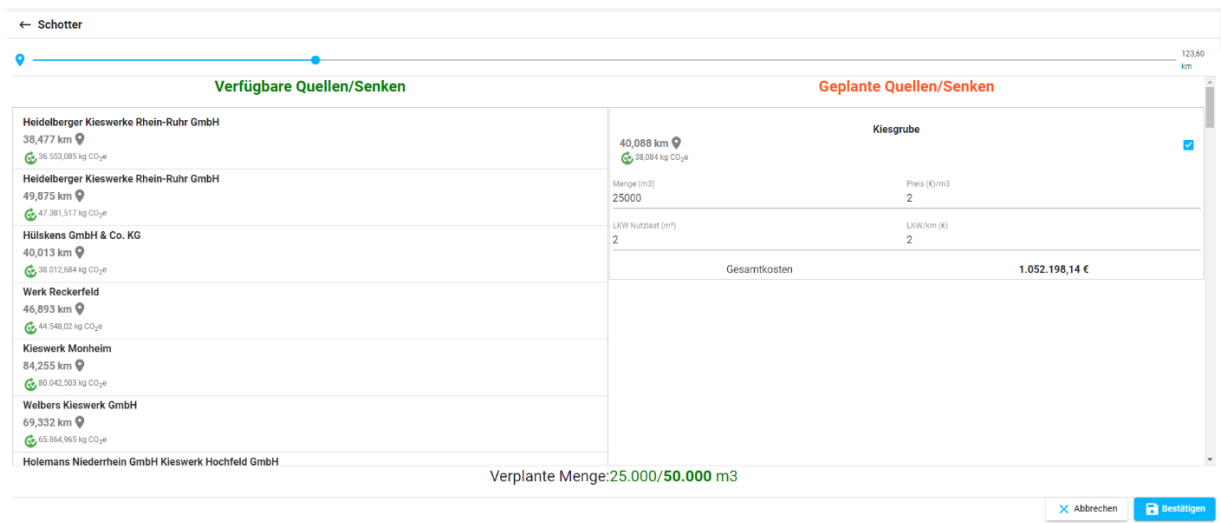


Abbildung 12: Übersicht der Quellen und Senken

Dort wird Übersicht über sämtliche Quellen und Senken sowie Projekte (links) angezeigt, die das geforderte Material in dem eingestellten km-Radius zur Verfügung haben (Verfügbarkeitsstatus: gesucht).

Die zeitliche Verfügbarkeit der Materialien wird anhand eines Gantt-Charts dargestellt.

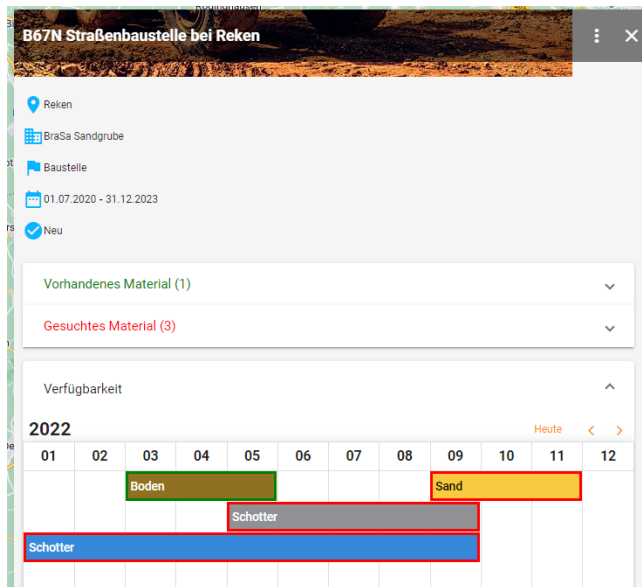


Abbildung 13: Gantt-Darstellung der zeitlichen Verfügbarkeit von Materialien

In der Übersicht ist zum einen die Entfernung und zum anderen der CO₂-Ausstoß angegeben, der pro LKW-Fahrt ausgestoßen wird. Zudem können die Kosten der Materiallieferung mit Hilfe einiger Eingaben, die uns von den Projektpartnern übermittelt wurden, berechnet werden. Diese setzen sich zusammen aus:

- Materialmenge
- Preis €/m³
- LKW-Nutzlast (m³)
- LKW-Kosten (€/km)

Die Materialmenge kann variabel eingegeben werden, da das Material ggf. von mehreren Lieferanten bezogen werden soll. Nach Abschluss der Planung wird die Routenplanung als Materialfluss in der Kartenansicht dargestellt.

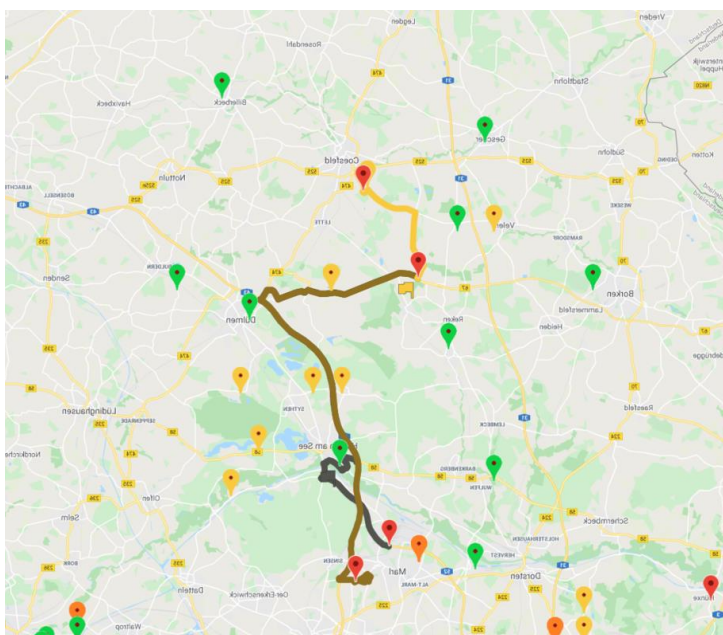


Abbildung 14: Materialflussdarstellung

Die farbliche Darstellung der einzelnen Routen gibt die unterschiedliche Materialplanung wieder. So steht beispielsweise die ockerfarbene Route für Sand.

PC-basiertes Planungstool und mobile App

Die in diesem Kapitel geschilderten Ergebnisse flossen als PC-basiertes Planungstool in eine stationäre Demonstratorversion ein. Die Bediendialoge wurden möglichst generisch gestaltet, um eine Flexibilität hinsichtlich der Umsetzung spezifischerer Anforderungen zu gewährleisten, die zum Zeitpunkt der Implementierung noch nicht zur Verfügung standen.

Die Anpassung der Darstellung an eine mobile App sowie die über die in AP 1 beschriebene Berücksichtigung von Rückmeldungen der Stakeholder konnte nicht mehr durchgeführt werden.

Im Anschluss an die Vorstellung beim Circular Economy Hotspot wurden neben Optimierungen in Bezug auf die grafische Darstellung der Standorte (zoom-sensitive Clusterung) keine weiteren Entwicklungen durchgeführt.

Damit steht ein Planungstool zur Verfügung, welches im Wesentlichen auch von Dritten zu bedienen ist und aufgrund seines generischen Ansatzes auch auf andere Anwendungsdomänen angepasst werden kann. Da es sich hierbei um eine webbasierte Applikation handelt, ist es prinzipiell möglich, dieses Tool auch als mobile App zu betreiben. Hierzu sind lediglich Layout-Anpassungen zur optimalen Darstellung und Filterung der benötigten Funktionen (nicht alle sind sinnvoll) auf mobilen Endgeräten notwendig. Diese wurden jedoch nicht mehr durchgeführt.

7. Arbeitspaket 7: Validierungsuntersuchungen unter Einbindung der assoziierten Partner

Mit diesem Arbeitspaket konnte nicht mehr begonnen werden.

8. Arbeitspaket 8: Interne und externe Wirkungsanalyse (Begleitanalyse)

In diesem AP hat celano keine Tätigkeiten

9. Arbeitspaket 9: Untersuchung rechtlicher und normativer Fragen

In diesem AP hat celano keine Tätigkeiten

10. Arbeitspaket 10: Projektmanagement, Austausch mit Stakeholdern und Verbreitung

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes hat celano in Form von monatlichen Koordinierungstreffen der internen Bereiche und ebenso an den Projektleitertreffen mit den Kooperationspartnern mitgewirkt.

Um die assoziierten Partner der Baubranche detailliert über das Projekt sowie die am Projekt beteiligten Kooperationspartner zu informieren, wurden im März zunächst drei Online-Präsentationsveranstaltungen angeboten und durchgeführt.

Im April schlossen sich drei Workshops mit interessierten Unternehmen an. In diesen Workshops wurden die Anforderungen und Ziele des Projektes noch einmal detailliert erläutert und diskutiert. Mit Hilfe eines ausführlichen Online-Fragebogens konnte ein erstes Feedback von den Unternehmen eingeholt werden. Federführend bei der Organisation der Treffen war der Projektpartner Ingenium. celano hat hierbei im Wesentlichen bei der Erstellung der Präsentation, der Fragebögen, des Teasers sowie bei der Durchführung mitgewirkt.

Teilnahme am Circular Economy Hotspot 2022

Zur Verbreitung und Bekanntmachung des Projektes, auch gegenüber einem internationalen Publikum, kann die Teilnahme am Circular Economy Hotspot 2022, CEH 2022¹ im September 2022 in Bottrop, sicherlich als besonderes Highlight gewertet werden.

Seit 2016 wird der CEH als jährlicher Gipfel veranstaltet, zu dem weltweit renommierte Experten und Delegierte aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und öffentlichen Initiativen der Kreislaufwirtschaft zusammenkommen. Nach den Niederlanden, Luxemburg, Schottland, Belgien und Spanien fand das Treffen 2022 zum ersten Mal in Deutschland statt. Unterstützt wurde es vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie.

Neben den ersten beiden Tagen bot sich insbesondere die Konferenz am 14.9.2022 an, das DigiMin-Projekt vorzustellen. Den Auftakt bildeten die Grußworte der Ministerin für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie sowie stellvertretenden Ministerpräsidenten des Landes NRW Mona Neubauer und des Oberbürgermeisters der Stadt Bottrop, Bernd Tischler. Ebenso wie der Oberbürgermeister, konnte sich auch der anwesende Minister für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Oliver Krischer bei einem Gang über die Ausstellung über die Leistungsfähigkeit der ausstellenden Forschungseinrichtungen und Unternehmen informieren.

Zur Präsentation des DigiMin-Projektes war celano mit einem Stand auf der Ausstellungsfläche vertreten. Darüber hinaus konnten wir das Projekt im Rahmen eines Pitch präsentieren. Zur Veranschaulichung und Demonstration wurde der weiterentwickelte DigiMin-Teaser am celano-Stand dem interessierten Fachpublikum live vorgeführt.

¹ <https://www.circularhotspot.nrw>

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Personalkosten

Die im Rahmen des Projektes angefallenen Kosten belaufen sich im Wesentlichen auf Personalkosten, der am Projekt beteiligten Mitarbeiter der celano GmbH. Diese sind angefallen für:

- die Vor- und Nachbearbeitung der Online-Seminare und Workshops mit den assoziierten Partnern
- Recherche, Konzeptentwicklung, Programmierung
- Teilnahme inkl. Vor- und Nachbereitung des Circular Hotspots
- Teilnahme inkl. Vor- und Nachbereitung von internen und externen Projektbesprechungen

Reisekosten

Außer den im Nachweis angegebenen Reisekostenbetrag für die Teilnahme am Circular Hotspot, sind keine weiteren förderfähigen Reisekosten aufgrund von Projektreisen angefallen.

Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die durchgeführten Arbeiten bauten, wie in den Arbeitspaketen beschrieben, mit ihren Ergebnissen aufeinander auf und waren zur Erzielung der Ergebnisse notwendig und angemessen. Die Arbeiten wurden von hochqualifizierten Mitarbeitern von celano gemäß Planung erfolgreich durchgeführt und hätten ohne die stattgefundene Förderung der Personalkosten nicht geleistet werden können. celano verschafft sich durch die gewonnenen Erkenntnisse einen merklichen Wissensvorsprung im Bereich der IT-gestützten Kreislaufwirtschaft.

Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses

celano ist sehr stark mit Akteuren im Bereich der Circular Economy in der Region Rhein-Ruhr vernetzt. Zu nennen sind hier z. B. das Prosperkolleg in Bottrop oder die Initiative "transform to zero" (<https://www.transform-to-zero.de>). Durch die Teilnahme an Konferenzen, Workshops und Ausstellungen (auch durch das DigiMin-Projekt initiiert) konnten weitere Kontakte geknüpft werden, die zu neuen Aktivitäten geführt haben. Wir gehen davon aus, dass dadurch die Anschlussfähigkeit der Projektergebnisse weiter erhöht wird.

Dazu gehören z. B. Ansätze im Bereich Zirkularwirtschaft zur Optimierung der Produktion und damit verbundener Transportwege. celano sieht hier eine gute Anschlussmöglichkeit, die ersten im DigiMin-Projekt gemachten Untersuchungen zur Optimierung mittels Graphentheorie zusammen mit den evolutionären Algorithmen und KI-Ansätzen weiter zu entwickeln und auch abseits der Bauwirtschaft einzusetzen.

So unterstützt celano, basierend auf den im Vorhaben gewonnen Ergebnissen, das Projekt „Circular Performer Emscher-Lippe“, welches in der ersten Runde des Projektaufrufs „Regio.NRW – Transformation“ aus dem EFRE/JTF-Programm NRW 2021-2027 zur Förderung empfohlen wurde (<https://www.land.nrw/pressemitteilung/land-und-eu-unterstuetzen-projekte-zur-regionalen-entwicklung-und-transformation>). Ziel dieses Projektes ist es, zu einer Schließung von Stoff- und Energiekreisläufen beizutragen.

Auch für die Bestrebungen seitens der EU, einen digitalen Produktpass einzuführen, sieht celano gute Einsatzmöglichkeiten, die Ergebnisse einer sicheren cloud-basierten Datenhaltung, in neue innovatorische Entwicklungen einfließen zu lassen. Die gewonnen Erkenntnisse sollen so z. B. nahtlos in ein geplantes F&E-Projekt im Rahmen des EU-JTF-Förderprogramms, welches gemeinsam mit dem Prosperkolleg Bottrop, dem Wuppertal Institut, der Hochschule Ruhr-West sowie weiteren Partnern aus der Industrie einfließen. Der Projektstart ist hierbei für Ende 2023 geplant.

Neben dieser im Projekt angedachten Verwertung sieht celano zudem ausgezeichnete Möglichkeiten, eines Transfers der cloud-basierten Datenarchitektur für die Verwendung der im eigenen Haus entwickelten Zeiterfassungs- und Personalmanagementlösung „tam^{®plus}“. Ein wesentlicher Aspekt bei dieser cloudbasierten Anwendung ist auch hier die sichere Trennung der Daten unterschiedlicher Mandanten (Mandantenfähigkeit). Dies gelingt zurzeit nur mit sehr hohem technischem Aufwand (eigene (virtuelle) Server/Datenbanken bei Providern) und dem damit verbundenem hohen Kostenaufwand. Mit dem im Projekt gewonnenen Erkenntnissen im Bereich cloudbasierter Datenstrukturen verspricht sich celano eine wesentlich schlankere Serverstruktur und damit verbunden weniger Ressourcen- und Wartungsaufwand sowie eine schnellere Implementierung neuer Instanzen und Mandanten.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Ein Fortschritt bei anderen Stellen an der von unserem Teilprojekt aufgeworfenen Fragestellungen ist uns nicht bekannt geworden.

Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF

- September 2022: Präsentation eines Demonstrators sowie Präsentation des Projektes und der Zwischenergebnisse auf dem Circular Economy Hotspot 2022 in Bottrop. (s. Ausführungen zum AP 10)
- Nach Abschluss des Projektes:
 - Die Ergebnisse werden in Form des sachlichen Gehalts des Sachberichts als Download auf der Internetseite der celano GmbH www.celano.de entgeltfrei als pdf-Datei zur Verfügung gestellt.
 - Veröffentlichung des geeigneten Schlussberichts sowie des Kurzberichts als pdf-Datei unter „1-BMBF-Fkz-01LY2104B“ in der Technischen Informationsbibliothek Hannover