



# q.trees

## Schlussbericht

## Quantified Trees

### Intelligente Bewässerungsvorhersage für Stadtbäume

*Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages*

[qtrees.ai](http://qtrees.ai)

#### Konsortiumspartner

- Technologiestiftung Berlin
- Birds on Mars GmbH

#### Projektpartner

- Straßen- & Grünflächenamt Berlin-Mitte

#### Assoziierte Partner

- Straßen- und Grünflächenamt Berlin-Neukölln
- ARBOR Revital GmbH

#### Förderprogramm

„Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel“ vom 02. Mai 2019 der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)

#### Förderschwerpunkt 3:

Kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen

#### Laufzeit

01.10.2021 bis 30.09.2023 (24 Kalendermonate)

Fördergeber:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

Förderträger:



Zukunft  
Umwelt  
Gesellschaft

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen.....</b>	<b>3</b>
1.1	<i>AP 1: Projektmanagement.....</i>	3
1.2	<i>AP 2: Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit &amp; Community Management .....</i>	4
1.3	<i>AP 3: Anforderungsanalyse und Produktbeschreibung.....</i>	5
1.4	<i>AP 4: Prüfung Sensorik.....</i>	8
1.5	<i>AP 5: Technische Konzeption und Architektur von Systemen und Software.....</i>	11
1.6	<i>AP 6: Datenexploration und Modellierung .....</i>	12
1.7	<i>AP 7: Softwareentwicklung Backend.....</i>	15
1.8	<i>AP 8: Softwareentwicklung Frontend.....</i>	16
1.9	<i>AP 9: Abschlussdokumentation &amp; Verstetigung .....</i>	17
<b>2</b>	<b>Vergleich des Ergebnisses mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeitszeit- und Ausgaben-/Kostenplanung .....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>Verstetigung der Vorhabenergebnisse .....</b>	<b>20</b>
4.1	<i>Erkennbare Verwertungsmöglichkeiten der Vorhabenergebnisse (bspw. im Rahmen von Veröffentlichungen) .....</i>	21
4.2	<i>Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) .....</i>	22
4.3	<i>Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont).....</i>	22
4.4	<i>Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....</i>	23
<b>5</b>	<b>Internetdarstellung des Projektes und Link zum „KomPass Tatenbank“-Eintrag .....</b>	<b>23</b>
5.1	<i>Internetdarstellung des Projektes .....</i>	23
5.2	<i>Tatenbank-Eintrag .....</i>	23
<b>6</b>	<b>Anhang - Meilensteinplan .....</b>	<b>24</b>

# 1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen

## 1.1 AP 1: Projektmanagement

Verantwortlichkeit: Technologiestiftung Berlin	Beginn: M1	Ende: M24
--	------------	-----------

Zum Start des Projektes am 01. Oktober 2021 hat die Technologiestiftung Berlin (kurz: TSB) zunächst den Fokus auf die Bereitstellung **zentraler Werkzeuge** für die Verzahnung der täglichen Arbeit innerhalb des Konsortiums gelegt. So wurden Dienste für die verschlüsselte cloudbasierte Speicherung und kollaborative Zusammenarbeit in Echtzeit, sowie Dienste für eine schnelle, virtuelle Kommunikation und Dienste für die agile Produktentwicklung gemäß dem SCRUM-Ansatz, sowie ein *Tool für das übergreifende Projektmanagement und der Dokumentation von Soll- und Ist-Vergleich* für die **Erfolgskontrolle der einzelnen Deliverables und Ziele je Arbeitspaket** eingerichtet. Alle Dienste wurden sowohl von der Technologiestiftung Berlin als auch von den Birds on Mars (kurz: Birds), nachfolgend Konsortium genannt, für das operative Management und Controlling der Deliverables je Arbeitspaket genutzt. Einen Monat nach dem initialen Set-Up, am 09. November, veranstaltete die TSB eine **Kick-Off Veranstaltung**, um neben der Vorstellung des Projektes vor allem auch Synergieeffekte zwischen bereits abgeschlossenen und laufenden Projekten der anwesenden Akteure zu identifizieren. Als Gäste haben neben dem Konsortium und dem offiziellen Projektpartner (Straßen- und Grünflächenamt Berlin Mitte), auch das Pflanzenschutzamt Berlin sowie der BUND Berlin teilgenommen. Durch den Termin wurde das Grundverständnis des komplexen Wirkungsgefüges "Bewässerung Stadtbaum" geschärft und der Grundstein für die nachfolgende Kooperation mit dem SGA Berlin Mitte und deren Anbieter für Baumsensorik ARBOR Revital gelegt.

Neben diesem ersten Kennenlernen wurden im Laufe des Projektes zahlreiche weitere, teils virtuelle, teils analoge Abstimmungstermine mit den Projektbeteiligten durchgeführt. Für die ersten Monate des Projektes stand die Vernetzung mit Akteuren von bereits vorhandenen Projekten, Arbeitsgruppen und die Recherche von wissenschaftlichen Lösungsansätzen im Vordergrund. Im Zuge der intensiven Auseinandersetzung mit Themen wie "Trockenstress bei Bäumen", "Umweltsensortechnik", "Grün Blaue Infrastruktur Stadt" und "Baumvitalität" wurde eine Vielzahl an Kontakten geknüpft. Der Kontakt zur HCU in Hamburg, welche das SIK-Entwicklungskonzept im Zuge der DAS Förderung erstellt hat, konnte trotz mehrfacher Anfragen leider nicht hergestellt werden. Abschließend kann diese intensive Vernetzungsphase jedoch als erfolgreich bewertet werden, da sie einen Gesamtüberblick über die Akteurslandschaft innerhalb von Berlin, aber auch Deutschland gegeben, den Erfahrungsaustausch ermöglicht hat und schließlich richtungsweisend für die Auswahl der Parameter für das Vorhersagemodell (kurz: VH-Modell) war.

Zu den wohl wichtigsten Treffen gehörte dabei eine Baumbegehung in Berlin Neukölln im April 2022 mit der Firma ARBOR Revital und dem Straßen- und Grünflächenamt Berlin Neukölln, welche nachfolgend zu einer erfolgreichen Kooperation und Eingliederung beider Akteure in das Projektvorhaben führte. Anfang Juni 2022 wurde die Zusammenarbeit vertraglich und damit offiziell bestätigt und ebnete den Weg für die sensorbasierte Interpretation und Analyse der Wasserversorgung von Stadtbäumen.

Des Weiteren kamen zu einem gemeinsamen Schulterblick am 23. November 2022 nochmals alle Projektpartner zusammen, um die Weichen für 2023 zu stellen. Im letzten Jahr des Projektes intensivierte sich die Zusammenarbeit innerhalb des Konsortiums für die Koordination der Fertigstellung des VH-Modells sowie Modul 1 und 2. Der regelmäßige Austausch mit den SGAs Mitte und Neukölln half darüber hinaus, bedarfsgerechte Iterationen für die Web-Anwendungen vorzunehmen und diese somit für einen zukünftigen Einsatz stetig zu verbessern. Auch die Kooperation mit der IM NORDEN GmbH und dem Bezirksamt Treptow-Köpenick für einen Testlauf des VH-Modells wurde im Rahmen dieses Arbeitspaketes koordiniert (siehe Abschnitt zu AP4). Bereits während der Arbeiten an den Prototypen hat das Konsortium darüber hinaus Gespräche für eine eventuelle Verstetigung von Modul 1 (VH-Modell und dynamisches Monitoring-Tool) sowohl mit der Berliner Verwaltung als auch mit anderen, interessierten Kommunen initiiert und durchgeführt. Der aktuelle Stand zum Thema Verstetigung lässt sich unter Punkt 4 "Verstetigung der Vorhabenergebnisse" nachlesen. Abschließend kann gesagt werden, dass das Projekt zielführend koordiniert und damit die Umsetzung des AP1 erfolgreich war.

## 1.2 AP 2: Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit & Community Management

Verantwortlichkeit: Technologiestiftung Berlin	Beginn: M3	Ende: M22
--	------------	-----------

Unter der Zweckmäßigkeit des Förderschwerpunktes 3, sind die Kommunikation nach außen und die öffentlichkeitswirksame Vernetzungsarbeit und der damit einhergehende Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen von besonderer Bedeutung für das Projekt QTrees. Kurze Zeit nach Projektstart hat die TSB daher eine eigene **Projektwebsite**, sowie den dazugehörigen Blog unter [www.qtrees.ai](http://www.qtrees.ai) eingerichtet, um Projektstruktur, Zielsetzung, sowie Neuigkeiten niedrigschwellig nach außen zu kommunizieren und aktuelle Informationen zum Projekt schnell verfügbar zu machen. Des Weiteren wurde **ein Pressekit** (Steckbrief, Logo, Key Visual) erstellt und für **Anfragen von und an externe Akteure** im Netzwerk "Stadtbaum" genutzt. Bis September 2023 konnten über 60 Kontakte in Wissenschaft, Stadtverwaltung und Wirtschaft geknüpft werden, wobei vereinzelte Kontakte über Neuigkeiten im Projekt per **E-Mail-Verteiler** informiert wurden.

Das Projekt QTrees wurde im Rahmen von deutschsprachigen, aber auch englischsprachigen Vorträgen, Konferenzen, einem Podcast und in Lehr- und Informationsveranstaltungen immer wieder **öffentlichkeitswirksam nach außen kommuniziert**. Vor allem im Sommer/Herbst 2022 sowie Frühling/Sommer 2023 wurde hier ein Schwerpunkt gelegt, sodass das Team das Projekt 2022 u.a. bei der TU Berlin, der HTW Berlin, der Bits und Bäume Konferenz und der Smart Country Convention in Berlin sowie der Smart City World Expo in Barcelona vorgestellt hat. Auch 2023 war das Projekt auf unterschiedlichsten Veranstaltungen und Konferenzen vertreten, so z.B. bei der LABissage im CityLAB Berlin, der FOSSGIS, bei dem Vernetzungstreffen der Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities der Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH sowie der KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz, dem CityLAB Kiezlabor und auf dem Sommerfest des Z/KU. Neben Vorträgen und Workshops eignete sich QTrees auch für den Austausch mit Lehre und Forschung, sodass das Projekt in diversen Gastvorlesungen, Vorträgen und Keynotes national und international vorgestellt wurde. Herauszuheben ist hier

die Climate Change AI Summer School mit über 6.000 virtuell Teilnehmenden. Auch in einer Masterarbeit und Doktorarbeit wurde das Projekt als Fallstudie genutzt (siehe Anhang A, Integration in Lehre und Forschung). Des Weiteren wurde zusätzliches Material für die öffentlichkeitswirksame Kommunikation des Projektes erstellt, so z.B. im CityLAB Newsletter, die sogenannten [Stories](#) und Besprechung der App Baumblick (Modul 2) im Rahmen des [CityLAB Audioguide](#), sowie ein [best practice Beitrag](#) der KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz.

Generelles Interesse an dem Projekt und damit einhergehende **Presseanfragen** nahmen verstärkt im Frühjahr 2023 mit der Fertigstellung der Prototypen zu. Hier sind Beiträge für den rbb, tipBerlin und Radio RF1 zu nennen. Alle Auftritte wurden durch **Social Media Postings** begleitet. Begleitend zu den projekt-eigenen Kommunikationskanälen wurden auf der Website der Technologiestiftung Berlin eine [Projektwebsite](#), ein [Blogartikel](#) und ein [Interview](#) verfasst. Auch bei den Birds on Mars wird ein Projektsteckbrief geführt und es wurden diverse Beiträge im [LinkedIn](#)- und [Instagram](#)-Auftritt der Birds on Mars verfasst. Auch auf Meetups zum Thema KI und Nachhaltigkeit wurde das Thema bei den Birds on Mars der Öffentlichkeit vorgestellt und wird in einem [Comic Essay](#) zu KI und Nachhaltigkeit aufgeführt.

Im Sinne der weiteren Vernetzung zwischen den unterschiedlichen Akteursgruppen wurden während der Projektlaufzeit Erfahrungen und Wissen mit folgenden Partnern und anderen Projekten ausgetauscht: TreeCoop (Essen), NuTree (Osnabrück), HPI (Potsdam), Grünflächenamt Frankfurt, LiveEO (Berlin), Plantobelly (Lübeck), Halletrees (Halle/Saale), Albosys (Tel Aviv), 22grounded (Berlin), Greenmaker.org (Ukraine). Insgesamt ist und war das öffentliche sowie das fachliche Interesse an dem Projekt groß, was im Zuge dieses Arbeitspaketes viele Beiträge, Material und weiteres Fachwissen zur Verbesserung des VH-Modells sowie Modul 1 und 2 hervorgebracht hat.

### 1.3 AP 3: Anforderungsanalyse und Produktbeschreibung

Verantwortlichkeit: TSB & Birds on Mars	Beginn: M1	Ende: M6
---	------------	----------

In einem Zeitraum von sechs Wochen, beginnend im Mai 2022, wurden insgesamt sechs Experteninterviews zu je 60 Minuten von je einem Interviewer und einem Beobachter in Form von **Design-Workshops** durchgeführt, um die **fachlichen Anforderungen an das Produkt**, zunächst das Experten-Dashboard (Modul 1) zu definieren. Befragt wurden Expert:innen der Bodenkunde, Arboristik und Grünflächenverwaltung, wobei alle Befragten eine mehrjährige Berufserfahrung in mindestens einem der drei Fachgebiete aufweisen konnten. Die Hauptaussagen der Befragten wurden durch die beobachtende Person direkt auf ein übergeordnetes Miro-Board übertragen, um die Auswertung aller Interviews zu vereinfachen.

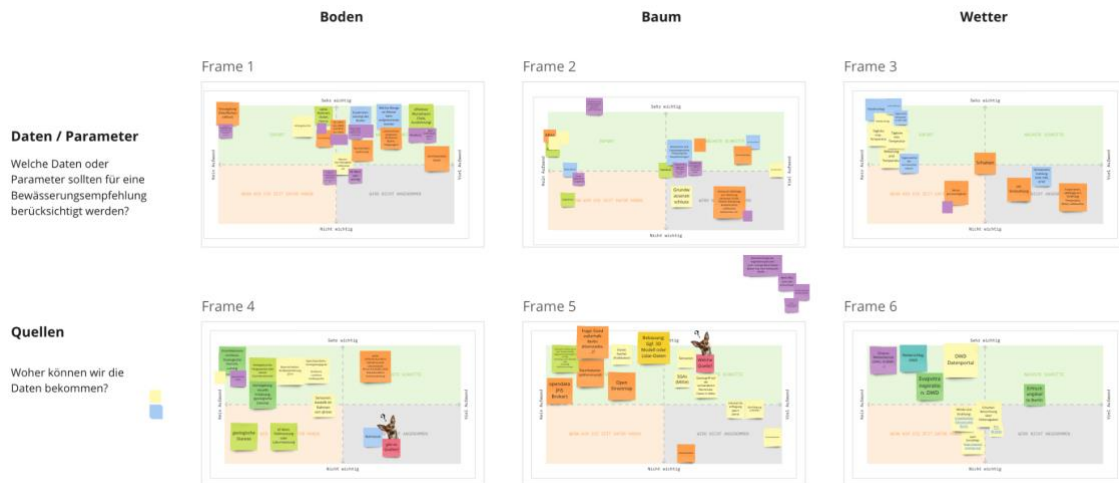


Abbildung 1: Expert:innen-Einschätzungen zur Eignung der Baumparameter (Miro-Board)

Darüber hinaus wurde im Mai 2022 ein Workshop mit der Zivilgesellschaft organisiert, um Einblicke in die Motivation der Baum-Gießer:innen Berlins, ihre Organisation sowie Hindernisse und Wünsche besser zu verstehen. Die Ergebnisse des Workshops wurden für die Formulierung der Anforderungen für Modul 2, der Teilnehmungsplattform, verwendet. Als wesentliche Bedarfe wurden hier ein **Ampelsystem für die Visualisierung der aktuellen Wasserversorgung** von Berlins Stadtbäumen, sowie eine leichte **Aufbereitung von zusätzlichem Fachwissen** rund um das Thema Bewässerung und Baumvitalität festgehalten - beides wurde im aktuellen Prototypen Baumblick (Modul 2) umgesetzt. Aus beiden Formaten erstellte die TSB schließlich die **Produktbeschreibung und Zielgruppendefinition** je Modul, sowie **Nutzungsszenarien und Pressemeldungen zum fiktiven Launch** für Experten-Dashboard und Baumblick.

Die Entwicklung des Prototypen Baumblick ([www.baumblick.qtrees.ai](http://www.baumblick.qtrees.ai)) ist abgeschlossen. Die Anwendung ist eine Informations- und Teilnehmungsplattform für die Stadtgesellschaft, die einen Ein- und Ausblick in den Zustand und die Wasserversorgung der Stadtbäume Berlins gibt, für das Thema sensibilisiert und dazu einlädt, aktiv zu werden bspw. durch die Meldung von Schäden oder Missnutzung von Baumscheiben. Dabei findet man auf der Startseite zunächst ein interaktives Scrollytelling, das auf verständliche Art und Weise erklärt, wie Stadtbäume, urbane und klimatische Stressoren, Sensoren und Künstliche Intelligenz im Projekt QTrees zusammenkommen und bei der Anpassung an den Klimawandel helfen können.

Im Herbst 2022 sowie im Frühjahr 2023 hat die TSB zusätzliche **Endanwenderbefragungen** mithilfe von Interviewleitfäden durchgeführt, um die fachlichen und technischen Anforderungen an Modul 1 und 2 im Laufe der Entwicklungsarbeit weiter zu schärfen. Das Feedback von der Zivilgesellschaft auf der Bits & Bäume Konferenz und der Smart Country Convention wurde für eine weitere Iteration für den Prototypen Baumblick genutzt, wie z.B. eine Verbesserung der Farbskalierung des Ampelsystems, ein verständlichen Einstieg über die Startseite, die Verknüpfung zu der Teilnehmungsplattform Gieß den Kiez sowie eine vereinfachte Darstellung der Baumdetailansicht. Abweichend zur Vorhabenbeschreibung und dem **Interventionsdesign bzw. einer Erarbeitung von Handlungsanweisungen auf Basis der Vorhersagen durch Prognosen** hat sich die TSB in Abstimmung mit ihren Projektpartnern gegen die Darstellung einer konkreten Handlungsempfehlung (bspw. Gießmenge in Litern) in der App Baumblick entschieden. Gießbedarfe können individuell

stark variieren und eine professionelle Beurteilung der Saugspannung je Baum muss in erster Linie von den Straßen- und Grünflächenämtern ausgehen. Dennoch gibt es eine Weiterleitung zu der Beteiligungsplattform Gieß den Kiez ([www.giessdenkiez.de](http://www.giessdenkiez.de)) des CityLAB Berlin, die dazu die Nutzer:innen von Baumblick ermutigt in starken Dürre- und Hitzeperioden die Verwaltung mit zusätzlichen Gießungen zu unterstützen.

Der Austausch mit der Zielgruppe war ebenfalls hilfreich, um weitere Ideen für die Anwendung von Baumblick (Modul 2) anzudenken, sowie z. T. auch wieder zu verwerfen. Demnach wurden die Ideen für ein User-Login, sowie Meldungen zu geschädigten oder erkrankten Bäumen per Bild-Upload diskutiert. Das Login wurde als Idee verworfen, da der Aufwand für die Implementierung, zusätzlich notwendige Maßnahmen zum Datenschutz und Aufwand in der Anwendung auf Nutzerseite in keinem Verhältnis zum Mehrwert steht. In der aktuellen Anwendung können jedoch Meldungen gesendet werden. Die Möglichkeit eines Bild-Uploads wurde vor dem Hintergrund diskutiert, dass Meldungen zu erkrankten oder geschädigten Bäumen durch Grünflächenamt-Mitarbeiter besser eingeschätzt werden können. Der technische Aufwand (Speicherung der Fotos, Sicherheitskonzept und Qualitätskontrolle) stand aber in keinem Verhältnis zur bisherigen Nutzerbasis. Das Feature wurde insbesondere auch im Austausch mit den SGAs als (noch) nicht notwendig angesehen.

Die Fertigstellung von Modul 1 ist im Frühjahr 2023 erfolgt. Entstanden ist ein passwortgeschütztes Experten-Dashboard (<https://dashboard.gtrees.ai>), welches relevante Informationen rund um Berlin Straßenbäume, sowie die Saugspannungsvorhersage für jeden Baum visualisiert und den Grünflächenämtern schließlich als Entscheidungshilfe bei der bedarfsgerechten Bewässerung von Straßenbäumen dienen soll. Das Dashboard wird bereits in Berlin-Mitte und Berlin-Neukölln von Verwaltungsmitarbeiter:innen genutzt, könnte aber langfristig auch von anderen Bezirken oder auch Gieß-Dienstleistern verwendet werden. In beiden Fällen kann das Dashboard als Entscheidungshilfe für die Optimierung der Bewässerung von Straßenbäumen fungieren.

Auch für diese Anwendung hat die TSB eine **Endanwenderbefragung** mit den Projektpartnern (SGA Mitte und Neukölln) durchgeführt. Durch diese Interviews, die auch eine Verfestigung des ersten Prototypen beinhaltet haben, sind weitere Anforderungen entstanden, die in die technischen Sprints des Entwicklungsteams eingeflossen sind, um die Anwendung für Nutzer:innen weiter zu verbessern. So haben die SGAs Berlin Mitte und Neukölln bspw. auf folgende zusätzliche Anforderungen hingewiesen, die für eine verbesserte Nutzung des Experten-Dashboards erforderlich sind:

- Individuelle Dashboard-Ansicht pro Bezirk
- Verbesserung der Kartenansicht (Legende & Anzeige von tatsächlichen Sensoren)
- Erweiterung der Informationen im Hover, sowie Kopierfunktion der Baum-ID
- Exportfunktion für die Baumliste als CSV-Datei
- Zusätzliche Filter (Straßennamen, Hausnummer, Standortnummer)
- Verbesserung der Baumdetailansicht durch zusätzliche Wettervorhersage

All diese Punkte wurden für den aktuellen Prototypen des Experten-Dashboards umgesetzt.

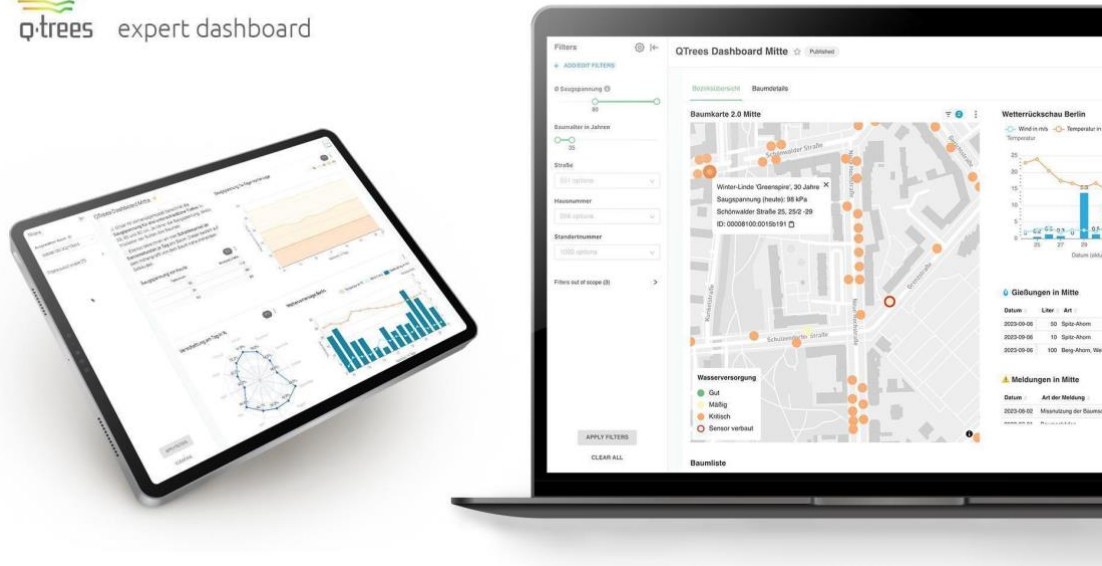


Abbildung 2: Responsives Experten-Dashboard v.1.n.r.: Baumdetailansicht, Bezirksübersicht; TSB

Dabei ist das Dashboard unterteilt in eine Bezirksübersicht und eine Baumdetailansicht. In der Bezirksübersicht ist eine Karte zu sehen, die alle Stadtbäume verortet und die wichtigsten Bauparameter inklusive des aktuellen Stands der Wasserversorgung anzeigt. Die Kartenansicht kann gefiltert werden nach Saugspannungswert und Baumalter und -art, sowie auf Straßennamen, Hausnummer, und Standortnummer der Bäume. Darüber hinaus zeigen weitere Module eine Wetterrückschau, letzte Gießungen und Meldungen zu den Bäumen und eine Liste aller ausgewählter Bäume. Der zweite Reiter, die Baumdetailansicht, zeigt die prognostizierte Wasserversorgung sowie den Verschattungsindex pro Baum und eine Wettervorhersage an.

Die Fertigstellung der drei Produkte, d.h. Vorhersagemodell, Modul 1 und Modul 2 hat das Konsortium mithilfe mehrerer **Epic-Backlogs** durchgeführt, die in unterschiedlichen Sprints durchgeführt wurde. Entgegen dem Antrag wurde kein Business Model Canvas erstellt, da dieses Werkzeug im Projektverlauf nicht als sinnvoll erachtet wurde. Wie in Kapitel 4 beschrieben, wurden jedoch mögliche Geschäftsmodelle und insbesondere mehrstufige Service Level Agreements (SLAs) entwickelt.

#### 1.4 AP 4: Prüfung Sensorik

Verantwortlichkeit: TSB & Birds on Mars	Beginn: M5	Ende: M9
---	------------	----------

Zu Beginn dieses Arbeitspakets wurde zunächst evaluiert, welche Sensor-Messwerte einen möglichen Mehrwert für die Prognosekraft des Vorhersagemodells bieten. Dabei standen verschiedene Parameter wie Bodenfeuchte, Bodentemperatur, Salzgehalt des Bodens sowie der Saffluss im Baum selbst zur Debatte. Dank der Gespräche mit unserem Projektpartner (SGA Mitte), aber auch mit dem Pflanzenschutzamt Berlin wurde bereits nach nur wenigen Gesprächen die **Messung der Bodenfeuchte** als Messwert mit sehr hohem Einfluss auf die Baumvitalität eingeschätzt. Die nachgestellte **Recherche zur Sensorik** fokussierte sich



demnach vor allem auf die verschiedenen, marktüblichen Messverfahren von Bodenfeuchte-Sensoren. Dabei kann in drei große Messprinzipien unterschieden werden: (i) Messung der elektrischen Kapazität, (ii) Messung der elektrischen Leitfähigkeit bzw. des Widerstands und (iii) Messung des Unterdrucks bzw. der Saugspannung im Boden.

Bei einem gemeinsamen Gespräch mit den **Expert:innen aus dem öffentlichen Sektor (SGA, PSA, ARBOR)** hat sich die Nutzung von sogenannten Saugspannungs-Sensoren im Raum Berlin als erprobt und zuverlässig erwiesen. Dabei können die Saugspannungsmesswerte unabhängig von der Bodenart interpretiert werden, sodass als Daumenregel gilt: je höher die Saugspannung, desto trockener der Boden. Sowohl das SGA Mitte und auch Neukölln nutzen derartige Sensoren, um Feuchtigkeit einzelner Baumstandorte in drei unterschiedlichen Tiefen (30cm, 60cm und 90cm) zu messen und auf Grundlage dessen den Wasserbedarf eines Baumes einschätzen zu können. Dabei nutzen die Berliner Akteure die **Watermark-Sensoren und Daten der Firma ARBOR Revital**.



Abbildung 3: Impressionen v.l.n.r.: Baumbegehung in Neukölln, Installation Funkeinheit und Wartung; TSB

Bei einer Baumbegehung im April 2022 mit dem Fachbereichsleiter des SGA Neukölln, dem Geschäftsführer von ARBOR Revital, sowie einer weiteren Arboristin konnte sich die TSB einen tiefen Einblick in die Baumsensorik und die **Nutzung von Testdaten zur Erprobung innerhalb des Projektes** verschaffen und schließlich über die Nutzung der Sensoren innerhalb des Projekts entscheiden.

Ein großer Vorteil der Watermark-Sensoren ist deren Bauweise, welche die Dateninterpretation – auch bei unterschiedlichen Bodenarten – von Standort zu Standort ermöglicht und somit Schwellenwerte für die Bewässerung standortunabhängig abgeleitet werden können. Andere Sensoren wie bspw. Tensiometer oder volumetrisch messende Sensoren reagieren im Gegensatz zwar etwas schneller auf Änderungen in der

Bodenfeuchtigkeit, sind aber nur im Zusammenspiel mit der Bodenart interpretierbar. Da die Böden in Berlin durch Trümmerschutt, Rohre oder Verwerfungen von Baustellen sehr divers sind, begegnen Bäume im exakt gleichen Straßenzug oftmals sehr unterschiedlichen Bedingungen. Der Watermark-Sensor wiederum erlaubt durch die Nutzung einer Granulat-Kammer eine standortunabhängige und somit skalierbare Extrapolation der Daten. Der Watermark Sensor ist somit der ideale Sensor besonders für große Flächen, d.h. Städte mit vielen Bäumen wie Berlin (~900.000 Stadtbäume). Neben der Aussagekraft der Messwerte war schließlich auch der automatisierte Datenzugang per API sowie die Menge an möglichen Datenpunkten ein entscheidendes Kriterium für die Nutzung dieser Sensoren.

Aufgrund seiner guten Interpretationsfähigkeit und Skalierbarkeit nutzt das VH-Modell die Saugspannung als Zielgröße. Demnach berechnete das Vorhersagemodell mit Hilfe der realen Saugspannungswerte eine möglichst genaue Vorhersage für die Saugspannung für alle Bäume Berlins – selbst für Bäume ohne Saugspannungs-Sensor.

Analysen der Datenqualität haben gezeigt, dass die Arbeit mit Rohdaten pro Baum nicht praktikabel ist, da die Datenqualität der Sensoren nicht ausreichend gegeben ist. In Absprache mit ARBOR Revital wurde für die erste Iteration der Prototypenentwicklung ("Proof of Concept") auf die Aggregation durch Mittelwertbildung pro Gegebenheit, d.h. Gruppierungen von 3-5 ähnlichen Bäumen, gesetzt. Im Laufe des Projekts und der Datenanalyse für die Entwicklung der zweiten Iteration des Prototyps wurde der Prozess der Datenvorverarbeitung durch Birds on Mars überarbeitet. Ziel war die Erstellung eines kuratierten Trainingsdatensatzes für das Modelltraining, in dem möglichst viele Daten hoher Qualität erhalten bleiben, und eine Vorverarbeitung für die Vorhersagephase (Inferenz), die robust gegenüber fehlerhaften Eingabedaten ist. Die Aggregation mit einem Mittelwert erwies sich als zu unzuverlässig, da häufig einige Sensoren der Gruppe unrealistische Werte aufweisen und somit nicht mehr als Ausreißer identifiziert werden können. Andere Aggregationen wie Minimum oder Median führten ebenfalls nicht zu robusten Ansätzen. Außerdem werden so viele gute Daten nicht genutzt, da in einer Gruppe oft mehrere Bäume mit guten Daten vorhanden sind, die in ein Modell einfließen können. Weiterhin sind die Gruppen nicht sehr homogen. Daher wurde ein Ansatz entwickelt, der pro Baum und Tiefe eine Ausreißererkennung pro Saison durchführt. Dazu werden die obere und untere Grenze des Wertebereichs sowie die Abweichung vom Mittelwert verwendet. Zusätzlich wird eine manuell kuratierte Blacklist verwendet. Der entwickelte Ansatz ermöglicht somit eine Maximierung und Bereinigung der Trainingsdaten und kann die Erkennung von Ausreißern für die Vorhersage während einer Saison sicherstellen. Der Ansatz wird im Bericht "Modellierung des spezifischen Wasserbedarfs von Stadtbäumen durch maschinelles Lernen" ausführlich beschrieben.

Wie oben beschrieben, wird die Bodensaugspannung direkt als Zielgröße für das Vorhersagemodell verwendet und die Prognose daher nur im Vergleich zu den tatsächlich gemessenen Werten bewertet. Die Bodensaugspannung ist jedoch nur ein Proxy für den tatsächlichen Bewässerungszustand der Bäume und, wie im letzten Abschnitt diskutiert, fehleranfällig. Daher wurden im



Abbildung 4: Messung mit dem SWM 5000

Rahmen des Projektes zusammen mit dem assoziierten Partner Im Norden im Bezirk Treptow-Köpenick Messungen mit einem mobilen Sensor für den volumetrischen Wassergehalt (Messgerät SWM 5000) in einem Feldversuch durchgeführt. Dazu wurden jeweils 15 Bäume (je fünf sonnig, schattig und halbschattig) an zwei Bewässerungsrouten ausgewählt und in drei Tiefen manuell vermessen. Es zeigte sich, dass das Messgerät im sandigen Berliner Boden nicht in der Lage ist, die Bäume wie geplant zuverlässig zu vermessen. Die Streuung war sehr groß und die Messungen nicht robust. Eine Rücksprache mit dem Sensorhersteller führte nicht zu einer Lösung. Details zum Versuchsaufbau und zu den Ergebnissen werden in einem weiteren Bericht "Modellierung des spezifischen Wasserbedarfs von Stadtbäumen durch maschinelles Lernen" ausführlich beschrieben.

## 1.5 AP 5: Technische Konzeption und Architektur von Systemen und Software

Verantwortlichkeit: TSB & Birds on Mars	Beginn: M3	Ende: M7
---	------------	----------

Zur **Erstellung des technischen Konzeptes** hat sich das Konsortium innerhalb mehrerer kleinerer Online-Workshops in 2022 getroffen, um sowohl die **Systemarchitektur** als auch einzelne Komponenten und potentielle **Technologien zu identifizieren**. Die Architektur lässt sich, wie unten im Bild dargestellt, mittels zwei Komponenten abbilden: das Daten- und Machine-Learning- Backend (links in Gelb) und das Web-Frontend und Backend (rechts in Rot).

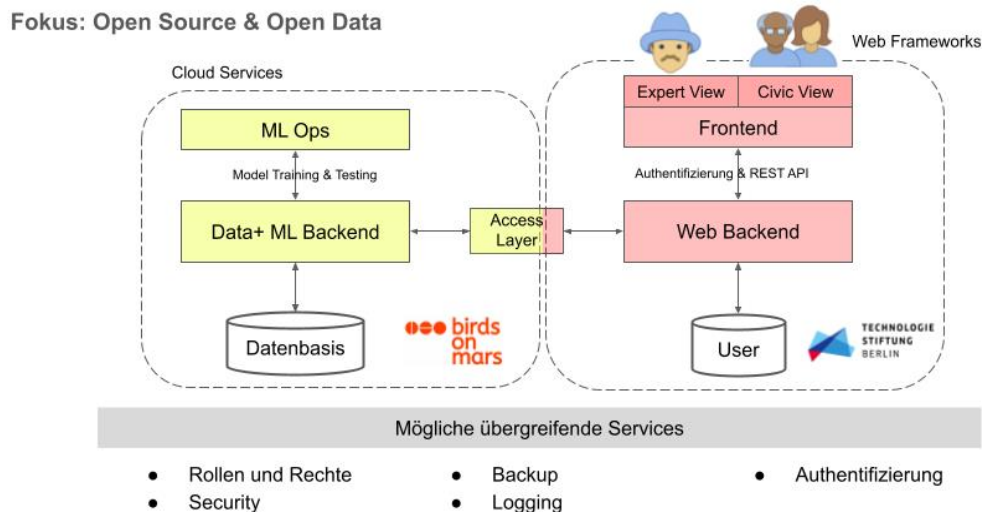


Abbildung 5: Übergeordnete Komponentenarchitektur der drei Arbeitsergebnisse (Data Lake, Modul 1, Modul 2)

Als Grundlage zur Bestimmung der Anforderungen an das System dienen die **zugrunde liegenden Datensilos**, wie Baum-Stammdaten, Tagestemperaturen, Niederschlag, Bewässerungsdaten und Solareinstrahlung (siehe auch Einflussfaktoren AP 6). Als Ergebnis des Vorhersagemodells ergeben sich zusätzliche Anforderungen an die Zwischenspeicherung von Daten. Somit müssen sowohl der Niederschlag, der Nowcast (Tageswert) sowie der Forecast (14 Tage) für jeden Straßenbaum (ca. 450.000 Einträge) täglich neu berechnet werden. In Abhängigkeit der oben genannten Rahmenbedingungen haben die Birds on Mars schließlich vielfältige **Anforderungen an die Lösungsarchitektur des Data Lake** identifiziert, die sich vor allem in der Konfiguration zur Aktualität der Daten

(max. stündlich), der Prozessierung der Daten (Batch), dem Typ des Datenbankmanagementsystems (relational), der Nutzung von Big Data Technologien und einer möglichen GPU-Nutzung niederschlagen. In erster Instanz sind keine großen Mengen an Bild- oder Textdaten eingeplant, wodurch kein Fokus auf Deep Learning & GPU-Nutzung notwendig ist.

Als Hauptbausteine beim Daten- und Machine-Learning-Backend wird Folgendes angesehen und wurde 2022 prototypisch als Gesamtsystem aufgesetzt:

- eine Datenbank (PostgreSQL mit PostGIS auf AWS RDS): zur Speicherung von tabellarischen Daten
- ein Storage (AWS S3): zum Speichern großer Mengen strukturierter und unstrukturierter Daten
- eine API inkl. Rechtemanagement (postgREST, JWT): als Schnittstelle zum Frontend
- Compute-Power (AWS EC2): zum Training und Ausführen von ML-Modellen sowie zum Laden und Aufbereiten von Daten
- ein Scheduler (Python Skripte als CRON Job): zum regelmäßigen Ausführen von Jobs
- Monitoring: zum Überwachen des ganzen Systems

Als grundlegende Entwicklungssprache für das Daten- und ML-Backend wird Python verwendet, da dies alle gängigen Machine-Learning-Framework, wie z.B. sklearn, unterstützt. In Kombination mit Docker kann die entwickelte Software mit all ihren Abhängigkeiten auch sehr gut produktiv umgesetzt werden. Für die Umsetzung des Frontends nutzt die TSB ReactJS und NativeJS, wobei kleinere serverless Functions über GitHub Actions gesteuert werden und der Deploy der Website über Vercel stattfindet. Als **Cloud-Provider** wird **Amazon Web Services (AWS)** verwendet, da es eine Vielzahl der notwendigen Komponenten als Services abbildet und beide Konsortialpartner bereits Erfahrung hiermit haben. Für das Aufsetzen der Cloud-Infrastruktur wird die cloud-agnostische Terraform als Infrastructure-as-Code eingesetzt. Für das Aufsetzen der Compute-Instanzen wird Ansible verwendet, mit dem deterministisch die Softwarekomponenten installiert werden können. Der Meilenstein 3 "Dokumentation Technisches Konzept" inklusive der Unterthemen, Einbindung **Datenquellen, Lösungsarchitektur, Konzept, Cloud Setup, Zentrale Data Flows** und **Security-Konzept** wurde 2022 erreicht und bereits im Zwischenbericht dokumentiert. Das technische Konzept und die Architektur haben auch zum Abschlussbericht in der ursprünglichen Form Bestand.

## 1.6 AP 6: Datenexploration und Modellierung

Verantwortlichkeit: Birds on Mars GmbH	Beginn: M2	Ende: M20
--	------------	-----------

Basierend auf den Ergebnissen der Expert:innenworkshops und Interviews sowie einer Literaturrecherche wurde zunächst die Problemstellung analysiert und die Bodensaugspannung als Zielgröße für die Modellierung des spezifischen Wasserbedarfs von Straßenbäumen festgelegt. Hierbei wurden zwei Teilprobleme identifiziert:

- Extrapolation der Bodensaugspannung von Messungen an spezifischen Straßenbäumen (Problem 1 "Nowcasting") in drei Tiefen (30cm, 60cm und 90cm) in der Vergangenheit, und

- Prognose der Bodensaugspannung pro Straßenbaum in drei Tiefen (30cm, 60cm und 90cm) für den aktuellen und die N folgenden Tage (Problem 2 "Forecasting").

Relevante Einflussfaktoren wurden identifiziert und mögliche Datenquellen evaluiert und priorisiert. Anschließend wurde eine erste Iteration des Modells als Prototyp, *Proof of Concept*, entwickelt und in das Backend für den Einsatz in den Web-Anwendungen "Experten-Dashboard" und "Baumblick" integriert, um Nutzerfeedback einholen zu können. In der ersten Iteration wurde mit einem einfachen Datenvorverarbeitungsansatz (siehe AP4) und wenigen Einflussfaktoren gearbeitet, da aufgrund der noch nicht allzu großen Datenmenge (bis einschließlich 2022) die Gefahr des "Overfittings" besteht. Da sich aus dem Expert:innen-Workshop (siehe AP3) die Verschattung als ein maßgeblicher Faktor herausgestellt hat, wurde schon für den Proof of Concept ein erheblicher Aufwand für die Berechnung der standortspezifischen Verschattung verursacht. Es wurden verschiedene Ansätze erprobt, um für jeden Straßenbaum in Berlin einen standortspezifischen Verschattungsindex zu ermitteln. Dabei wird auf ein Höhenmodell der Stadt zurückgegriffen, das Gebäude und größere Vegetation enthält, und mit Hilfe von GRASS GIS und verschiedenen Nachbearbeitungsschritten ein Index pro Baum und Monat berechnet. Die folgende Abbildung zeigt schließlich den Übergang vom Baum auf der Karte (links) über die Verortung auf der Karte mit den Sonnenstunden (Mitte) zur gefilterten Karte (rechts), die schließlich die Grundlage für den Index bildet.

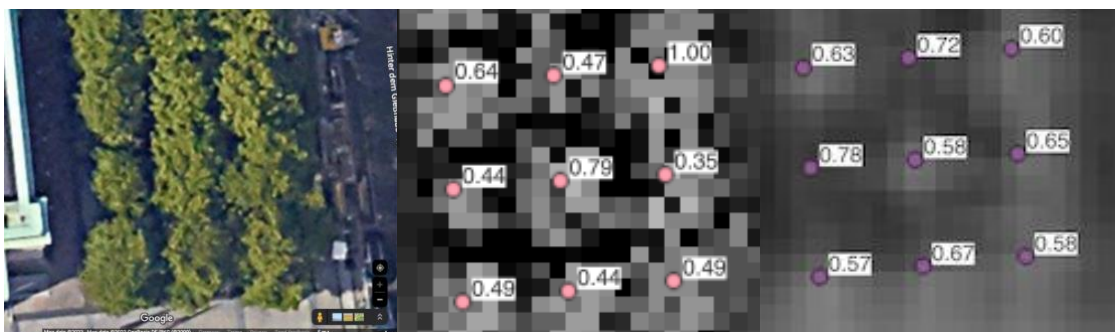


Abbildung 6: Schritte zur Erstellung des Verschattungsindex; Birds on Mars

2023 wurde der Ansatz weiterentwickelt. Ab März/April standen wieder regelmäßig neue Messdaten zur Verfügung, so dass der Ansatz zur Datenvorverarbeitung und Modellierung weiterentwickelt werden konnte. So wurden z.B. im Rahmen einer explorativen Datenanalyse die Einflussfaktoren auch mit einem gemischten linearen Modell systematisch analysiert und gezeigt, dass trotz der Datenqualität der Zielgröße die aggregierten Werte zumindest grundsätzlich plausibel sind, d.h. die Sensorwerte fallen bei Regen und steigen bei hohen Temperaturen, und dass die erwarteten Effekte im linearen Modell tatsächlich auftreten, d.h. größere Baumscheiben, Niederschlag und Bewässerung führen zu erhöhter Feuchtigkeit und Temperatur, geringe Verschattung zu Trockenheit. Insgesamt ergeben sich aus der Literaturanalyse, den Expert:innenworkshops und der explorativen Analyse folgende Parameter als externe Einflussfaktoren für die Modellierung nach folgenden Kategorien:

**Meteorologische Einflussfaktoren**

- Mittelwert der Tagesmaximalwerte und mittleren Tagestemperatur über die letzten 7 Tage (von DWD an der Wetterstation Tempelhof)
- Mittelwert der Tagesmaximalwerte der Windgeschwindigkeit über die letzten 7 Tage (von DWD an der Wetterstation Tempelhof)

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Summe des Niederschlags der letzten 7 Tage (von DWD an der Wetterstation Tempelhof)</li><li>• Mittelwert der Tagessummen und Tagesmaximalwerte der globalen horizontalen Solareinstrahlung (von SolarAnywhere für eine 10x10km Kachel über Berlin Mitte)</li></ul>
<b>Einflussfaktoren des Baums</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Standalter des Baums (aus Baumkataster, in drei Gruppen: jung/mittel/alt)</li><li>• Baumscheibengröße (aus Baumkataster, in zwei Gruppen)</li><li>• Baumgattung (aus Baumkataster)</li><li>• Beschaffenheit der Baumscheibenoberfläche (aus Baumkataster)</li></ul>
<b>Bewässerungsdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Summe der Bewässerung durch Straßen- und Grünflächenämter der letzten 7 Tage</li><li>• Summe der Bewässerung durch Bürger*innen in Gieß den Kiez der letzten 7 Tage</li></ul>
<b>Zeitreihenbasiert</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monat des Jahres</li></ul>
<b>Standort-basiert</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verschattungsindex des aktuellen Monats je Baum (Berechnung siehe oben)</li></ul>
<b>Sensorwerte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mittelwert der Saugspannungswerte aller Sensoren für die gleiche Tiefe am Vortag</li></ul>

Das Vorhersagemodell wurde an einem Teil der Bäume evaluiert und es konnte gezeigt werden, dass die prozentualen Abweichungen je nach Tiefe, Modell und Einflussfaktoren im Mittel etwas über 20% liegen. Der Einfluss der Einflussfaktoren wurde mittels gemischter linearer Modellierung, Random Forest Modellanalyse und SHAP-Werten (SHapley Additive exPlanations) analysiert. Erwartungsgemäß erwies sich der Mittelwert der Saugspannungswerte aller Bäume am Vortag als wichtigstes Merkmal. Die wichtigsten meteorologischen Einflussfaktoren waren Temperatur, Luftfeuchte und Niederschlag. An zweiter Stelle standen die Verschattung und Informationen über die Bewässerung. Schließlich folgten Sonneneinstrahlung und Wind sowie der Monat des Jahres. Die Größe und Art der Baumscheibe sowie die Baumart und das Alter des Baumes erwiesen sich als weniger wichtig, da die Variabilität insbesondere beim Alter bei den Bäumen mit Sensoren nicht sehr hoch ist.

Die Auswertungen zeigen, dass Saugspannungswerte im Boden bei ausreichender Datenqualität grundsätzlich gut vorhergesagt werden können. Es gibt jedoch verschiedene Einschränkungen. Zum einen ist die Saugspannung derzeit der einzige Proxy für den Wasserbedarf und die Datenqualität der Watermark-Sensoren ist schlecht. Dies hat zur Folge, dass die Vorverarbeitung der Daten die Ergebnisse beeinflusst. In Ermangelung von "Ground Truth" schränkt dies die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ein. Aus diesem Grund sollte die Auswertung der Ergebnisse durch weitere Sensoren, z.B. zur Messung des volumetrischen Wassergehalts, ergänzt werden. Dabei sollte auch die Variabilität der Bäume erhöht werden, da derzeit fast nur junge Bäume mit Sensoren ausgestattet sind. Die Vitalität

der Bäume wurde ebenfalls als Einflussgröße analysiert, jedoch nicht in das Modell integriert. Es wäre jedoch interessant, sie in Zukunft als Zielgröße zu verwenden. So könnte der Einfluss des Standortes oder der klimatischen Bedingungen auf die Baumgesundheit analysiert werden.

Mit der ersten Iteration des Prototyps ("Proof of Concept") wurde der erste Teil des Meilensteins 4 mit leichter Verzögerung in 2022 erreicht. Mit der Weiterentwicklung zum Minimum Viable Product (MVP) wurde der zweite Teil mit Projektabschluss 2023 erreicht und das Arbeitspaket erfolgreich abgeschlossen. Der Bericht "Modellierung des spezifischen Wasserbedarfs von Stadtbäumen durch maschinelles Lernen" beschreibt die Ergebnisse des Arbeitspakets im Detail und wird mit Projektende allen Interessierten zur Verfügung gestellt.

## 1.7 AP 7: Softwareentwicklung Backend

Verantwortlichkeit: Birds on Mars & TSB	Beginn: M5	Ende: M21
---	------------	-----------

Die in AP5 vorgestellte Lösungsarchitektur wurde im Jahr 2022 im Rahmen von AP7 umgesetzt und **ein erstes Daten- und Machine-Learning Backend** gemeinsam gemäß den Anforderungen entwickelt. Im Anschluss dessen wurde das Backend durch Last- und Technik-Tests optimiert und ein zentrales GitHub-Repository, das aus einer Development-, Staging- und Production-Umgebung besteht, im GitHub Account der TSB veröffentlicht.

Übergeordnetes Ziel des Backends war die **Einbindung der Vorverarbeitungs-, Trainings- und Evaluierungs-Pipeline** von AP6 – respektive die **automatische Aktualisierung und Bereitstellung baumrelevanter Daten und Prognosen**. Das **Daten-Backend, auch Data Lake**, dient zudem als Grundlage für AP8 und alle Datenvisualisierungen im Experten-Dashboard (Modul 1) und der App Baumblick (Modul 2).

Im Machine-Learning (kurz: ML) unterscheidet man zwischen (1) **Modelltraining** und (2) **Inferenz**. Die Trainings- und Testdaten für das Modelltraining werden als tabellarische Daten innerhalb der Datenbank als ein View, bzw. Funktion, zur Verfügung gestellt. Das eigentliche Training wird mittels Python und dem ML-Framework "sklearn" und XGBoost vorgenommen. Für die Inferenz wird das aktuelle ML-Modell geladen, die tagesaktuellen Daten aus der Datenbank gezogen, vorverarbeitet und eine Vorhersage pro Baum durchgeführt. Sowohl die Datenvorverarbeitungs-Pipeline als auch die Inferenz werden über CRON-Jobs regelmäßig, einmal pro Tag, ausgeführt. Das Modell-Training wird manuell - bei Verfügbarkeit neuer Daten - gestartet.

Um Daten für die Baumblick-App verfügbar zu machen, wurde ein **postgREST-Service als API-Schnittstelle** integriert und in einem öffentlichen AWS-Subnetz verfügbar gemacht. Der PostgREST-Service wiederum nutzt die sogenannte "automatic introspection", die die Datenbankstruktur des Data Lake analysiert und für Tabellen, Ansichten und gespeicherte Prozeduren automatisch und ohne manuelle Konfiguration eine RESTful API erstellt. Die resultierenden API-Endpunkte nutzt die Anwendung Baumblick schließlich, um auf die Datenbank zugreifen zu können.

Das Experten-Dashboard basiert auf einem **Superset** Docker Image, welches als eine Superset-Instanz auf einem Server, der von der TSB gehostet wird, gestartet wird. Superset selbst ist wiederum eine Anwendung, mit der sich Daten aus einer Datenbank mit Hilfe von interaktiven Charts und Karten grafisch darstellen lassen. Durch den direkten Zugriff auf die

Datenbank war die Verwendung der eigenen REST-API für das Dashboard nicht notwendig. Die zugrundeliegende PostGIS-Datenbank als Teil des Data Lakes liegt in einem eingeschränkten AWS-Subnetz und ist von außen nur für die Entwickler und für das Experten-Dashboard erreichbar.

Durch den Einsatz des cloud-agnostischen Frameworks **Terraform** ist ein leichtes Aufsetzen der Infrastruktur (Infrastructure-as-Code) sowie der Entwicklungs-Umgebungen (Dev, Prod) möglich. In Kombination mit **Ansible** als Automatisierungswerkzeug zur Konfiguration von Servern können leicht reproduzierbar die Umgebungen aufgesetzt und die Software-Module installiert werden. So stellt bspw. die Umstellung auf einen anderen **Cloud-Provider**, wie Azure oder Google, kein Problem dar. Für die Verwaltungen der verschiedenen Umgebungen (Dev, Prod) kam ein Bot zum Einsatz, über den der Status der Umgebungen innerhalb der gemeinsamen Chat-Umgebung abgefragt werden kann, und gezielt die Umgebungen hoch- und runtergefahren werden können. Das trägt zur besseren Transparenz über die Ressourcen als auch zur Senkung der AWS-Kosten bei.

Es gibt ein **Monitoring**-System, um sicherzustellen, dass die tägliche Aktualisierung der Forecast- und Nowcast-Modelle erfolgreich durchgeführt wurde. Dieses kombiniert Chat-Umgebung mit AWS Lambda und wird separat für die Development- und Production-Datenbanken ausgeführt. Das Ergebnis wird in einem Monitoring-Chat geschrieben, der automatisch meldet, wenn die Daten veraltet oder invalide sind.

Die **Dokumentation** für den technischen Initialbetrieb des Daten- und Machine-Learning-Backends befindet sich unter: <https://github.com/technologiestiftung/qtrees-ai-data>. Für die Verarbeitung der Sensordaten und Baumdaten, die nicht öffentlich zugänglich sind, wurde das Repository <https://github.com/technologiestiftung/qtrees-ai-data-private> angelegt. Das Monitoring findet sich unter: <https://github.com/technologiestiftung/qtrees-monitoring>.

## 1.8 AP 8: Softwareentwicklung Frontend

Verantwortlichkeit: TSB & Birds on Mars	Beginn: M6	Ende: 21
---	------------	----------

Im Rahmen von AP8 wurden durch die TSB zwei separate Web-Anwendungen (Modul 1 und Modul 2) entwickelt, die sich in die übergeordnete Systemarchitektur (AP7) über die API eingliedern. Für die technische Umsetzung wurden ReactJS und das NextJS als Framework verwendet, wobei kleinere serverless Functions über GitHub Actions gesteuert werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus AP3 wurden zunächst Ideen zur Umsetzung mithilfe von **Wireframes für Modul 2** entwickelt. Nach der technischen Umsetzung wurde der **erste Frontend-Prototyp sowohl durch Akzeptanz- und technische Tests, als auch durch Nutzertests evaluiert** und in mehreren Iterationen stetig verbessert. Für Modul 2 ist ein benutzerfreundlicher Prototyp namens [Baumblick](#) entstanden, der nach einer anschaulichen Einstiegsseite den Nutzer in eine Kartenansicht (unter Nutzung von MapLibre und MapTiler) führt. Auf der Karte werden schließlich **die Wasserversorgungs-Prognosen für Straßenbäume visualisiert**. Darüber hinaus werden in der Detailansicht eines jeden Baumes weitere Stammdaten dargestellt und Nutzer:innen über den "Mitwirken-Tab" dazu ermutigt, aktiv zu werden und bspw. Gießungen, aber auch Schäden oder eine Missnutzung der Baumscheibe zu melden. Generell können diese Informationen basierend auf dem Ansatz des crowd-sourcing perspektivisch wieder in das Vorhersagemodell einfließen. Diese



Meldedaten (Missnutzung der Baumscheibe, Schäden) können auch in Modul 1 angezeigt werden, um zur **Entscheidungsunterstützung bei der Bewässerung und Pflege von Bäumen** beizutragen. Der “Feedback-Loop” der Meldedaten für ein verbessertes Vorhersagemodell wurde während der Projektlaufzeit nicht umgesetzt, da sich zunächst auf die Fertigstellung und Möglichkeiten einer zukünftigen Nutzung des Vorhersagemodells fokussiert wurde und der Einfluss der Meldungen auf das Bewässerungsmanagement als weniger signifikant eingeschätzt wurde.

Ein besonderes Augenmerk im Kontext von Nutzerfreundlichkeit galt bei der Umsetzung des **mobile ready bzw. responsive web design**, d.h., dass die Anwendung auf einer Vielzahl von mobilen Geräten bspw. dem Smartphone gut dargestellt wird, um Benutzerfreundlichkeit und Zufriedenheit zu gewährleisten – ein Aspekt, der sowohl für die App Baumblick, mit Anwender:innen aus der Stadtgesellschaft, als auch für das Experten-Dashboard relevant ist. Für die App Baumblick wurde darüber hinaus ein intuitiver Einstieg in die Thematik “Stadtbaum, Klima & Künstliche Intelligenz” über ein sogenanntes Scrollytelling mit Hilfe von **Freelance-Entwicklern** umgesetzt. Die App Baumblick wurde im Februar 2023 auf der CityLAB Labissage offiziell veröffentlicht. Der Open Source Code der gesamten Anwendung kann hier gefunden werden: <https://github.com/technologiestiftung/baumblick-frontend>

Die Umsetzung des **Experten-Dashboards** (passwortgeschützt, da das Dashboard proprietäre Daten der Verwaltung anzeigt und nutzt) wurde durch eigene Kapazitäten Ende 2022 begonnen und auf Basis der Open Source BI-Dashboard Plattform “Apache Superset” entwickelt. Die Nutzung des Open Source Codes ermöglichte ein sehr schnelles Prototyping mit Ergebnissen bereits nach einem zweiwöchigen Sprint. Wie für Baumblick (Modul 2) gab es für die Fertigstellung des Dashboards mehrere Iterationen, in die wichtige Erkenntnisse aus den Endanwenderbefragungen (siehe AP3) eingeflossen sind. Für das Experten-Dashboard waren dies bspw. eine Anpassung der Kartenansicht und die Verbesserung der Filter. Schließlich wurde ein eigener Fork von Apache Superset erstellt, um individuelle Karten-Plugins zu schreiben und bestimmte Filterfunktionen innerhalb von Superset zu ermöglichen. Des Weiteren wurde das Frontend innerhalb der GUI von Superset auf das Design von QTrees und Baumblick abgestimmt und auch hier das “Ampelsystem” als Grundlage für die Farbkodierung genutzt. Die Umsetzung des Experten-Dashboards wurde Anfang Sommer 2023 erfolgreich abgeschlossen. Entstanden ist ein Prototyp, welcher den Bedürfnissen der Zielgruppe gerecht wird und Verwaltungsmitarbeiter:innen in Berlin als Entscheidungshilfe dient, um bei der Priorisierung und Optimierung der Bewässerung von Stadtbäumen zu unterstützen. Die offizielle Abnahme und der Beginn des Initialbetriebs erfolgte mit der Übermittlung der Zugangsdaten zum Dashboard im Juni 2023. Der Open Source Code der gesamten Anwendung kann hier gefunden werden: <https://github.com/technologiestiftung/superset-qtrees>

## 1.9 AP 9: Abschlussdokumentation & Verstetigung

Verantwortlichkeit: Technologiestiftung Berlin	Beginn: M22	Ende: 24
--	-------------	----------

Der Abschlussbericht ist integraler Bestandteil und fasst alle Arbeitsergebnisse innerhalb des AP9 zusammen. Mit der **Inbetriebnahme** des Experten-Dashboards wurde auch die **Dokumentation und Veröffentlichung des Codes** für Frontend, Backend und Vorhersagemodell auf GitHub abgeschlossen und damit ein zukünftiger Betrieb

gewährleistet. Wie bereits in AP2 erwähnt, wurde das Projekt QTrees bei zahlreichen Veranstaltungen, Beiträgen und **Workshops mit interessierten Kommunen** vorgestellt. Hierzu zählen ähnliche Projekte bzw. geplante Vorhaben in Essen, Osnabrück und Frankfurt. Zum Abschluss des Projektes wurde am 26. September 2023 eine **Abschlussveranstaltung** mit 13 Teilnehmenden aus Stadtverwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft veranstaltet, bei denen die Arbeitsergebnisse des Projektes vorgestellt und nächste Schritte diskutiert wurden.

Für Erläuterungen zur Verstetigung und zu einem potenziellen Geschäftsmodell s. Kapitel 4.

## **2 Vergleich des Ergebnisses mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeitszeit- und Ausgaben-/Kostenplanung**

Durch die agile und inkrementelle Arbeitsweise konnte sich das Konsortium über alle Arbeitspakete hinweg flexibel und effizient abstimmen. Die elementaren Ziele des Vorhabens - der Data Lake (AP5), das VH-Modell (AP4 & AP6), sowie die prototypischen Web-Anwendungen Modul 1 und 2 (AP7 und AP8) wurden mit Projektabschluss erfolgreich erreicht. Die wesentlichen Aufwände der zeitlichen Ressourcen sind vor allem den Arbeitspaketen drei bis einschließlich acht zuzuordnen. Durch eine fachlich notwendige längere Recherche von wissenschaftlichen Lösungsansätzen haben sich die Meilensteine 2, 2.1 und 3 leicht verzögert (s. Abgleich der Meilensteinplanung im Anhang). Auch der Meilenstein 4 von AP 6 wurde mit Verspätung erreicht (der erste Teil, der Proof of Concept, wurde im Monat 13 statt im Monat 9 und der zweite Teil, das Minimum Viable Product, im Monat 23 statt im Monat 17 erreicht). Dies war vor allem notwendig, um möglichst viele Daten in ausreichender Qualität und Vielfalt zur Verfügung zu haben, da die Datenbasis aufgrund der durch die Trockenheit im Jahr 2022 bedingten schlechten Datenqualität der Bodenspannungssensoren nicht ausreichend war. Meilenstein 5, das Software Setup und der zentrale Data Lake wurden mit Auswertung der Akzeptanztests im Monat 18 statt im Monat 14 abgeschlossen. Die problematische Datengrundlage war einer der Gründe, weshalb der Prototyp für Modul 2 später veröffentlicht wurde (Monat 17 statt Monat 11). Durch fortlaufende Abstimmungen mit der Verwaltung und die zeitweise Bereitstellung von realistischen Dummy-Daten konnte trotzdem mit der Entwicklung des Frontend begonnen werden. Nach notwendigen Anpassungen am Frontend von Modul 1 aufgrund von Ergebnissen der letzten Nutzer-Tests konnte so der erfolgreiche Abschluss des Projektes mit der Abnahme und Beginn des Initialbetriebs (MS7) für Modul 1 mit leichter Verzögerung im Monat 22 statt Monat 21 gewährleistet werden. Des Weiteren wurde in den Expert:inneninterviews das Thema Verschattung als wichtig identifiziert. Da hier nicht direkt auf bestehende Datenquellen zugegriffen werden konnte und die Werte selbst berechnet werden mussten, war dies aufwändig und zum Zeitpunkt der Antragstellung nicht klar. Insgesamt wurden die Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit vorgezogen und die Modellierung frühzeitig mit verschiedenen Stakeholdern diskutiert, um hilfreiches Feedback zu erhalten. Rückblickend muss auch festgehalten werden, dass ein regelmäßiger Austausch zum Vorhaben mit den Projektpartnern des SGA Berlin Mitte und Neukölln aufgrund von knappen personellen Ressourcen nicht immer möglich war. Demnach wurden an dieser Stelle einige Planungen/Abstimmungen erschwert und die Umsetzung von AP1 verzögert. Die hier nicht explizit genannten Meilensteine (MS1 und MS8) wurden zum ursprünglich geplanten Zeitpunkt erreicht.

Gegenüber der Antragstellung sind weniger Ausgaben für Beschäftigte (E12-E15) entstanden, da eine Stelle für wissenschaftliche Mitarbeiter:innen nicht lückenlos nachbesetzt werden konnte. Die Erreichung der Projektziele konnte trotzdem gewährleistet werden.

Zusätzlich kam es zu Einsparungen gegenüber der Vorkalkulation bei der Vergabe von Aufträgen, den Verbrauchsmaterialien und Reisekosten.

### 3 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Aus technischer und wissenschaftlicher Sicht konnten die in der Vorhabenbeschreibung genannten Ziele allesamt eingehalten werden. Dennoch wird nachfolgend auf ergebnisoffene bzw. -lose Arbeiten eingegangen.

Im Rahmen der Datenexploration wurde die Nutzung von Baumscheibendaten (Größe der offenen Fläche um den Baumstamm) diskutiert. Die tatsächliche Nutzung der **Baumscheibendaten** schätzen wir jedoch kritisch ein. Zwar stellen diese eine interessante Einflussgröße für das Vorhersagemodell dar, allerdings wurde auf Anfrage eine Veröffentlichung der Daten bis vor Ende der Projektlaufzeit (Oktober 2023) als unwahrscheinlich eingestuft. Übrig bleibt ein unzulänglich kleiner Datensatz mit wenig Varianz.

Eine Anbindung an das GRIS konnte aufgrund externer technischer Abhängigkeiten nicht realisiert werden, so dass die Bewässerungsdaten der SGAs nicht ausreichend zur Verfügung standen und ein erwarteter wichtiger Einflussfaktor vom Modell nicht richtig im Livebetrieb berücksichtigt werden konnte. Die Nutzung von Crowdsourcing-relevanten Daten, wie z.B. Bild- und Baumzustandsdaten, wurde im Rahmen der Arbeiten in AP 3 (Anforderungsanalyse und Produktbeschreibung) als nicht ausreichend relevant eingeschätzt, so dass auf eine aufwändige Umsetzung z.B. der Bilddatenerhebung verzichtet wurde. Auch die Nutzung des "Feedback-Loop" der Meldedaten aus der Meldfunktion der App Baumblick wurde nicht in der Modellierung umgesetzt, da durch den Launch der App nur begrenzt Daten erhoben wurden und der Einfluss der Meldungen auf das Bewässerungsmanagement als wenig signifikant eingeschätzt wurde.

Im Antrag wurde eine Evaluierung des Modells auf Basis von Sensorwerten vorgeschlagen. Wie oben beschrieben, ist die Datenqualität der Watermark-Sensoren eine Herausforderung. Daher wurde mit dem neu in das Projekt aufgenommenen assoziierten Partner IM NORDEN GmbH ein Feldversuch mit angepasster Bewässerung in Treptow-Köpenick geplant, um eine Bewertung aus dem Betrieb zu erhalten. Die Durchführung zeigte jedoch, dass der Versuchsaufbau für die Berliner Sandböden nicht geeignet war (s.o.), so dass die Verfestigung zu keinen Ergebnissen führte.

### 4 Verfestigung der Vorhabenergebnisse

Eine Anschlussförderung innerhalb desselben Förderprogramms ist aufgrund der Förderstruktur leider nicht möglich. Die Bewässerung von Stadtbäumen ist jedoch auch auf politischer Ebene von großer Bedeutung und wird im Koalitionsvertrag der aktuellen Berliner Regierung thematisiert. Zwei von zwölf bezirklichen Grünflächenämtern in Berlin nutzen bereits das Experten-Dashboard (Modul 1). Um eine berlinweite Nutzung und nachhaltige Verfestigung von Modul 1 zu realisieren, haben die Bezirksstadträte von Berlin Mitte und Neukölln in einem offenen Brief an die Senatorin Dr. Schreiner (SenMVKU) um Verfestigung des Vorhersage-Modells und Experten-Dashboard gebeten. Auch beim Fachausschuss für Stadtbäume bei der SenMVKU am 10. Oktober 2023 hat die Technologiestiftung erneut um eine Unterstützung zur Fortführung des Vorhabens gebeten. Zum aktuellen Zeitpunkt wartet das Konsortium auf Rückmeldung seitens der Verwaltung.

Zurzeit ist ungewiss, in welchem Umfang das Projekt weiterentwickelt werden und wie eine Finanzierung für diese Weiterentwicklung sichergestellt werden könnte. Die Daten und der Quellcode stehen kostenfrei und öffentlich auf GitHub zur Verfügung, sofern keine Lizenzen oder Einschränkungen der Verwaltungen dagegen sprechen. Als Grundlage für weitere Gespräche dienen zum einen (i) ein potentiell Geschäftsmodell, zum anderen (ii) eine mögliche Anschluss-Kooperation. Das (i) Geschäftsmodell umfasst dabei die Berechnung und Bereitstellung der Vorhersagewerte je Baum und den Zugang zum Experten-Dashboard als Platform as a Service (PaaS). Die Preisgestaltung des Services soll dabei auf einem mehrstufigen Service Level Agreement (SLA) basieren, welches sich an den Anforderungen der Nutzer:innen orientiert. Genaue Details des SLA müssen zunächst ausgearbeitet werden. Es wäre jedoch denkbar, das SLA in drei Pakete – “Small”, “Medium” und “Large” – zu unterteilen. Demnach würden Kommunen, Städte oder auch Gieß-Dienstleister, die bereits eine eigene Software zur Pflege der Bäume im Regelbetrieb nutzen, als Service das Paket S nutzen können, welches lediglich die Vorhersagewerte je Baum per API bereitstellt. Nutzer:innen, die über keine eigene Software verfügen, könnten wiederum mit Paket M zusätzlich den Zugang zum Experten-Dashboard bekommen. Für alle Kommunen, die individuelle Anforderungen an die PaaS stellen, könnte Paket L angeboten werden, welches wiederum individuelle Anpassungen von Paket S und Paket M beinhaltet und so andere Leistungen wie eine Anbindung weiterer Datenquellen und Analyse der Daten oder eine Vertestung der Genauigkeit in einem Testgebiet umfasst. Die Preisgestaltung von Paket S und Paket M erfolgt nach einem Fixpreis, wobei der Preis von Paket L individuell nach Absprache mit den Nutzer:innen erfolgt. In jedem Falle ist das Produkt auf individuelle Bedürfnisse anpassbar und in andere Kommunen oder gar Städte übertragbar.

Eine mögliche (ii) Anschluss-Kooperation wiederum sieht vor, dass die Plattform nicht auf bezirklicher, sondern auf Landesebene genutzt wird. Dadurch können nicht nur zusätzliche Sensorwerte (auch anderer Sensorsysteme) erschlossen und zur Verfeinerung und Vertestung der Vorhersage genutzt werden, sondern auch die Arbeitsergebnisse und das damit innewohnende Innovationspotential den restlichen Bezirken zugänglich gemacht werden. Die Berliner Grünflächenämter könnten dabei sowohl die Vorhersagewerte je Baum (bspw. per API für das GRIS) als auch Zugang zum Experten-Dashboard bekommen. Im Gegenzug würde das Konsortium berlinweite Bewässerungsdaten in periodischen (bspw. wöchentlichen) Abständen zur Verfügung gestellt und Zugang zu einzelnen Testrouten (Bäumen) bekommen.

#### **4.1 Erkennbare Verwertungsmöglichkeiten der Vorhabenergebnisse (bspw. im Rahmen von Veröffentlichungen)**

In Anbetracht des bisher überaus positiven Feedbacks im Rahmen von Veröffentlichungen und Vorträgen eignet sich das Projekt sehr gut als Praxisbeispiel für angewandte KI im Kontext des Klimawandels. Die Idee hinter dem Projekt ist einfach verständlich und wissenschaftlich sowie zugleich technisch anspruchsvoll, sodass es sich als Anwendungsbeispiel vor einer breiten Zuhörerschaft eignet.

Im Zuge der Entwicklung der [App Baumblick](#) wurden immer wieder Überschneidungspunkte mit der [App Gieß den Kiez](#) deutlich. Stellt man sich die Frage nach dem Problem, welches eigentlich gelöst werden soll, dann geht es bei beiden Anwendungen um den Erhalt des städtischen Baumbestandes. Im Zuge der Anforderungsanalyse (Workshops mit der

Zivilgesellschaft), aber auch in persönlichen Gesprächen bei der Veröffentlichung der App zur [LABissage in Berlin](#) wurde die Idee diskutiert, beide Apps miteinander zu verbinden. Die Prognose des Wasserbedarfs sollte schließlich als integraler Bestandteil einer jeden Bewässerung mitgedacht werden. Für eine mögliche Integration der KI-gestützten Vorhersage von QTrees in die Anwendung Gieß den Kiez, wäre jedoch zunächst die Weiterentwicklung des Vorhersagemodells nötig.

Eine umfassende Nutzung des Experten-Dashboards durch die Berliner Verwaltung wird zudem durch mitunter sehr restriktive regulatorische Rahmenbedingungen (IKT-Architektur des Landes Berlin und damit zusammenhängende Prüf- und Freigabeverfahren) erschwert.. Eine Verwertungsmöglichkeit im laufenden Jahr wird geprüft (s.o.). Generell ist jedoch festzuhalten, dass die Verstetigung durch den Open Source-Ansatz beider Anwendungen nicht auf Berlin begrenzt ist.

Im Rahmen des Projekts wurden keine Patente angemeldet. Vielmehr werden die Projektergebnisse weitgehend als Open Source unter einer MIT-Lizenz auf GitHub zur Verfügung gestellt. Im Rahmen des Projektes wurde keine wissenschaftliche Verwertung durch Veröffentlichung in Fachzeitschriften angestrebt, jedoch fand ein inhaltlicher Austausch über die Arbeiten in Quantified Trees mit Akteuren aus der Wissenschaftscommunity auf Veranstaltungen wie der Bits and Bäume und der STEMM Global der HTW Berlin und der University of Exeter, drei Summer Schools sowie Gastvorträgen an Universitäten statt (siehe Anhang). Neben Vorträgen wurden auch Blogbeiträge in der Baumblick App, auf Qtrees.ai sowie im Data Science [Blog Towards Datascience](#) zu den Inhalten verfasst. Der Bericht "Modellierung des spezifischen Wasserbedarfs von Stadtbäumen durch maschinelles Lernen" fasst den entwickelten Ansatz und die Ergebnisse auch für ein wissenschaftliches Publikum zusammen und wird nach Projektende auf der QTrees Landing Page zum Download angeboten.

## **4.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)**

Grundsätzlich ist der technische Ansatz, die Nutzung und Bereitstellung von Open Source und Open Data gemeinwohlorientiert, da bspw. andere Städte den Quellcode der Anwendung kostenlos und ohne Rechte und Pflichten (MIT Lizenz) nutzen, editieren und verwerten dürfen.

Dennoch ist, wie unter Punkt 4 bereits erläutert, ein potenzielles Geschäftsmodell denkbar, welches als Leistung die Berechnung und Bereitstellung der Vorhersagewerte je Baum und den Zugang zum Experten-Dashboard als Platform as a Service (PaaS) anbietet. Die Preisgestaltung des Services soll dabei auf einem mehrstufigen Service Level Agreement (SLA) basieren, welches sich an den Anforderungen der Nutzer:innen orientiert (s.o.).

## **4.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)**

Der Ergebnisbericht "Modellierung des spezifischen Wasserbedarfs von Stadtbäumen durch maschinelles Lernen" fasst den entwickelten Ansatz und die Ergebnisse auch für ein wissenschaftliches Publikum zusammen und wird nach Projektende auf der QTrees Landingpage zum Download angeboten. Aktuell kann das Vorhersagemodell zwar im

Anwendungskontext evaluiert werden, für detaillierte wissenschaftliche Auswertungen reicht die Datenqualität derzeit aber noch nicht aus. Das Thema ist aber weiterhin sehr innovativ, sodass sich ggf. im Jahr 2024 mit Daten anderer Sensoren weitere Möglichkeiten auch für die wissenschaftliche Nutzung ergeben (s. AP4).

#### **4.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Wie bereits erläutert, ist generell ein potenzielles Geschäftsmodell denkbar, welches als Leistung die Berechnung und Bereitstellung der Vorhersagewerte je Baum und den Zugang zum Experten-Dashboard als Platform as a Service (PaaS) anbietet. Die Preisgestaltung des Services soll dabei auf einem mehrstufigen Service Level Agreement (SLA) basieren, welches sich an den Anforderungen der Nutzer:innen orientiert (s.o.)

Durch die Öffentlichkeitsarbeit wurde das Projekt über die Grenzen Berlins hinaus bekannt, so dass es zu diversen Gesprächen für eine mögliche Nachnutzung und Weiterentwicklung der entwickelten Modelle und Module kam. Da die Ergebnisse weitestgehend Open Source basiert entwickelt wurden, können die Projektergebnisse prinzipiell auch durch Dritte weiterentwickelt und verstetigt werden. Der Einsatz von datengetriebenen Modellen zur Zustandsschätzung und Entscheidungsunterstützung im Vegetationsmanagement ist ein aktuelles Thema und bietet Möglichkeiten für mögliche (geförderte) Folgeprojekte, z.B. zur teilautomatisierten Vitalitäts-Schätzung mittels Computer Vision oder in Satellitendaten. Gespräche mit anderen Städten können über die Projektlaufzeit hinaus basierend auf den Service Leveln stattfinden.

## **5 Internetdarstellung des Projektes und Link zum „KomPass Tatenbank“-Eintrag**

### **5.1 Internetdarstellung des Projektes**

Projektwebsite: [www.qtrees.ai](http://www.qtrees.ai)

### **5.2 Tatenbank-Eintrag**

Tatenbank-Eintrag: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/quantified-trees-qtrees-intelligente>

## 6 Anhang - Meilensteinplan

Nr.	AP	Meilenstein Name	Inhalt	fällig Datum	Neues Datum	Ist Datum	Erläuterung (insbes. bei Abweichungen)
1	1	Kick-Off Veranstaltung	11 TN und 1 Vortrag	15.11.2021		09.11.2021	vor Ort im CityLAB Berlin
2	3	Produkt- und Zielgruppenbeschreibung	Produkt- und Zielgruppenbeschreibung für Modul 1 und Modul 2	31.03.2022		20.04.2022	intern dokumentiert
2.1	3	Design-Workshop mit Stakeholdern	7 TN und 1 Workshop	31.1.2022		Mai-Juli 2022	mit Miro und <a href="#">Blogbeitrag</a> dokumentiert
3	5	Dokumentation technisches Konzept	Einbindung Datenquellen, Lösungsarchitektur, Konzept Cloud Setup, Zentrale Data Flows and Security-Konzept	30.04.2022		31.05.2022	Konzeption leicht verzögert, Grundlage der technischen Umsetzung; Dokumentation am Ende der Berichtsperiode umgesetzt
4	6	Ergebnisse der Machbarkeitsstudie (Proof of Concept und MVP)	Anbindung Datenquellen, Umsetzung, Vorverarbeitungskette, Machbarkeits-nachweise, Trainings- und Evaluations-Pipeline	Erster Teil: 30.06.2022  Zweiter Teil: 28.02.2023		Erster Teil: 30.11.2022  Zweiter Teil: 31.08.2023	Notwendigkeit der Sammlung von qualitativ hochwertigen und vielfältigen Daten aufgrund schlechter Datenqualität der Saugspannungssensoren durch Trockenheit im Jahr 2022.
5	7	Schulterblick Data Lake & Software Setup	Schulterblick und Auswertung Akzeptanztests im Kontext der Anforderungen und Produktanalyse	30.11.2022		31.3.2023	Akzeptanztests wurden zu Beginn des aktuellen Jahres nachgeholt
6	8	Release Prototyp Modul 2 (Zivilgesellschaft)	Release von erster Version bereits zur Nutzerbefragung (Oktober 2022)	31.08.2022		23.02.2023	Verzögerung durch Personalwechsel, Validierung Vorhersagemodell, sowie notwendige Iterationen am Frontend
6.1	8	Release Prototyp Modul 1 (Verwaltung)	Release nach Übergabe der Zugangsdaten für die Verwaltung	29.06.2023		29.06.2023	
7	8	Abnahme & Beginn Initialbetrieb	Nach Übergabe der Zugangsdaten Nutzung durch SGAs Berlin Mitte und Neukölln	29.06.2023		24.07.2023	Notwendige Anpassungen am Frontend von Modul 1 nach Nutzer-Tests
lorem8	9	Abschlussveranstaltung, Workshop & Abschlussbericht	Abschlussveranstaltung inkl. interaktivem Workshop; 13 TN mit Vorträgen & Workshop	30.09.2023		26.09.2023	