

Exposé

PegelCast2D

Sichere Schiffsrouten mit KI und
schneller Hydrodynamik



Kurzbeschreibung des Unternehmens

SOBOS GmbH entwickelt und betreibt Plattformen zur Verwaltung von Umweltdaten: Die Gewässermanagement-Plattform 'PegelAlarm' und Schneehöhen-Überwachung 'SnowAlarm'. PegelAlarm verarbeitet, vereinheitlicht und veröffentlicht Gewässerdaten von über 15.000 Pegeln weltweit. Die Daten und Services von PegelAlarm tragen zur Gewässerinformation und -warnung von derzeit ca. 30.000 Menschen und Organisationen bei. Die Schnittstellen nach außen sind die Apps für iOS und Android, sowie der SMS- und Email-Warndienst und eine Reihe von IT-Schnittstellen (REST-APIs).

Der Kooperationspartner *VRVis Zentrum für Virtual Reality und Visualisierung Forschungs-GmbH* ist eine international anerkannte und Österreichs führende Einrichtung für anwendungsorientierte Forschung im Bereich Visual Computing. Die Forschenden am VRVis sind ExpertInnen darin, aus Daten Informationen und Bilder zu schaffen – denn Bilder sind die verständlichste Sprache der Welt. Die Forschungs- und Tätigkeitsfelder des VRVis reichen dabei von XR über Computer Vision und Data Science bis hin zu Simulationen etwa im Bereich hydrodynamischer Modellierungen. Das Tätigkeitsfeld Data Science beschäftigt sich mit der Implementierung von KI-basierten Lösungen komplexer Probleme, insbesondere durch die Verwendung von Machine Learning und Deep Learning.

Referenzprojekte mit Schwerpunkt auf längerfristigen Prognosen

Neben den Wasserstands- und Durchflusswerten erweitern Wasserstandsprognosen das Service-Portfolio von PegelAlarm. Die Prognosen werden für definierte Pegel permanent veröffentlicht. Zusätzlich werden Prognosen für einzelne Pegel automatisch erstellt, wenn hinsichtlich Hochwasser kritische Wasserstände vorherrschen. Das eingesetzte Prognosemodell basiert auf einer LASSO-Regression. Dabei wird für jeden Pegel P automatisiert ein Modell erstellt, das als Input die historischen Wasserstände des Pegels P und dessen Pegel-Oberläufer verwendet. Die Prognose wird stündlich aktualisiert und jedes Modell täglich neu berechnet.

Bei der Verarbeitung komplexer, zeitabhängiger Daten blickt das VRVis auf jahrelange Erfahrung in unterschiedlichen Anwendungen zurück. „Visplore“ ist eine Software, die die visuelle Untersuchung großer und komplexer multivariater Daten und Daten mit zeitabhängiger Semantik ermöglicht. Im Projekt "HORA 3" wurden Pegeldata der letzten Jahre aus ganz Österreich für die automatisierte Kalibrierung von Simulationsrauhigkeiten verwendet.

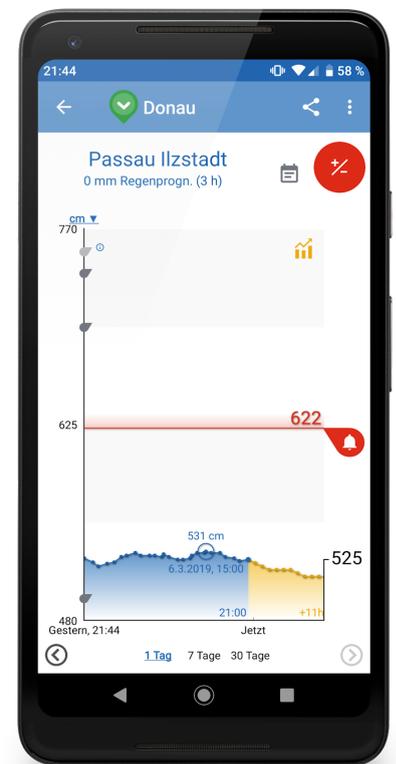


Abb.: Smartphone-App PegelAlarm

Das im Jahr 2019 von SOBOS und VRVis durchgeführte FFG-Kooperationsprojekt "Objektbezogene Hochwasserprognose" vereint in PegelAlarm die Prognose der Messstellen Kienstock, Dürnstein und Krems-Stein mit einer hydrodynamischen Simulation aus Visdom, um eine lokale Prognose an beliebigen Punkten der Gewässeroberfläche zu ermöglichen.

Das Ergebnis haben wir für die vorliegende Challenge online unter <http://dev.pegelalarm.at/paw/?latitude=48.39603&longitude=15.516087&zoom=14&welcome=false> veröffentlicht. Durch Klick auf einen beliebigen Punkt an der Wasseroberfläche im markierten Rechteck kann über das Menü die 3D-Simulation der aktuellen Prognose oder das Hochwasser von 2013 nachsimuliert werden.

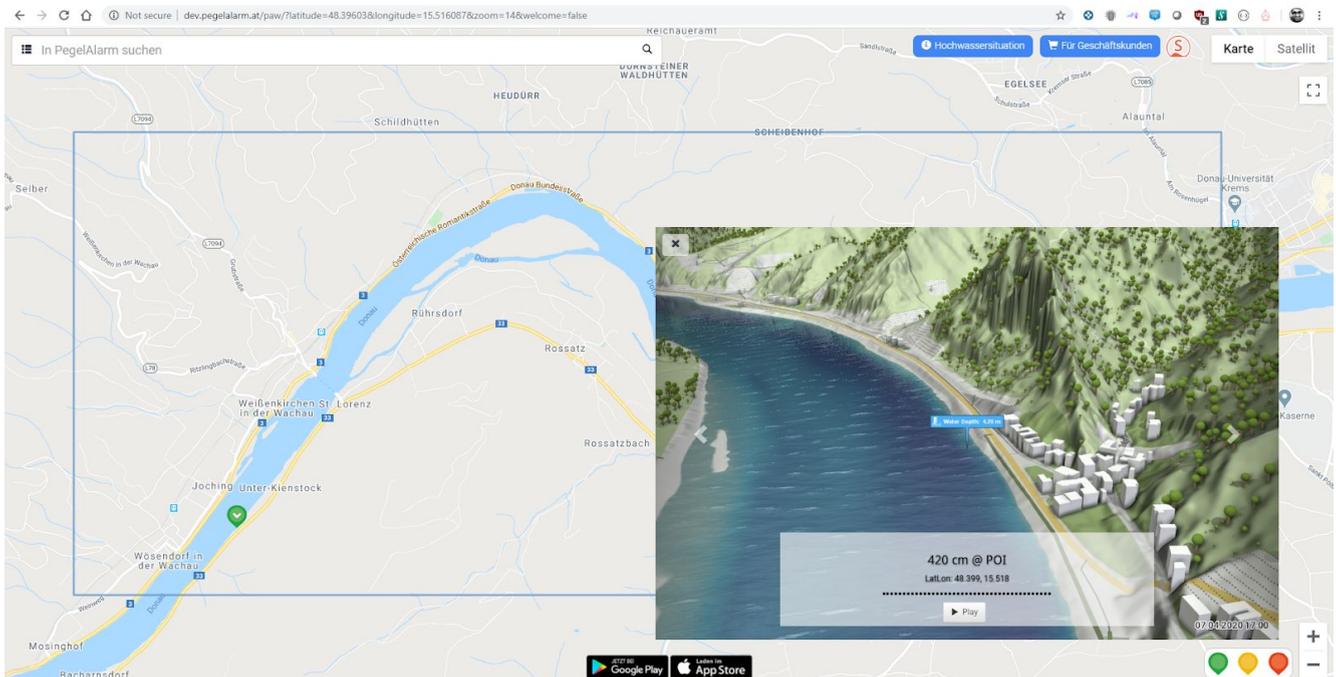


Abbildung: Ergebnis "Objektbezogene Hochwasserprognose"

Operationeller Betrieb von 24/7 online Systemen

SOBOS betreibt PegelAlarm seit 2014 und hat eine geplante Uptime von über 99.99 Prozent, was der Verfügbarkeitsklasse 4 entspricht. Das Produktivsystem wird von mehreren automatisierten Monitoring- und Recovery-Tools überwacht, was die maximale Funktionsfähigkeit und Fehlerresilienz ermöglicht.

Das VRVis betreibt seit Jahren das Entscheidungssystem "Visdom" im 24/7-Modus für wasserwirtschaftliche Anwendungen auf Basis von interaktiver Wassersimulation und Visualisierung. Angewendet wird es von Kunden im Bereich des Hochwasser- und Starkregenmanagements.

Erfahrungen in der Kundenbetreuung

Der Betrieb von PegelAlarm läuft 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche und hat aktuell ca. 30.000 Benutzer, für die Telefon und Email-Support bereitgestellt wird. Das gilt sowohl für B2C als auch für B2B-Kunden.

Personelle Kapazitäten des Unternehmens

Abhängig von den tatsächlichen Anforderungen sind für PegelCast2D ein Projektleiter, ein Data Scientist, ein Backend- und ein UX-Entwickler vorgesehen. Hinzu kommt das Team des VRVis mit

einem Data Scientist und einem UI-Entwickler. Bei Bedarf kann das Team aus einem Pool von 70 MitarbeiterInnen von SOBOS oder des VRVis aufgestockt werden.

Niederwasserprognose - Produktbeschreibung und Zugang

Zielsetzung und Erwartungshaltung an die Prognosegenauigkeit

Die von uns verwendete Methodik wurde bisher hauptsächlich in nicht-hydrologischen Bereichen eingesetzt. Dort hat diese deutlich bessere Leistung gezeigt als zuvor verwendete Methoden (siehe beigefügte Literatur *Referenzen.pdf*). Für diese Anwendung erwarten wir sowohl in der Kurz- als auch Langzeitprognose Verbesserungen im Vergleich zum derzeit eingesetzten Modell der TU Wien.

Methodik/Lösungsansatz/Datenaufbereitung/Datenmanagement

Die Modellierung von Zeitreihen und deren Vorhersage ist ein generisches Forschungsproblem mit vielen Anwendungsbereichen, wie Finanzen, Ingenieurwesen, Wirtschaft usw. Im Laufe der Jahre haben sich drei Arten von Modellen durchgesetzt: physikalische, statistische und seit kurzem auf künstlicher Intelligenz (KI) basierende Modelle. Je nach Anwendungsdomäne (bzw. Datendynamik) haben diese Modelle einen unterschiedlichen Grad an Effizienz gezeigt. Im Bereich der Hydrologie werden in der Forschungsliteratur die stochastischen Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)-Modelle [1,2] als Standardlösung genannt, die auch bei weniger Trainingsdaten verlässliche Kurzzeitprognosen für stationäre Zeitreihen liefern. Machine Learning Algorithmen, wie z.B. LASSO (verwendet in PegelAlarm), Support Vector Regression, Random Forests [3,4], Modular Regression (z.B. Facebook Prophet) [5], etc. wurden erfolgreich zur Vorhersage von Wasserständen von Flüssen und großen Wasserbecken eingesetzt. In letzter Zeit haben aufgrund der rasanten Entwicklungen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz Techniken des Deep Learning an Popularität gewonnen. Besonders erfolgreich sind Recurrent Neural Networks [6,7] und insbesondere die Long Short-Term Memory (LSTM) Networks [8], die eine sehr effektive Leistung bei der Modellierung hochgradig nichtlinearer Daten zeigen [9,10,11]. Deshalb entscheiden wir uns für die Umsetzung dieser Challenge für KI-basierte Modelle, insbesondere für LSTM-basierte Modelle. Darüber hinaus werden wir Modelle verwenden, die KI mit Fuzzy-Logik-Techniken und statistischen Modellen kombinieren. Unsere Prognosestrategie umfasst schematisch:

1. Modellierung und Erstellung einer Vorhersage für die Wasserstände an den angegebenen Pegeln unter Verwendung von:

- a. Deep Bidirectional LSTMs (BiLSTMs) [12]
- b. LSTM-Ensemble Prognose [13]
- c. Artificial Neurofuzzy-Inference System (ANFIS) [14]

Diese Methoden erreichen im Vergleich zu anderen populären Prognosealgorithmen eine überlegene Leistung auf dem neuesten Stand der Technik.

- d. Eine neuartige dynamische Kombination von generisch unterschiedlichen Modellen, z.B. einem LSTM-Modell und einem stochastisches Modell aus der ARIMA-Familie [15,16].
2. Optimierung und Bewertung der Leistung durch Berechnung der relevanten Fehler mittels z.B. Root Mean Square Error (RMSE) oder Mean Absolute Error (MAE, etc.) aller vorgeschlagenen Methoden.
 3. Implementierung der leistungsstärksten Methode bzw. Kombination von Methoden.

- Berechnung der Wasserstände für Punkte zwischen zwei Pegeln durch die rasche und hochaufgelöste hydrodynamische 2D-Simulation von Visdom [17,18].

Das Retraining des Modells mit den jeweils neu gemessenen Wasserständen wird täglich durchgeführt, um zukünftig noch genauere Vorhersagen zu ermöglichen.

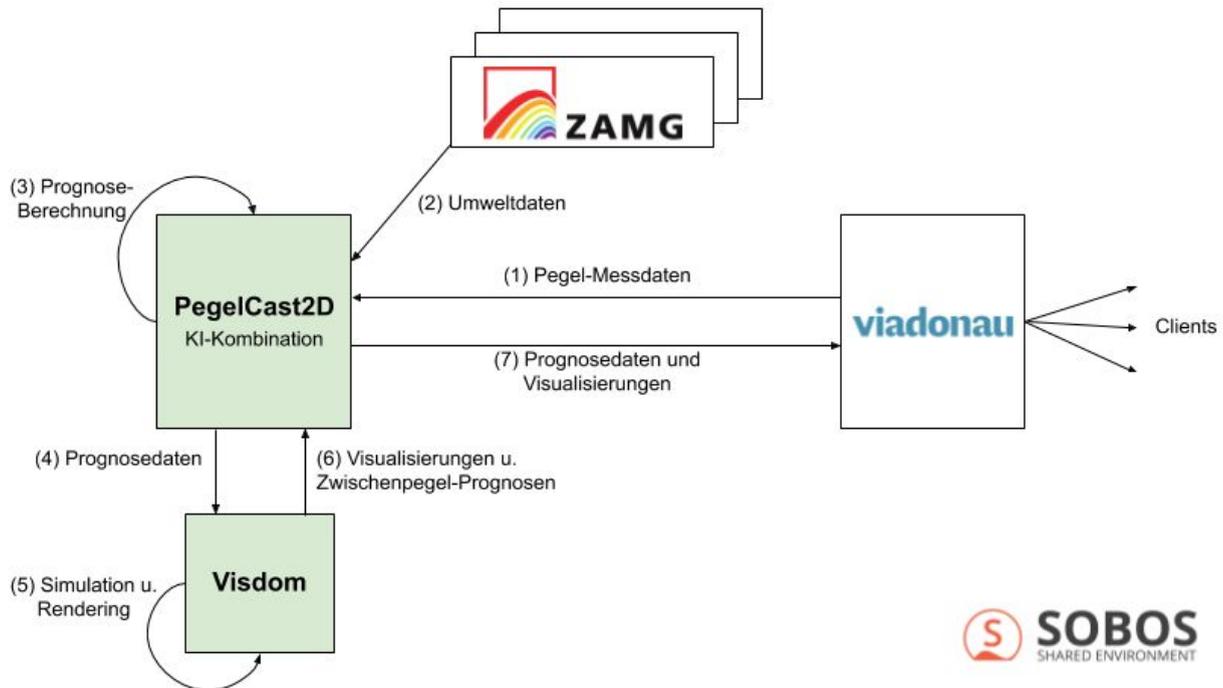


Abbildung: Architekturübersicht und Prognoseablauf

Datenquellen für Einzugsgebiete

Wir werden folgende Daten aus dem Einzugsgebiet der Donau und ihrer Zubringer einbeziehen: historische und aktuelle Pegelstände, Grundwasserstände, historische und prognostizierte Niederschlagsmengen, Temperaturen, Luftfeuchte und Sonneneinstrahlung. Diese Daten planen wir von folgenden Partnern bzw. Portalen zu beziehen: viadonau, ZAMG, PegelAlarm, openweathermap.com, ehyd.gv.at und Copernicus.

Optimierung Kundensichtweise: Darstellung/Kommunikation

Wir gehen davon aus, dass die Pegelprognose über die Kanäle API, Web und App veröffentlicht wird. In allen drei Bereichen verfügt SOBOS über Erfahrung durch die Entwicklung von PegelAlarm. Im Umsetzungsprojekt planen wir Design Thinking Workshops. Dabei werden die Anforderungen der Nutzer aus verschiedenen Stakeholder-Gruppen (Auftraggeber, Frächter, Wehrbetreiber etc.) strukturiert ermittelt und konkrete Lösungsvorschläge dafür erarbeitet.

Anpassung an sich ändernde Randbedingungen

Durch den Einsatz eines KI-Modells, das täglich von neuen Messdaten lernt, passt sich das Ergebnis an sich ändernde Randbedingungen automatisch an. Dafür ist es notwendig repräsentative, historische Kennzahlen, die die Randbedingungen widerspiegeln, einzubinden.

Hürden und Grenzen

Auch wenn es einige physikalische und statistische Modelle gibt, die bei der Vorhersage des Wasserstandes in den ersten Stunden und bis zu 3 bis 5 Tagen einigermaßen verlässliche Ergebnisse erzielen, können azyklische Kraftwerkssteuerungen und ungenaue Wetterprognosen zu Herausforderungen bei der Prognoseberechnung führen. Daher verwendet unser Ansatz neuartige Algorithmen, die für die Modellierung und Vorhersage von Zeitreihendaten in der Hydrologie und anderen Anwendungsbereichen (Prognose der Nutzlast von Rechenzentren) entwickelt wurden und welche die genannten Herausforderungen berücksichtigen können.

Mehrwert

Verbesserung der Logistik-Planungssicherheit

Die Stärke unserer Strategie liegt in der Kombination mehrerer Modelle: physikalische (hydrodynamische), statistische und KI-basierte Modelle. Mit dieser Kombination werden wir eine erhebliche Verbesserung der Genauigkeit auf die Länge des Vorhersagezeitraums erreichen. Diese Genauigkeit liefern wir nicht nur für die Orte der beiden Messpegel sondern auch für jeden Punkt der Donauoberfläche dazwischen. So kann Nutzern nicht nur der Wasserstand zum Pegelnullpunkt sondern anhand der Topologiedaten auch der effektiv niedrigste Tiefgang je Flussabschnitt oder Fahrtroute bereitgestellt werden.

Domänenwissen

SOBOS und VRVis sind Partner aus dem Bereich Hydrologie und Informationsverarbeitung. Durch die mehrjährige Erfahrung in der Entwicklung und im Betrieb der Plattformen PegelAlarm und Visdom können wir neben der Fachkompetenz auch unser Branchen-Knowhow in der Projektabwicklung einbringen und so effiziente Kommunikation und Zusammenarbeit sicherstellen.

Erleichterung in der Schiffs-Navigation

Das von uns angebotene System stellt die Mess- und Prognosewerte in einer 3D-Visualisierung des Donauflussbetts und der unmittelbaren Umgebung dar - diese Visualisierung schafft einen erheblichen Nutzen für Frächter, da die optimale Route angezeigt werden kann.

Manuelle Korrektur & Konfiguration

Unser angebotenes System "PegelCast2D" erlaubt das manuelle Überschreiben der Prognose durch einen Operator. Zudem kann der Auftraggeber flexibel die zu berechnende Prognoselänge zur Laufzeit konfigurieren. So kann explizites Wissen wie beispielsweise von Kraftwerkssteuerungen kurzfristig eingebracht und die Prognose verbessert werden.

Visualisierung der Prognosewahrscheinlichkeiten

Die bekannte Trichterdarstellung wird farblich erweitert um Wahrscheinlichkeitsbänder vom jeweils obersten Prognosewert, über den wahrscheinlichsten Prognosewert bis zum niedrigsten Prognosewert - sowohl in 2D-Diagrammen als auch dem 3D-Rendering der Schiffsroute.

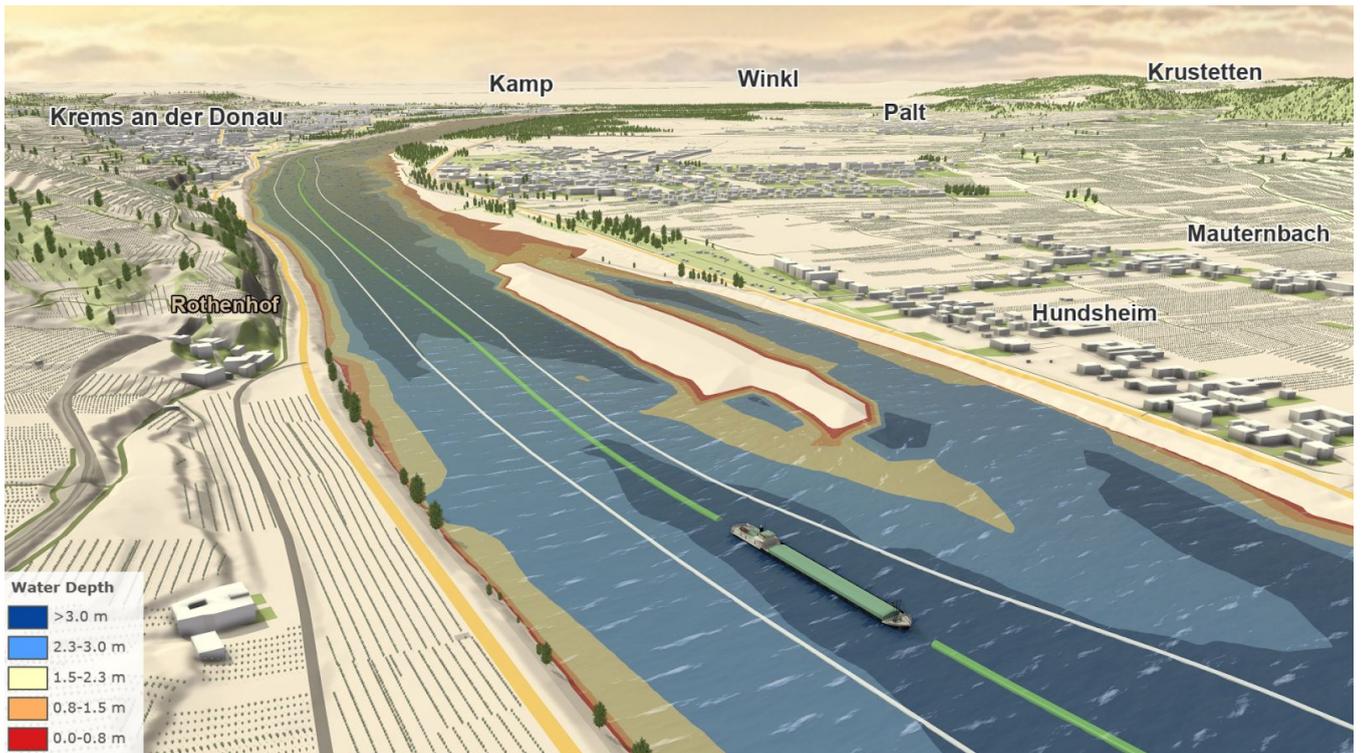


Abbildung: Integrierte Berechnung und interaktive Visualisierung der optimalen Schiffsroute

Optionales Angebot: Forecast as a Service

Wir möchten dem Auftraggeber optional anbieten, die Prognose als Dienstleistung von unserer Infrastruktur abzurufen. Dadurch stehen der viadonau alle berechneten Werte und Visualisierungen als Web- und Cloud-Service zur Verfügung. Dies erspart dem Auftraggeber den Betrieb von Hardware und die Überwachung sowie das Management der Prognoseerstellung. Zusätzlich stehen laufend Reports zur erreichten Prognosequalität zur Verfügung.

Zusammenfassung

Unsere Prognosestrategie umfasst die Modellierung und Erstellung einer Vorhersage für die Wasserstände an den angegebenen Pegeln unter Verwendung von verschiedenen Varianten und Kombinationen der Long Short-Term Memory Networks. Diese Methoden erreichen im Vergleich zu anderen populären Prognosealgorithmen eine überlegene Leistung auf dem neuesten Stand der Technik. Neben der Prognoseerstellung berechnet unser System auch Wasserstände für Punkte zwischen zwei Pegeln durch die hydrodynamische 2D-Simulation von Visdom. Darüber hinaus bietet es eine interaktive 3D-Darstellung für die Umgebung eines Point-of-Interest.