

Beschaffung eines integrierten, hydrodynamischen Niederschlag-Abfluss-Simulationsmodells

Begründung der Direktvergabe eines Auftrages zur Erstellung eines digitalen Hydro-Zwillings für Bayern an die VRVis GmbH aus Wien

1. Einleitung

1.1 Projektübersicht

Im Rahmen der strategischen Weiterentwicklung wasserwirtschaftlicher Simulationswerkzeuge plant das Bayerische Landesamt für Umwelt die Einführung eines innovativen und erweiterbaren Softwaresystems. Auf einem digitalen Modell des Freistaats Bayern soll der Niederschlag-Abfluss-Prozess durch eine Computersimulation nachgebildet werden. Die Bedienung und Simulation ist interaktiv und browserbasiert vorgesehen und soll es ermöglichen, Szenarien für Sturzfluten und Flussüberschwemmungen darzustellen sowie Maßnahmen zur Hochwasservorsorge und -bewältigung zu planen („Hydro-Zwilling“). Für die Einführung des Systems ist ein zweistufiges Vorgehen geplant:

Erste Stufe:

1. **Aufbau eines Basismodells des Hydro-Zwillings:** Dies umfasst die Integration zentraler, landesweiter Datensätze sowie die detaillierte Aufnahme spezifischer Informationen für fünf ausgewählte Einzugsgebiete in das bereitzustellende Softwaresystem auf einem Server des Auftragnehmers.
2. **Erstellung einer bayernweiten interaktiven Starkregengefahrenkarte.**
3. **Zeitlicher Rahmen:** Die erste Vergabestufe, insbesondere die Erstellung der bayernweiten Starkregenkarten, ist innerhalb von 18 Monaten abzuschließen, um die zeitlichen Vorgaben des Finanzierungsrahmens einzuhalten. Dies ist entscheidend für die fristgerechte Umsetzung und Nutzung der bereitgestellten Mittel.

Zweite Stufe:

1. **Migration/Integration des Softwaresystems:** Überführung auf Server des Freistaates Bayern oder eines vom Freistaat beauftragten Dritten.
2. **Implementierung eines Datenversionierungssystems:** Ermöglicht die Archivierung aktualisierter Datenbestände und die Nutzung historischer Datenstände, z. B. zur Rekonstruktion früherer Planungsvarianten.
3. **Zugriffsmanagement:** Erweiterung der browserbasierten Zugriffsmöglichkeiten (keine Desktopinstallationen) für unterschiedliche Nutzer und mit unterschiedlichen Berechtigungen, auch außerhalb des Behördennetzwerks.
4. **Lizenzumfang (Landeslizenz):** Bereitstellung einer vollumfänglichen Softwarelizenz für das Gesamtsystem ohne Laufzeitbeschränkung oder Zugriffslimitierung an den Auftraggeber. Dadurch kann dieser nach eigenem Ermessen Zugriffe auf jeglicher Benutzerebene auf die Simulations-, Daten- und Visualisierungsserver ggf. auch an Dritte weitergeben.
5. **Anpassung an spezifische Anforderungen:** Modifikation einzelner Systemkomponenten entsprechend spezifischer Bedürfnisse.

Die Einführung eines Systems, wie oben beschrieben, erfordert eine intensive Begleitung durch den Auftragnehmer. Hierzu sind ein deutschsprachiger, technischer Support und Ansprechpartner nötig.

1.2 Zielsetzung/Ergebnis

Nach Abschluss der zweiten Stufe soll ein Softwaresystem zur Verfügung stehen, das in der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung als zentrale Browseranwendung, mit flexibler Nutzerverwaltung und freier Lizenzverwaltung verschiedene Aufgaben erfüllen kann:

- **Werkzeug für Starkregen- und Flusshochwasser-Modellierung:** Einsatz an den Wasserwirtschaftsämtern und für Arbeiten am Basismodell durch beteiligte Ingenieurbüros
- **Ermittlung hydrologischer Planungsgrundlagen:** Bestimmung von Kennwerten und Bearbeitung von Bemessungsaufgaben z. B. Erstellung von Längsschnitten
- **Leistungsstarke 3D-Visualisierung:** Interaktive Modellbedienung, Datenpflege und flächige Darstellung von Simulationsergebnissen u.a. der Starkregenkarte oder von operationellen Hochwasservorhersagen (digitales wasserwirtschaftliches Landesmodell)
- **Einheitliches Datenmanagement:** Primärsystem zur Verwaltung, Editierung und Fortschreibung aller benötigten Daten für die hydrodynamische Niederschlag-Abfluss-Modellierung in Bayern

Die für das System erforderliche Infrastruktur (Hardware) soll in Landeshand verbleiben.

1.3 Zweck des Dokuments

Zur Umsetzung des oben genannten Vorhabens wurde eine Markterkundung durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass nur ein Unternehmen, die VRVis GmbH, in der Lage ist, diese speziellen Anforderungen vollständig zu erfüllen. Insbesondere verfügt VRVis über einzigartige technische Fähigkeiten und Funktionen, die für das Vorhaben unverzichtbar sind und von keinem anderen Anbieter gegenwärtig in gleicher Weise bereitgestellt werden können.

Aus diesem Grund wird eine Direktvergabe an die VRVis GmbH angestrebt. Die rechtliche Grundlage hierfür bildet § 14 Abs. 4 Nr. 2 der Vergabeverordnung (VgV), der eine Vergabe ohne vorherigen Aufruf zum Wettbewerb zulässt, wenn aus technischen Gründen oder aufgrund des Schutzes ausschließlicher Rechte nur ein bestimmter Wirtschaftsteilnehmer als Auftragnehmer in Betracht kommt.

2. Beschreibung der Leistungsanforderungen

2.1 Technische Spezifikationen

Das erforderliche Softwaresystem muss bereits zu Beginn der Vergabe in wesentlichen Bestandteilen vorliegen und praxiserprobt sein, da insbesondere die erste Vergabestufe zeit- und ressourcenkritischen Limitierungen unterliegt, welche auf die bereits bestehende Zeitplanung des Projektes „Hydraulogie“ zurückzuführen sind. Es besteht daher nicht die Möglichkeit, wesentliche für die erste Stufe erforderliche Softwarekomponenten neu zu entwickeln.

Das anzuschaffende System soll die folgenden Kernbestandteile umfassen:

- a) **Leistungsstarke Modellierungssoftware:** Geeignet für pluviale und fluviale Hydrodynamik, konform mit der HWRM-RL und idealerweise entsprechend „Handbuch hydraulische Modellierung“. Ausgestattet mit einer intuitiv bedienbaren graphischen Benutzeroberfläche, hoch-performanten und GPU-basierten Berechnungsalgorithmen und einem effektiven und intuitiven Szenarienmanager.

Begründung: Dem LfU steht Modellierungssoftware zur Verfügung, welche insbesondere für fluviale Hydrodynamik gut geeignet ist, es besteht ein technischer Nachholbedarf im Bereich der pluvialen Hydrodynamik. Die neue Software sollte daher die Fähigkeitslücke in der pluvialen Modellierung schließen und gleichzeitig eine Basis dafür bieten, dass die Trennung

zwischen pluvialen und fluvialen Betrachtungen zukünftig abgebaut werden kann. Daher muss auch die Fähigkeit für fluviale Simulationen vorhanden sein.

- b) Datenmanagementsystem: benötigt wird ein zukunftsfähiges System zur redundanzfreien und überlappungsfreien Datenhaltung, dass die automatisierte Erstellung von hydrologisch-hydrodynamisch gekoppelten Modellen inklusive aller erforderlichen Randbedingungen ermöglicht. In das Datenmanagementsystem müssen alle für die Modellierung relevanten Daten (u. a. Zeitreihen, punkt-, linien- und flächenhafte Vermessungs- und Geodatenätze für die komplette Landesfläche des Freistaats) integriert werden können. Geodatenobjekte sind in einer Datenbank organisiert und können beliebig editiert, visualisiert und lokalisiert werden. Datensätze können intuitiv und interaktiv aktualisiert, editiert oder über Schnittstellen aus bzw. in andere Datensystemen des AG importiert bzw. exportiert werden (digitaler Hydro-Zwilling).

Begründung: Für die Durchführung von hydrodynamischen Niederschlag-Abfluss-Modellierungen wird wiederkehrend eine Vielzahl von Daten benötigt. Eine effiziente, intelligente und zukunftsweisende Datenhaltung zur Vermeidung von Redundanzen und zur strukturierten Organisation der bestehenden Daten ist daher eine zentrale Anforderung an ein neues Simulationssystem.

- c) Das Datenmanagementsystem muss direkt mit der Software gekoppelt sein und über entsprechende Schnittstellen verfügen, um z. B. Aktualisierungen von Grundlagendaten wie dem DGM unmittelbar, turnusgemäß und zentral für alle neuen Modellierungen zur Verfügung stellen zu können.

Begründung: Bei den für Modellierungen notwendigen Daten kommt es regelmäßig zu lokalen Aktualisierungen, welche aus voneinander unabhängigen Projekten resultieren. Die Pflege dieser Datensätze muss bei der Neuanschaffung eines Systems direkt mitgedacht werden.

- d) Cloud-basierte Anwendung: Das System muss serverbasiert sein und browserbasierte Zugriffsmöglichkeiten bieten. Web-Client-Interfaces, Login-System und serverseitige Speicherung von Sitzungen sind erforderlich.

Begründung: Cloud-basierte Webanwendungen bieten verwaltungstechnisch enorme Vorteile, da auf lokalen Arbeitsplätzen keine Installation mehr erforderlich ist. Dadurch ist es möglich, die Software auch in der Breite der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung flexibel und für vielfältige Anwendungszwecke einsetzen zu können. Die Konzeption als Browseranwendung bietet zudem auch Dritten (z.B. Ing.-Büros) die Möglichkeit flexibel Zugriff auf das Basismodell zu gewähren z. B. für die Erstellung von Modellen und entsprechende Arbeiten an den Datengrundlagen.

- e) Es ist eine hochauflösende 3D-Steuerung und -Visualisierung erforderlich.

Begründung: Eine ansprechende und verständliche Visualisierung von Modellierungsergebnissen ist für die Informationsvorsorge und Kommunikation von Gefahren aus Hochwasser und Starkregen integraler Bestandteil des Bevölkerungsschutzes. Eine interaktive Steuerung des Systems über eine graphische Benutzeroberfläche mit leistungsstarker 3D-Visualisierung garantiert zudem eine einfache, zeitgemäße Bedienung und wird als großer Vorteil gegenüber Systemen gewertet, wo z. B. noch Steuerdateien zum Einsatz kommen.

- f) Das System soll ein Rollen- bzw. Mandantenmanagementsystem zur Verwaltung/Organisation der parallelen Modellbenutzung und Szenarienbearbeitung für unterschiedliche Nutzergruppen (Geodaten-Admins, QS-Admins, LfU/WWA-MA, Ing.-Büros, ggf. Kommunen sowie Öffentlichkeit) enthalten. Die Verwaltung der Zugriffsrechte (lesen/schreiben, zeitliche/räumliche Beschränkung) muss zentral durch den AG möglich sein.

Begründung: Die geplante Art der Nutzung des Systems, mit flexibler Handhabung von Zugriffsrechten auf unterschiedlichen Arbeitsebenen, erfordert eine Rechteverwaltung, die den entsprechenden Nutzergruppen angepasst ist.

Vom Anbieter müssen zudem bereits entsprechende Referenzen für ähnliche Anwendungen des Systems vorliegen, welche die o.g. Anforderungen an Datenmanagement, Mandantenmanagement, 3D-Visualisierung und Performance belegen.

3. Durchgeführte Markterkundung

3.1 Vorgehensweise

Die angestrebte Vergabe ergibt sich aus einem Prozess, in dem eine Zielvorstellung entwickelt wurde. Diese betrifft die Weiterentwicklung der Infrastruktur und Software für die Modellierung von Starkregen und Flusshochwasser sowie die Hochwasservorhersage in den Abteilungen 6 und 8 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. Zunächst wurde eine umfassende Recherche und Analyse verschiedener hydrologischer und hydraulischer Modellierungssoftware durchgeführt. Auf Basis dieser Vorarbeiten erarbeitete das LfU eine konkrete Zielsetzung für das anzuschaffende System und führte eine Markterkundung durch. Bei dieser wurden potentiell geeignete Systeme recherchiert und deren Hersteller angeschrieben und um eine Stellungnahme gebeten. Die eingegangenen Rückmeldungen wurden eingehend geprüft und mit den Anforderungen des LfU abgeglichen.

Eine Übersicht der betrachteten Softwaresysteme findet sich in Tabelle 1.

Die gesamte Markterkundung einschließlich Recherche umfasste einen Zeitraum von mehreren Monaten. Die offizielle Anfrage an sechs ausgewählte Unternehmen erfolgte am 24.07.2024, die Auswertung der Rückmeldungen und die Berücksichtigung der Antworten endete am 25.09.2024.

Im nächsten Abschnitt werden die einzelnen Softwarelösungen und die Ergebnisse der Markterkundung detailliert vorgestellt.

Tabelle 1: Übersicht der Software, welche im Zuge der Markterkundung genauer betrachtet wurde.

Software	Institution	EU Niederlassung	Schwerpunkt	Einzelfallbetrachtung	Markterkundung
VISDOM	VRVis	Ja	Hydrodynamik (2D)	In Markterkundung einbezogen	Anforderungen erfüllt
MIKE (Modellfamilie)	DHI	Ja	Hydrologie und Hydrodynamik (2D)	In Markterkundung einbezogen	Browserfunktionen nur teilweise vorhanden
HYDRO-AS 2D/SMS	Hydrotec/Aquaveo	Ja	Hydrodynamik (2D)	In Markterkundung einbezogen	Viele Funktionen noch in Entwicklung
InfoWorks ICM	Autodesk	Ja	Hydrodynamik (2D)	In Markterkundung einbezogen	Browserfunktionen nur teilweise vorhanden, GUI
GEOCPM	Tandler	Ja	Hydrodynamik (2D)	In Markterkundung einbezogen	Keine Browser- und Cloudfunktionalitäten
Delft (Modellfamilie)	Deltares	Ja	Hydrodynamik (2D)	In Markterkundung einbezogen	Kein deutscher Support
TELEMAC2D	EDF/CEREMA	Ja	Hydrodynamik (2D)	Keine GUI	
FloodAreaHPC	Geomer GmbH	Ja	Hydrodynamik (2D)	CPU basiert	
EGL-X	LfU Bayern	Ja	NA Modellierung		
BFGM	KIT und LUBW	Ja	NA Modellierung		
Larsim	Entwicklergemeinschaft	Ja	NA und Wasserhaushalts Modellierung		
NASIM	Hydrotec	Ja	NA und Wasserhaushalts Modellierung		
AKWA-M	Hydro-Consult GmbH	Ja	NA und Wasserhaushalts Modellierung		
RoGeR	Universität Freiburg	Ja	NA Modellierung		
HBV	Schwedisch Meteorologisches und Hydrologisches Institut	Ja	NA Modellierung + Schnee/Bodenfeuchte etc.		
Catflow	Karlsruher Institut für Technologie	Ja	Stofftransport und Bodenwasserhaushalt		
HEC-RAS	US Army Corps of Engineers	Nein			
HydroGeosphere HGSRT	Aquanty/Universität Waterloo	Nein			
SWAT Soil and Water Assessment Tool	USDA Agricultural Research Service	Nein			
VIC Variable Infiltration Capacity	University of Washington	Nein			
TOPMODEL	University Lancaster (Keith Beven)	Nein			
TUFLOW	BMT Group	Nein			
PCSWMM	Computational Hydraulics International (CHI)	Nein			
JFLOW	JBA Consulting	Nein			

Erläuterungen zur Vorgehensweise

1. EU-Niederlassung: Prüfung ob eine EU-Niederlassung vorhanden ist. Falls nicht, kommt das System bzw. die dahinterstehende Organisation nicht für eine EU-weite Ausschreibung infrage.
2. Schwerpunkt: Alle betrachteten Softwareprodukte befassen sich mit der Modellierung von hydrologischen und/oder hydrodynamischen Prozessen. Mindestanforderung war hier ein Hydrodynamik-Ansatz (2d).
3. Einzelfallbetrachtung: Die verbliebenen Systeme wurden eingehend betrachtet und sofern wichtige Anforderungen offensichtlich nicht erfüllt werden, wurde das entsprechende System ausgeschlossen.
4. Markterkundung: Die Institutionen hinter den verbliebenen Systemen wurden einzeln angeschrieben und die Rückmeldungen händisch ausgewertet sowie in den bestehenden Wissenstand eingeordnet.



3.2 Ergebnisse der Markterkundung

Deltares:

Auf das Schreiben zur Markterkundung meldete die Firma Deltares sich mit der Bitte zurück, die Anfrage auf Englisch zu erhalten, da keine deutschsprachigen Bearbeiter zur Verfügung stünden. Nachdem wir unser Anliegen auf Englisch geschildert hatten, wurde uns mitgeteilt, dass unser Schreiben an die zuständige Person im Unternehmen übermittelt wurde und diese sich entweder bei uns oder hausintern zurückmelden werde. Eine weitere Rückmeldung erreichte uns bis zum Ende der Markterkundung nicht. Es wird davon ausgegangen, dass seitens Deltares entweder nicht genügend deutschsprachige Kapazitäten vorhanden sind oder kein weitergehendes Interesse am Projekt besteht.

Ausschluss aufgrund von „1. Einleitung“, Schlusssatz (deutschsprachiger Support)

Tandler Ges. für Umweltinformatik mbH:

Aus der Rückmeldung der Fa. Tandler geht hervor, dass wesentliche Kriterien, z.B. Cloud- und Browserfunktionalitäten, des geforderten Systems nicht erfüllt werden können.

Ausschluss aufgrund von „2. Beschreibung der Leistungsanforderungen“, Punkte c, d, f.

Autodesk:

Autodesk bietet einen Lösungsansatz auf Basis der Software InfoWorks ICM an. Im Vorlauf der Markterkundung wurde dem „Hydraulogie“-Projektteam die Möglichkeit für einen umfangreichen Softwaretest gegeben, wodurch eigene Erfahrungen gesammelt werden konnten. Die Rückmeldung der Firma Autodesk suggerierte zunächst eine gute Eignung, spezifische Rückfragen basierend auf eigenen Tests ließen jedoch erkennen, dass einige zentrale Anforderungen nicht erfüllt werden:

- Spezifische Funktionen, wie z.B. der Download von Geodaten in Auswahlbereichen oder die automatisierte Modellerstellung auf Basis von Gebietsumgriffen sind bisher nur über individuelle Programmierungen / Scripting (SQL, Ruby) möglich. Die hierfür erforderlichen Fähigkeiten und Ressourcen sind in der Wasserwirtschaftsverwaltung nicht vorhanden. Entsprechende Softwareweiterentwicklungen sind denkbar, aber zeitaufwendig, wodurch eine Umsetzung in Stufe 1 unter den gegebenen Umständen nicht möglich ist.
- Die Browserfunktionalität erlaubt lediglich eine Visualisierung von Ergebnissen und keine Modellerstellung. Es müssten daher wesentliche Bestandteile in der Browseranwendung neu geschaffen werden, was einen erheblichen Zusatzaufwand bedeuten würde.
- Beim intensiven Test der Software durch das Projektteam blieben die tatsächlich zur Verfügung gestellten Funktionen z.T. deutlich hinter den Erwartungen zurück. Es entstand der Eindruck, dass hier noch viel Entwicklungsarbeit in das Produkt investiert werden muss.
- Die Praxiserfahrung mit der Software zeigte zudem, dass die Visualisierungsmöglichkeiten hinter denen der Mitbewerber zurückbleiben. Die Software hat zudem einen technischeren Charakter als für die angestrebte Kernanwendung vorgesehen. Ein Ausrollen des Systems in der Breite der bayerischen Wasserwirtschaft würde zahlreiche technische Anpassungen erfordern, deren Umfang aktuell nicht genau abzuschätzen ist.

Autodesk konnte bei zahlreichen der angefragten Leistungen den nötigen Aufwand nicht abschätzen. Was unserer Ansicht nach darauf hindeutet, dass für diese Funktionen kein ausreichendes Konzept



vorhanden ist, um eine Aufwandsschätzung durchzuführen. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Integration von Datensätzen.

Ausschluss aufgrund von „2. Beschreibung der Leistungsanforderungen“, Punkt d, e, f (teilweise)

Hydrotec:

Hydrotec präsentierte dem LfU ein umfassendes Konzept für einen hydrologischen Zwilling, das auf einem aktuell laufenden Projekt in Zusammenarbeit mit dem Saarland basiert. Viele der von Hydrotec eingesetzten Werkzeuge sind in der Praxis bewährt und haben sich in verschiedenen Anwendungen als geeignet erwiesen. Allerdings besteht ein entscheidendes Problem darin, dass zahlreiche der angebotenen Lösungen zum jetzigen Zeitpunkt nicht verfügbar sind und die Entwicklung der entscheidenden Werkzeuge laut Aussage des Anbieters in etwa zehn Monate beanspruchen wird. Aus unseren Erfahrungswerten bei der Neuentwicklung von Software ist vor der Einführung zunächst noch eine ausführliche Phase der Praxiserprobung und Evaluierung der Anwendung notwendig. Dieser Prozess ist in der Regel aufwändig und zeitintensiv. Noch nicht vorhandene Werkzeuge können nicht fachgerecht beurteilt werden und eine fristgerechte Umsetzung in Vergabestufe 1 ist daher nicht zu erwarten. Die Firma scheidet daher aus.

Ausschluss aufgrund von „2. Beschreibung der Leistungsanforderungen“, Punkte b, c, d, f

DHI Wasy:

DHI Wasy verfügt über ein breites Spektrum an Werkzeugen, welche für sich genommen die gestellten fachlichen Anforderungen erfüllen können. Abweichungen von den Vorstellungen des LfU finden sich jedoch bei den folgenden Punkten:

- Browseranwendung: DHI bietet für manche der geforderten Werkzeuge eine browserbasierte Softwarelösung (MIKE Operations/MIKE Cloud). Insbesondere das Werkzeug MIKE+ ist jedoch nicht als Webanwendung verfügbar, diese stellt einen wesentlichen Bestandteil der Softwareanwendung dar, da hiermit die eigentliche Modellierungsarbeit durchgeführt wird, sie ist insbesondere für die Erstellung von Modellen nötig. Zwar ist es möglich, über MIKE Cloud Simulationen anzustoßen, die Modellerstellung selbst müsste jedoch weiterhin über die lokale Installation von MIKE+ ablaufen. Dies schränkt das Anwendungskonzept mit temporären Systemzugängen für Dritte, auch auf Bearbeiterebene, signifikant ein.
- Rollen- bzw. Mandantenmanagementsystem (Lizenzverwaltung): Für die Lizenzverwaltung stellt DHI zwei Varianten zur Verfügung: die Internetlizenz und die Dongle-Netzwerk-Lizenzverwaltung. Das Rollenmanagement ist dabei auf die jeweiligen Softwarepakete beschränkt und erlaubt nicht die vorgesehene, hochgranulare Rechteverwaltung z.B. innerhalb von MIKE+. Damit ist die vom LfU angestrebte Flexibilität nicht gegeben. Auch die angestrebte, freie Skalierbarkeit an verfügbaren Lizenzen, lediglich auf Basis der zur Verfügung gestellten Hardware ist über das Lizenzmodell von DHI nicht vorgesehen.
- Visualisierung: Die Visualisierung erfolgt über freischaltbare Add-Ons für ArcGIS-Pro zur 3D-Visualisierung. Es besteht also eine Abhängigkeit von ArcGIS, dessen Nutzung, aufgrund stark steigender Lizenzkosten, am LfU planmäßig verringert werden soll.

Ausschluss aufgrund von „2. Beschreibung der Leistungsanforderungen“, Punkt d, e und f

VRVis:

Die Rückmeldung von VRVis zu Ihrem Produkt „Scenarify“ entspricht den Vorstellungen des LfU, welche Vorteile hier im Besonderen gesehen werden findet sich unter „4. Begründung der technischen Alleinstellung“.

4. Begründung der technischen Alleinstellung

Nach eingehender fachwissenschaftlicher Recherche und umfassender Markterkundung sind den Referaten 86 und 63 des LfU keine Systeme außer der Software „Scenarify“ bekannt, welche die Breite der Anforderungen an einen Hydro-Zwilling im Rahmen unserer Zielsetzungen erfüllen können. Die geprüften Kriterien umfassen dabei technische Fähigkeiten, lizenzrechtliche Fragen, die Möglichkeiten im Bereich der Systemweiterentwicklung sowie die spezifischen Begleitumstände des Auftraggebers zum Zeitpunkt der Vergabe.

4.1 Technische Fähigkeiten

I. GPU-basierte Berechnungen

- Scenarify basiert, wie auch bisher verwendete Systeme, auf der vollständigen Lösung der Flachwassergleichungen (Saint-Venant-Gleichungen). Im Gegensatz zu vielen anderen Systemen ist Scenarify jedoch in der Lage, diese Berechnungen GPU-basiert statt CPU-basiert durchzuführen, was zu deutlich verkürzten Rechenzeiten führt. Studien zeigen hier eine bis zu 1000-fache Beschleunigung (Buttinger-Kreuzhuber et al., 2022). Obwohl einige andere Systeme inzwischen ebenfalls GPU-Unterstützung bieten, erreicht Scenarify eine Performance und Effizienz, die nach unserem Stand bisher einzigartig ist (Buttinger-Kreuzhuber et al., 2022 a + b).

II. Interaktive Ergebnisausgabe und Visualisierung

- Die Ergebnisausgabe erfolgt visuell in ansprechenden 2D- und 3D-Animationen. Maßnahmen und Versagensfälle können direkt, ohne zusätzliche Prozessierung des zugrundeliegenden digitalen Geländemodells oder Rechengitters, in laufende Simulationen integriert und im Wirkgefüge überprüft werden. Diese Form der Ergebnisausgabe erlaubt die Darstellung von interaktiven Starkregenkarten wie dies bei keinem anderen uns bekannten System der Fall ist. Die hierfür benötigten Rechenzeiten sind minimal. Vergleichbare Ansätze mit dieser Performanz werden von anderen Systemen derzeit nicht angeboten bzw. können auch nicht in angemessener Zeit entwickelt werden. Die Visualisierung ist dabei eine klare Stärke des Systems, nicht nur für die Bedienung und Modellerstellung, sondern z. B. auch im Hinblick auf die Kommunikation der Ergebnisse.

III. Fortschrittliches Datenmanagement

- Im Bereich des Datenmanagements bietet Scenarify hohe Standards. Aktualisierungen von Grundlagendaten, wie zum Beispiel dem Digitalen Geländemodell (DGM), können ohne Verluste und ohne erneute vollständige Neuberechnung integriert und dokumentiert werden (Buttinger-Kreuzhuber et al., 2022). Auch die automatische Überprüfung der Konsistenz von hochaufgelösten Eingangsdaten, die für hydraulische Modellierungen essenziell sind, ist gewährleistet (Wimmer et al., 2021). Damit stellt Scenarify nicht nur Werkzeuge zur Modellierung von Fluss- und Starkregenereignissen bereit, sondern bietet auch eine robuste und konkurrenzlose Infrastruktur für die Datenhaltung bei sich kontinuierlich verändernden und wachsenden Basisdatenbeständen.

IV. Einzigartige Systemarchitektur

- Ein ausschlaggebendes Alleinstellungsmerkmal von Scenarify ist die Systemarchitektur, die von den uns bekannten Systemen als einziges vollständig den Anforderungen des LfU entspricht. VRVis bietet alle Funktionen – von der

Modellerstellung über die Ausführung von Simulationen inklusive Szenario-Management bis hin zur Ergebnisdarstellung mit der Option zur interaktiven Maßnahmenplanung – über ein browserbasiertes Web-Frontend an. Dieses umfassende Paket, kombiniert mit einem fein justierbaren Rollen- und Mandantenmanagement sowie einer flexiblen und offenen Lizenzpolitik, bietet dem Auftraggeber Möglichkeiten, die mit anderen Systemen nicht gegeben sind bzw. zunächst umfassende und konkurrenzlose Entwicklungsleistungen erfordern würden, die nicht in angemessenen Zeiträumen durchgeführt werden können. Ein Beispiel hierfür ist der einfache Zugriff auf das Basismodell für externe Dritte über eine Webanwendung, um Arbeiten und Anpassungen an der Datenbasis durchzuführen oder Modelle und Simulationen zu erstellen.

4.2 Referenzen und Netzwerketeiligungen

Die VRVis GmbH zeichnet sich durch umfangreiche Erfahrungen und erfolgreiche Projekte aus. Eine besondere Nähe zum Vorhaben in Bayern zeigt sich in den Anwendungsfällen in Österreich und Rheinland-Pfalz.

- **Österreich – Umsetzung der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL):**
Scenarify wurde für die gesamte Landesfläche Österreichs zur Umsetzung des zweiten Zyklus der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie angewandt. Ein zentrales Element ist dabei die 3D-Visualisierung von Hochwasserrisiken über den Online-Service HORA3D. (Blöschel et al., 2022)
- **Rheinland-Pfalz – Starkregen- und Hochwassermanagement:**
In Rheinland-Pfalz wurde Scenarify erfolgreich für die Erstellung von interaktiven Starkregengefahrenkarten auf der gesamten Landesfläche eingesetzt. Aktuell ist die Erweiterung des Systems zur Umsetzung der HWRM-RL und die Anbindung des Systems an die operationelle Hochwasservorhersage in Arbeit.

Ein Vorteil der Referenzen im deutschsprachigen Raum und insbesondere bei anderen Bundesländern (RLP) ist die leichte Übertragbarkeit von Erfahrungen auf ähnliche Strukturen und Bedürfnisse in Bayern. Hinzu kommen gute Kontakte zum Landesamt für Umwelt in RLP, welche für zusätzliche Synergieeffekte bei der System Einführung sorgen.

Die Kompetenzen von VRVis werden zudem durch die Beteiligung am Leitforschungsprogramm Österreichs, Competence Centers for Excellent Technologies (COMET), sowie durch die Mitgliedschaft im European Digital Innovation Hubs Network (EDIH) hervorgehoben. COMET steht für eine Spitzenposition bei der Entwicklung neuer Technologien auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse. Die Mitgliedschaft im EDIH zeigt eine starke internationale Vernetzung und exzellente Fähigkeiten im Bereich der Digitalisierung.

Vor diesem Hintergrund steht die grundsätzliche Eignung von VRVis und Scenarify für die geplante Anwendung außer Frage.

5. Finanzielle und zeitliche Rahmenbedingungen

5.1 Verfügbare Mittel

Für das Projekt „Hydraulogie“ stehen für eine erste Vergabe folgende Mittel zur Verfügung:

- Umwidmung von Sachmitteln: 415.000 €
- Umwidmung von nicht abrufbaren Personalmitteln des Jahres 2024: 160.000 €
- Potenzielle Umwidmung von nicht abgerufenen Personalmitteln vor 2024: bis zu 240.000 €

Insgesamt sind somit mindestens 575.000 € und potenziell bis zu 815.000 € verfügbar.

5.2 Kostenschätzung

Im Rahmen der Markterkundung wurden Informationen zu den potentiellen Kosten bzw. dem nötigen Aufwand der angestrebten Leistungen erhoben. Wurde lediglich der nötige Arbeitsaufwand für eine Leistung angegeben, so wurde pauschal ein Tagessatz von 1.000 € angesetzt.

Die Rückmeldungen aus der Markterkundung ergaben folgendes Bild.

Unternehmen	Vergabe 1			Vergabe 2
	Software/Umsetzng/ Starkregenkarten	Dateninte- gration	Gesamt	
DHI	1.467.600 €	499.200 €	1.966.800 €	2.217.120 €
Hydrotec	1.100.000 €	330.600 € ¹⁾	1.430.600 €	2.210.000 €
Autodesk (Kooperation mit MMI)	1.006.000 €	330.600 € ¹⁾	1.336.600 €	170.856 € ²⁾
Autodesk (Kooperation mit NTI)	665.000 €	330.600 € ¹⁾	995.600 €	63.600 € ²⁾
Tandler	805.000 €	330.600 € ¹⁾	1.135.600 €	1.090.000 € ³⁾
VRVis	405.000 €	162.000 €	567.000 €	2.120.000 €

¹⁾ Annahme basierend auf dem Mittelwert vorliegender Rückmeldungen.

²⁾ Für zahlreiche Leistungen wurden keine Kosten angegeben; Autodesk plant Lösungen auf Basis von Skripten. Genauere Angaben erfordern eine präzisere Bedarfsermittlung. Die gelieferten Werte erscheinen unrealistisch und unplausibel. Da deutlich höhere Kosten zu erwarten sind kann der Aspekt nicht bewertet werden.

³⁾ Teilweise können Leistungen nicht erbracht werden

Die VRVis GmbH geht in der ersten Vergabestufe mit großem Abstand als günstigstes Angebot hervor. Gründe hierfür sind:

- **Vorhandene Technologie:** VRVis verfügt bereits über eine Lösung für **interaktive** Anwendungen von Starkregengefahrenkarten, wodurch für diese kein zusätzlicher Entwicklungsaufwand nötig ist. Andere Anbieter müssten hier noch erheblich investieren.
- **Nicht gewinnorientiertes, gefördertes Unternehmen:** Als Zusammenschluss von Wissenschaft und Wirtschaft, unterstützt durch Fördermittel und im Besitz verschiedener Universitäten und Forschungseinrichtungen, kann VRVis Projekte kostengünstiger umsetzen. Die finanzielle Unterstützung ermöglicht eine deutlich günstigere Projektumsetzung.

Da sich bereits für Vergabe 1 eine Alleinstellung von Scenarify zeigt, ist der Vergleich der Kosten in Vergabe 2 nachrangig. Dennoch bietet es sich an, für eine Kostenschätzung die vollständigen Angebote zu vergleichen, da die Leistungen in Vergabe 2 unabhängig vom gewählten System ähnlich sind. Da Tandler nicht alle Leistungen erbringen kann und Autodesk für Vergabe 2 keine belastbare Kostenschätzung abgeben konnte, verbleibt die Gegenüberstellung von DHI, Hydrotec und VRVis. Hier zeigt sich, dass die Kostenschätzungen der drei Unternehmen für Vergabe 2 sehr ähnlich sind, wobei VRVis erneut am günstigsten abschneidet. Auf dieser Basis wird für Vergabe 2 ein Volumen von ca. 2,2 Mio. € erwartet. Betrachtet man beide Vergaben zusammen, ist VRVis wieder mit großem Abstand am günstigsten.

Der Auftraggeber beabsichtigt, im Rahmen des Projekts „Hydraulogie“ mit der ersten Vergabestufe in den Aufbau des oben definierten Hydro-Zwillings zu starten. Die zeitlichen und finanziellen

Rahmenbedingungen sind dabei durch die Projektlaufzeit und die verfügbaren Mittel vorgegeben. Die Kostenschätzung im Rahmen der Markterkundung für die erste Vergabestufe ergab zudem, dass nur VRVis eine Größenordnung abgeben konnte, die im Einklang mit unseren finanziellen Möglichkeiten steht. Die Kostenschätzungen anderer Anbieter lagen deutlich höher.

Es wird angenommen, dass VRVis als gemeinnützige Forschungseinrichtung ein qualitativ hochwertiges Angebot zu günstigeren Konditionen bereitstellen kann. Zudem ist zu berücksichtigen, dass Scenarify als einzige Software unsere Anforderungen vollständig und ohne zusätzliche Anpassungen an der Systemarchitektur erfüllt. Bei der Wahl eines anderen Systems müssten daher zusätzliche Kosten für Anpassungen und Weiterentwicklungen eingeplant werden.

6. Fazit

Zusammengefasst ist das LfU der Überzeugung, dass die VRVis GmbH mit ihrem Softwaresystem „scenarify“ als einziger Anbieter unsere umfassenden Anforderungen vollständig und fristgerecht erfüllen kann.

Quellen

- Andreas Buttinger-Kreuzhuber, Artem Konev, Zsolt Horváth, Daniel Cornel, Ingo Schwerdorf, Günter Blöschl, Jürgen Waser (2022): "An integrated GPU-accelerated modeling framework for high-resolution simulations of rural and urban flash floods", Environmental Modelling & Software, Volume 156, 2022 105480, ISSN 1364-8152, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105480>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815222001839>)
- Andreas Buttinger-Kreuzhuber, Jürgen Waser, Frank Rüsing und Ingo Schwerdorf (2022), „Die Weiterentwicklung von Simulationssoftware und Berechnungsverfahren verbessert die Darstellung in Starkregengefahrenkarten“, In: Kompetenz Wasser - Kölner Fachjournal für die Wasserwirtschaft, ISSN 1863–7035 Heft 30 April 2022
- Günter Blöschl, Jürgen Waser, Andreas Buttinger-Kreuzhuber, Daniel Cornel, Julia Eisl, Michael Hofer, Markus Hollaus, Zsolt Horváth, Jürgen Komma, Artem Konev, Juraj Parajka, Norbert Pfeifer, Andreas Reithofer, José Salinas, Peter Valent, Alberto Viglione, Michael H. Wimmer, Heinz Stiefelmeyer, HochwasserRisiko zonierung Austria 3.0 (HORA 3.0), Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 74:212–223, 2022.
<https://doi.org/10.1007/s00506-022-00848-7>
- Michael H. Wimmer, Markus Hollaus, Günter Blöschl, Andreas Buttinger-Kreuzhuber, Jürgen Komma, Jürgen Waser, Norbert Pfeifer, Processing of nationwide topographic data for ensuring consistent river network representation, In: Journal of Hydrology X, 2021.