

Funktionale Leistungsbeschreibung

1. Ziel der Leistung

Ziel der ausgeschriebenen Leistung ist der Aufbau und Betrieb eines **modularen, skalierbaren Echtzeit-Frühwarnsystems**, das die zuständigen Stellen in die Lage versetzt, **hydrologische und meteorologische Gefahrenlagen frühzeitig zu erkennen**, deren Entwicklung abzuschätzen und **handlungsrelevante Warninformationen** bereitzustellen.

Das System dient der **Entscheidungsunterstützung** für Behörden, Einsatzkräfte und kommunale Entscheidungsträger. Die Verantwortung für Maßnahmen und Warnungen verbleibt beim Auftraggeber bzw. den zuständigen Stellen.

2. Leistungsphasenmodell

Das Frühwarnsystem wird in zwei Leistungsphasen aufgeteilt:

2.1. Leistungsphase 1 – Grundsystem

- ✓ Aufbau der Datenerfassung
- ✓ Sicherstellung der Datenverfügbarkeit
- ✓ Regelmäßiger Datenimport
- ✓ Kennzeichnung von Datenlücken
- ✓ Integration externer Daten
- ✓ Integration bestehender Sensorik
- ✓ Basis-Monitoring (z.B. Schwellwerte) und regelbasierte Warnlogik
- ✓ Visualisierung und manuelle Auswertung
 - Integriertes Lagebild
 - Darstellung von Trends und Zeitreihen
 - Nutzer müssen Daten verstehen können (Zielgruppe beachten)
 - Möglichkeit zur manuellen Freigabe von Warnmeldungen
 - Gerichtsfeste Dokumentation des Warngeschehens
- ✓ Bereitstellung von Bürgerinformationsmeldungen

2.1. Leistungsphase 2 – Optional: Echtzeitprognose

In Leistungsphase 2 sind zusätzlich zu den Leistungen aus Leistungsphase 1 die in Abschnitt 4 beschriebenen Funktionen umzusetzen, zu integrieren und im Rahmen eines geregelten Betriebs nutzbar zu machen. Die Leistungsphase 2 ist als optionale Leistungsstufe zu konzipieren, die vom Auftraggeber nach Maßgabe verfügbarer Haushaltsmittel und ggf. erteilter Förderzusage gesondert beauftragt werden kann. Ein Anspruch des Auftragnehmers auf Beauftragung der Leistungsphase 2 besteht nicht.

3. Funktionale Anforderungen Leistungsphase 1

3.1. Datenerfassung

Das Sensornetzwerk muss alle relevanten hydrologischen Daten in hoher räumlicher und zeitlicher (5 Min in Akutlagen) Auflösung erfassen und verarbeiten können. In "Normallagen" sind alternative Frequenzen vorzuschlagen. Die verwendeten Sensoren und Auswerteverfahren sollten in der Lage sein die messtechnisch normativen Anforderungen zu erfüllen (z.B. DIN EN 17277:2020-02). Die gemessenen und/oder abgeleiteten Messgrößen sind mit ihren Messunsicherheiten und dem Vertrauensniveau (z.B. DIN EN ISO 25377:2024-02) in einer Datenbank zu erfassen.

Die Sensoren sind gemäß den Herstellerangaben regelmäßig zu warten und im Bedarfsfall neu zu kalibrieren. Für die Installation der Sensorik sind geeignete Standorte zu wählen, die den sicheren Betrieb im Katastrophenfall gewährleisten. Die Sensorik muss in der Lage sein auch ein extremes Ereignis zu erfassen. Ein möglicher Einfluss der Einbausituation ist durch eine Kalibrierung auszugleichen.

Die Anzahl der zu verbauenden Messsensoren **muss** wie folgt betragen:

- Niederschlagssensoren/Wetterstationen: 10 Stück
- Bodenfeuchtesensoren: 40 Stück
- Pegelsensoren zur Wasserstandsmessung: 100 Stück

Zusätzlich können optional an neuralgischen Stellen wie z.B. Hebeanlagen, Regenrückhaltebecken oder rückstauende Brücken Zustandssensoren und/oder Kameras verbaut werden, um das Lagebild zu verbessern.

Das System muss in der Lage sein:

- ✓ Relevante Umwelt-, Wetter- und Zustandsdaten in (nahezu) Echtzeit zu erfassen.
- ✓ Daten aus unterschiedlichen Quellen (z.B. Sensorik, externe Datenquellen, historische Daten) zu integrieren.
- ✓ mit unvollständigen, fehlerhaften oder verzögerten Daten robust umzugehen.
- ✓ Plausibilität und Qualität der eingehenden Daten (z. B. Wertebereiche, Ausreißer, Datenlücken) zu prüfen und entsprechende Kennzeichnungen (z. B. „vorläufig“, „geprüft“, „Fehler“) vorzunehmen.
- ✓ alle Datenquellen eindeutig identifizierbar und georeferenziert (z. B. Station, Sensor, Rastergebiet) im Lagebild in Echtzeit darzustellen.
- ✓ Schnittstellen zur Anbindung weiterer Datenquellen (z. B. zusätzliche Sensorik, neue Fachdaten) vorzusehen, sodass der Auftraggeber das System schrittweise erweitern kann, ohne die Grundarchitektur zu verändern.

Die konkrete technische Umsetzung (Sensorarten, Übertragungstechnologien, Softwareprodukte) bleibt dem Auftragnehmer überlassen.

3.1 Datenverarbeitung und Prognose

Ergänzend zu den eigens erhobenen Messdaten sind offizielle Fachdaten – etwa des

Landesamts für Umwelt (LfU) oder des Deutschen Wetterdienstes (DWD) – in der Datenaufbereitung zusammenzuführen. Aus den aggregierten Daten sollen belastbare Prognosen erstellt werden, die eine frühzeitige Erkennung und Bewertung von Gefährdungslagen ermöglichen.

Mit Echtzeit-Datenassimilationen sollen Kurzzeitprognosen verbessert werden, indem die Messdaten für eine Kalibrierung von Fachdaten genutzt werden.

3.3 Entscheidungsunterstützung

Aus den erhobenen Daten sind mittels geeigneter Methoden Möglichkeiten und Empfehlungen aufzuzeigen, die zur Entscheidungsunterstützung dienen.

Dafür sind folgende Bedingungen maßgeblich:

- ✓ Das System muss der **Unterstützung menschlicher Entscheidungen** dienen (es muss in diesen Fällen eine klare Trennung zwischen vom System vorgeschlagenen Einschätzungen/Handlungsempfehlungen und den tatsächlich durch Menschen freigegebenen Warnungen bzw. Maßnahmen unterstützen (z.B. durch Statuskennzeichnung „Vorschlag“, „freigegeben“, „verworfen“),
- ✓ Prognosen, Wahrscheinlichkeiten oder Szenarien sind verständlich und gerichtsfest darzustellen (Alle Funktionen sind mit Zeitstempel, Datenbasis und zu protokollieren),
- ✓ eine **Übersteuerung oder Bestätigung durch Nutzer** sind zu ermöglichen (Human-in-the-Loop).

Automatisierte Entscheidungen **ohne Eingriffsmöglichkeit** sind nicht Gegenstand der Leistung.

3.4 Warn- und Informationsfunktion

Das System muss:

- ✓ definierte **Warnstufen** abbilden können,
- ✓ Warnungen **zielgruppengerecht** bereitstellen (z. B. Verwaltung, Einsatzkräfte, Öffentlichkeit),
- ✓ mehrere **Kommunikationskanäle** unterstützen,
- ✓ eine zeitnahe und nachvollziehbare Alarmierung ermöglichen.

Die konkrete Auswahl der Kanäle und technischen Schnittstellen erfolgt im Rahmen des Angebots.

3.5 Visualisierung und Nutzerzugang

Das System muss:

- ✓ ein **übersichtliches Lagebild** bereitstellen,
- ✓ relevante Informationen räumlich und zeitlich visualisieren,
- ✓ unterschiedliche Nutzerrollen berücksichtigen. Es ist ein rollenbasiertes Zugriffskonzept vorzusehen, mit dem sich u. a. Administratoren, Fachanwender,

- Einsatzleitungen und lesende Nutzer (z. B. Informationszugang ohne Eingriffsrechte) unterscheiden lassen,
- ✓ den Einstau von Gebäuden und Infrastruktur kategorisiert darstellen (nicht eingestaut, gering eingestaut, Wattiefe erreicht, Wattiefe überschritten - nur mit Boot erreichbar)
 - ✓ eine intuitive Bedienbarkeit ermöglichen.
 - ✓ ein nachvollziehbares **Betriebs- und Wartungskonzept** aufweisen,
 - ✓ die Anforderungen an **Datensicherheit und Datenschutz** erfüllen,
 - ✓ modular erweiterbar und auf andere Regionen übertragbar sein.

3.6 Testbetrieb, Schulung und Übergabe

Der Auftragnehmer hat:

- ✓ einen strukturierten **Testbetrieb** durchzuführen,
- ✓ Test- und Übungswarnungen zu ermöglichen,
- ✓ Schulungen für unterschiedliche Nutzergruppen anzubieten,
- ✓ eine vollständige **Dokumentation** zu liefern,
- ✓ das System in einen geregelten Betrieb zu überführen.

4. Funktionale Echtzeitprognosen – optionale Leistungsphase 2

Das System muss in Leistungsphase 2 in der Lage sein:

- ✓ komplexe Datenmuster aus unterschiedlichen Datenquellen zu erkennen,
- ✓ zeitliche und räumliche Entwicklungen prognostisch abzuleiten,
- ✓ historische Ereignisse und aktuelle Messdaten dynamisch zu verknüpfen,
- ✓ Wahrscheinlichkeiten, Szenarien oder Unsicherheitsbereiche darzustellen.
- ✓ Die aktuelle Lage räumlich visualisiert (möglichst 3D Modell) darstellen zu können,
- ✓ Vorhersagen treffen, mit welchen Überflutungs-/Überschwemmungs-Szenarien in den nächsten Stunden zu rechnen ist (Prognosen, Vorlaufzeiten)
- ✓ Eine Anbindung an einen hydraulischen Zwilling ist vorzusehen.

4.1 Entscheidungsunterstützung (kein Autopilot!)

Die Funktionen der Echtzeit-Prognose müssen:

- ✓ entscheidungsunterstützend, nicht entscheidend wirken,
- ✓ Prognosen verständlich und nachvollziehbar darstellen,
- ✓ Auf prognostizierte Gefahrenlagen proaktiv hinweisen,
- ✓ eine menschliche Freigabe, Anpassung oder Übersteuerung ermöglichen (Human-in-the-Loop).

Automatisierte Warnungen ohne Eingriffsmöglichkeit sind nicht zulässig.

4.2 Transparenz & Nachvollziehbarkeit (MUSS)

Der Auftragnehmer hat sicherzustellen, dass:

- ✓ Unsicherheiten, Datenlücken oder Modellgrenzen sichtbar gemacht werden,
- ✓ die Funktionsweise auf Systemebene dokumentiert wird (keine Offenlegung von Quellcodes erforderlich).

4.3 Weiterentwicklung & Lernen

Das System muss:

- ✓ fortlaufend aus neuen Daten lernen oder angepasst werden können,
- ✓ eine kontrollierte Weiterentwicklung ermöglichen,
- ✓ Lokale Anpassung des Modells infolge baulicher Veränderungen (z.B. neue Hochwasserschutzeinrichtungen) ermöglichen und
- ✓ Veränderungen nachvollziehbar dokumentieren.