

WarnMe - sicher am kleinsten Bach



Geo- und Raumwissenschaften

Niklas Ruf und Jana Spiller

**Schülerforschungszentrum Südwestfalen-Lippe
Standort Olschhausen**

Kurzfassung.....	3
Einleitung.....	4
<i>Motivation.....</i>	<i>4</i>
Technischer Aufbau.....	6
<i>Anforderungen an ein einsetzbares System</i>	<i>6</i>
<i>Funktionsweise</i>	<i>6</i>
<i>Sensoren.....</i>	<i>7</i>
Infrarotsensor	7
Gehäuse	8
Ultraschallsensor.....	8
Gehäuse	8
Radarsensor	9
Datenverarbeitung und Alarmierung	10
Datenspeicherung / Application-Server	10
Alarmierung	11
Praktischer Einsatz	12
Gemeinden	12
Privatpersonen	12
Verbreitungsstrategie und Netzwerkaufbau	12
Berichte über WarnMe.....	13
Ausblick.....	13
Unterstützungsleistung	14
Literatur- und Bildquellenverzeichnis.....	15

Kurzfassung

Angesichts der zunehmenden Starkregenereignisse haben wir WarnMe entwickelt - ein Hochwasserwarnsystem. Es ist auf der Basis unserer Vorgängerprojekte in den letzten Jahren entstanden und nun bereits erfolgreich in drei Gemeinden im Einsatz. Es nutzt inzwischen Infrarot- und Ultraschall-Sensoren zur Erfassung von Wasserständen und Radar zur Durchflussmessung. Die Daten werden über LoRaWAN an unseren Server gesendet, wo sie mit intelligenten Algorithmen analysiert werden. Eine benutzerfreundliche App sorgt dafür, dass Nutzer sofort über potenzielle Gefahren informiert werden. Eine einfache Anleitung ermöglicht es inzwischen, WarnMe selbstständig zu installieren und ein kostengünstiges, skalierbares System vor Ort einzurichten. Damit kann WarnMe einen wichtigen Beitrag zum Schutz von Leben und Eigentum leisten und wir hoffen, den Hochwasserschutz in vielen Regionen deutlich zu verbessern. Im Sommer 2024 hat unser System bereits ein Hochwasser erkannt und Warnungen über unsere App verschickt.

Einleitung

Der Weltklimarat prognostiziert im Zuge des fortschreitenden Klimawandels eine Zunahme sowohl der Häufigkeit als auch der Intensität von Fluten und Überschwemmungen [1]. Diese Einschätzung wurde im Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zum Klimawandel bestätigt:

„Der vom Menschen verursachte Klimawandel wirkt sich bereits auf viele Wetter- und Klimaextreme in allen Regionen der Welt aus. Seit dem Fünften Sachstandsbericht (AR5) gibt es stärkere Belege für beobachtete Veränderungen von Extremen wie Hitzewellen, Starkniederschlägen, Dürren und tropischen Wirbelstürmen sowie insbesondere für deren Zuordnung zum Einfluss des Menschen.“ [2]



Abbildung 1: Wetterextreme 1900 - 2018

Die Häufigkeit extremer Wetterereignisse hat im vergangenen Jahrhundert infolge des Klimawandels deutlich zugenommen (Abb. 1). Die Folgen sind weltweit spürbar und betreffen viele Regionen auf der ganzen Welt. Zum Beispiel führten 2024 anhaltende starke Regenfälle in Spanien zu umfangreichen Überschwemmungen im Gebiet Valencia mit erheblichen Schäden an Infrastruktur und Eigentum. Solche Ereignisse verdeutlichen die Tatsache, dass Katastrophen dieser Art nicht nur lokal begrenzt auftreten können, sondern global präsent sind [3]. In den letzten Jahren wurden auch in unserer Region wiederholt Überschwemmungen unterschiedlicher Stärkegrade verzeichnet. Unsere Schule erlitt 2016 beträchtliche Schäden durch Hochwasser, was zu erheblichem Sachverlust und dem Ausfall von Unterricht führte (Abb. 2) [4]. 2024 war Ochsenhausen wieder von Hochwasser betroffen. Obwohl bereits zahlreiche Maßnahmen zum Klimaschutz und technische Schutzmaßnahmen wie Deiche und Rückhaltebecken ergriffen wurden, wird die Implementierung eines umfangreichen Frühwarnsystems als unerlässlich angesehen. Dadurch sollen die Risiken solcher Ereignisse zukünftig minimiert und die Bevölkerung rechtzeitig geschützt werden [5].

Die Häufigkeit extremer Wetterereignisse hat im vergangenen Jahrhundert infolge des Klimawandels deutlich zugenommen (Abb. 1). Die Folgen sind weltweit spürbar und betreffen viele Regionen auf der ganzen Welt. Zum Beispiel führten 2024 anhaltende starke Regenfälle in Spanien zu umfangreichen Überschwemmungen im Gebiet Valencia mit erheblichen Schäden an Infrastruktur und Eigentum. Solche Ereignisse verdeutlichen die Tatsache, dass Katastrophen dieser Art nicht nur lokal begrenzt auftreten können, sondern global präsent sind [3]. In den letzten Jahren wurden auch in unserer Region wiederholt Überschwemmungen unterschiedlicher Stärkegrade verzeichnet. Unsere

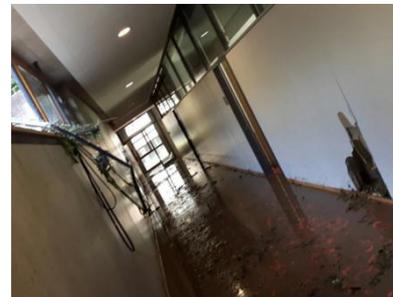


Abbildung 2: vom Hochwasser 2016 betroffener Flur am Gymnasium

Motivation

Neben der Flutkatastrophe im Ahrtal 2021 ereigneten sich auch vor kurzem weitere schwerwiegende Überschwemmungen. So kam es beispielsweise im September 2024 in Mitteleuropa, insbesondere in Österreich, Tschechien, Polen, Rumänien und der Slowakei, zu großflächigen Überschwemmungen infolge extremer, langanhaltender Niederschläge [6]. Schadenssummen und Wassermengen geben aber nur eine statistische Seite eines Hochwassers wieder – eine zentrale Erkenntnis für uns war es, dass jedes Hochwasser für die Betroffenen auch katastrophale emotionale Auswirkungen hat.

„Man wusste nicht, wer noch lebt, wer nicht“ [7] – Fischzüchter aus dem Ahrtal

„Das Wasser schoss in die Keller und stieg in Sekundenschnelle. Autos schlugen gegen Hauswände [und] auch Baumstämme.“ [8] – Betroffene der Überschwemmung im Ahrtal

„Die rechtzeitige Warnung kann Leben retten!“ [9] - Nancy Faeser über die Flutkatastrophe im Ahrtal

Unser Ziel ist es daher, ein System zur Hochwasserwarnung zu entwickeln, mit dem man Anwohner eines Gebiets rechtzeitig vor möglichen Überschwemmungen warnen kann. Hierzu ist die Überwachung von vielen Pegeln im Umfeld von Gewässern nötig. Für die Frage ob, wann und wo Hochwasser auftreten wird, müssen viele Informationen über den Wasserstand und die Fließmengen an Flüssen, Bächen und auf Überflutungsflächen zusammenlaufen. Zwar verfügen Länder wie Baden-Württemberg über Strategien im Umgang mit Umgang mit Hochwasser. Das für Warnungen zugrunde liegende öffentliche Pegelmessnetz ist aber im Wesentlichen auf mittlere und große Einzugsgebiete ausgelegt. Insbesondere bei Starkregenereignissen ist das Pegelnetz an kleineren Gewässern lückenhaft. Das zeigt auch die Hochwasserstrategie der Landes Baden-Württemberg. Darin steht:

„Das Pegel- und Niederschlagsmessnetz des Landes Baden-Württemberg ist im Wesentlichen auf mittlere und größere Einzugsgebiete ausgelegt. Aus diesem Grund fehlen bei Starkregenereignissen in vielen Fällen Informationen über den Hochwasserverlauf an kleineren Gewässern. Insbesondere eine kleinräumige (landkreis-beziehungsweise gemeindenaue) Warnung vor unwetterartigen Gewittern mit Starkregen ist auch dem Deutschen Wetterdienst (DWD) meist nur mit einer sehr kurzen Vorwarnzeit von wenigen Minuten möglich. Eine Weiterentwicklung der verfügbaren Informationen in kleinen Einzugsgebieten muss künftig verstärkt vorangetrieben werden.“ [10]

Benötigt werden daher kostengünstige skalierbare Systeme, die in der Lage sind, schnell und einfach viele Pegel zu messen und für den Bedarf vor Ort zu analysieren.

Wir setzen einen Low-Cost-Infrarotsensor auf LoRaWAN-Basis sowie einen Ultraschallsensor ein, um den Wasserstand von Flüssen präzise zu messen und für die Messung der Fließgeschwindigkeit steht eine Radar-Lösung zur Verfügung. Die gesammelten Daten werden über das energiesparende LoRaWAN-Protokoll an ein The Things Network Gateway übertragen. Danach werden diese über das MQ Telemetry Transport Protokoll (MQTT) an einen Server weitergeleitet, wo sie gespeichert und analysiert werden.

Bei Überschreitung eines vorab festgelegten Grenzwerts wird eine Warnung über unsere eigens programmierte App verschickt, welche sämtliche gefährdete Einwohner in einem betroffenen Gebiet erreicht. Durch frühzeitige Warnungen könnte im Ernstfall das Risiko von Verletzten oder Toten erheblich reduziert werden, was einen positiven Beitrag zur Bewältigung der potenziell dramatischen Auswirkungen des Klimawandels leistet.

Unser Projekt läuft nun im dritten Jahr. Zu Beginn haben wir eine grobe Skizze einer funktionierenden Messung erstellt. Die ursprüngliche Idee war, einen Infrarotsensor auf einem Rohr zu platzieren und dieses dann an einem Baum über dem Bach zu montieren. Bei der Umsetzung standen wir jedoch von einigen Problemen, weshalb wir im nächsten Schritt das Design unseres Gehäuses überarbeitet haben. Nach mehreren Variationen haben wir uns dazu entschieden, die Messtationen unter Brücken zu befestigen (Abb. 3 und 5). Zudem haben wir unsere eigene Warnapp programmiert, welche im vergangenen Jahr verbessert wurde und nun zeitnah



Abbildung 3: Befestigung unter einer Brücke

im Google Play Store erhältlich sein wird. Außerdem wurde nun eine neue Pegelmesstechnik in unser System integriert, die Messung mit Ultraschall, bei der der Sensor zwar etwas teurer, aber sehr einfach zu bauen und zu integrieren ist. Der Grund dafür ist unser neues Ziel. Wir möchten die Verbreitung des Systems vorantreiben und möglichst vielen Menschen die Möglichkeit geben, lokale Warnsysteme an kleinen Gewässern kostengünstig vor Ort aufzubauen. Beim Ultraschallsensor ist kein 3D-Druck mehr nötig, sondern die Box besteht aus Baumarkt-Materialien, was die Umsetzung erheblich erleichtert. Darüber hinaus existiert nun eine Homepage, über die jeder alle notwendigen Informationen bekommt. Auf warnme.info findet man eine Anleitung zum Bau und zur Inbetriebnahme der Messstation. Diese liegt sowohl in Text-, also auch in Videoformat vor. Durch diese Neuerungen kann sich nun jeder seine eigene Messstation bauen und in unsere Infrastruktur miteinbinden.

Technischer Aufbau

Anforderungen an ein einsetzbares System

Um in der Lage zu sein, möglichst viele Menschen vor einem potenziellen Hochwasser zu warnen, muss ein System bestimmte Anforderungen erfüllen:

- Es muss **kostengünstig** sein, um die Komponenten in größeren Mengen herstellen zu können. Angesichts der zunehmenden Bedrohung großer Gebiete durch Überflutungen, die in der Zukunft voraussichtlich weiter zunehmen wird, bietet eine kosteneffiziente Lösung die Möglichkeit einer schnellen Erweiterung des Einsatzgebiets. Derzeit werden kommerzielle Systeme zur lokalen Überwachung von Hochwasser aufgrund ihrer hohen Kosten nur in begrenztem Umfang eingesetzt. Daher kann mit diesen Systemen keine gute Flächenabdeckung gewährleistet werden.
- Es muss **leicht installierbar** sein, da die Messstationen auch an schwer zugänglichen Orten installiert werden müssen. Daher ist eine einfache Montage essenziell.
- Es muss **autonom** funktionieren und darf nicht auf eine Internetanbindung angewiesen sein, da nicht an allen vorgesehenen Standorten eine entsprechende Netzabdeckung für WLAN oder Mobilfunk besteht.
- Es muss **wartungsarm** sein, da regelmäßige Wartungen mit erheblichem zeitlichem und materiellem Aufwand verbunden sind.
- Es muss **stabil** sein, da die Messstationen dauerhaft der Witterung ausgesetzt sind.
- Es muss **einfach** und **skalierbar** sein, um zu gewährleisten, dass jeder sich eine solche Messstation nachbauen kann.

Funktionsweise

Den genannten Anforderungen entsprechend haben wir WarnMe wie folgt entwickelt (Abb.4):

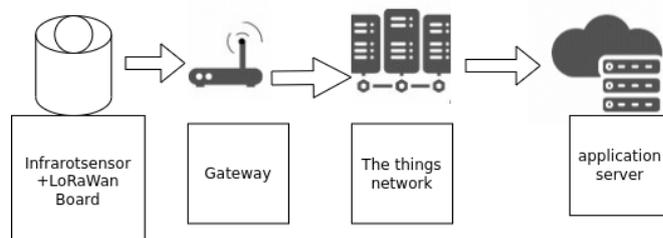


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Einzelkomponenten von WarnMe

LoRaWAN- Protokoll: Das Long Range Wide Area Network, auch bekannt als LoRaWAN, ist ein Protokoll, das speziell für das Internet der Dinge entwickelt wurde. Die Technologie ermöglicht eine energieeffiziente Kommunikation über große Entfernungen und kann auch dann verwendet werden, wenn die Mobilfunkabdeckung mangelhaft ist. In diesem Projekt ist der Einsatz eines LoRaWAN-Boards von Vorteil, da es eine kostengünstige und energiesparende Kommunikation über große Strecken ermöglicht. [11]

Gateway: Dies ist eine Verbindungskomponente, die zwei voneinander abhängige Systeme verbindet. Es fungiert als Umwandler, der den Datenaustausch zwischen zwei nicht kompatiblen Systemen ermöglicht. Das Gateway in diesem Projekt ist der Schrittmacher, der die Kommunikation zwischen dem LoRaWAN-Board und The Things Network, also dem Internet, ermöglicht. Daten können von jedem Gateway empfangen werden, das in The Things Network registriert ist. [12]

The Things Network (TTN): TTN ist ein Netzwerk, das Daten von Sensoren, die über LoRaWAN-Gateways übertragen werden, aufnimmt und über das Internet zugänglich macht. Die besondere Bedeutung dieses Netzwerks liegt in seinem Open-Source-Ansatz und der kostenfreien Nutzung, was einen ortsunabhängigen Zugriff auf die Daten ermöglicht. [13]

Application-Server: Da The Things Network die Daten nur für 24 Stunden speichert und keine Analysefunktionen bereitstellt, erfolgt die Weiterleitung der Daten über die TTN-API an einen Third-Party-Server, auf dem die Auswertung der Daten durchgeführt wird. [14]

Sensoren

Zur Messung des Wasserpegels nutzen wir zwei unterschiedliche Techniken, Infrarot und Ultraschall. Das Prinzip ist allerdings bei beiden identisch. Die Messstation wird mithilfe von Kabelbindern bzw. Winkeln unter einer Brücke befestigt (Abb. 3). Der Sensor misst den Abstand zwischen sich und der Wasseroberfläche, wodurch Rückschlüsse auf die Wasserstandshöhe im Gewässer gezogen werden können (siehe Abb. 5). Ein Vorteil dieses Ansatzes ist, dass die Breite des Flusses an der Messstelle nicht berücksichtigt werden muss.

Infrarotsensor

Die Technik, die wir zuerst nutzen ist Infrarot. Dafür haben wir Infrarotsensor von ELV verwendet (ELV Distance 1 [15]). Dieser kann zusammen mit einem Batteriemodul einfach auf die ELV-LW-Base aufgesteckt werden (Abb. 6).

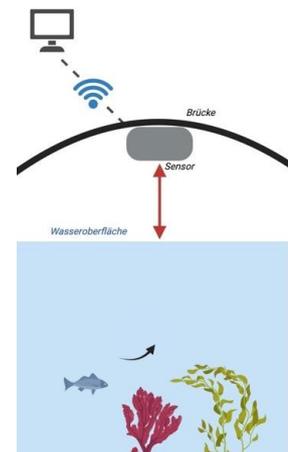


Abbildung 5: Befestigung unter einer Brücke

Zu Beginn haben wir befürchtet, dass die Reflexionseigenschaften des Wassers die Messgenauigkeit des Infrarotsensors beeinflussen könnten. In klaren Gewässern wäre dies kein Problem (siehe Abb. 7), jedoch könnte das Wasser in einem Bach trüb sein. Letztlich bestätigten unsere Tests, dass diese Bedenken nicht zutrafen.

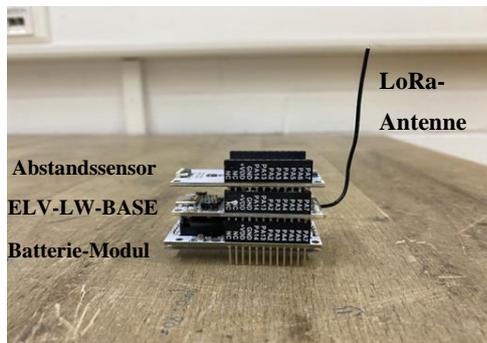


Abbildung 6: Aufbau des Sensor-Moduls

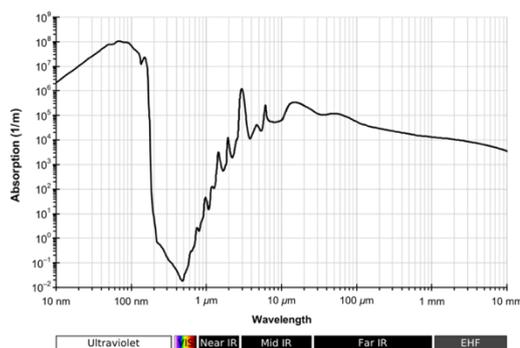


Abbildung 7: Absorptions-Spektrum

Gehäuse

Um den Infrarotsensor befestigen zu können haben wir ein Gehäuse entwickelt, welches im 3D-Drucker gedruckt werden kann. Nach mehrmaliger Überarbeitung haben wir die für uns am besten geeignete Form, gefunden (Abb. 8). Diese ist nicht nur deutlich kompakter als die vorherigen, sondern schützt den Infrarotsensor auch hinter einer Plexiglas-Scheibe. Diese beeinträchtigt die Messung nicht, da unser Sensor bei 940nm arbeitet [16] und Plexiglas bei 940nm eine Durchlässigkeit von 94% Prozent besitzt [16].

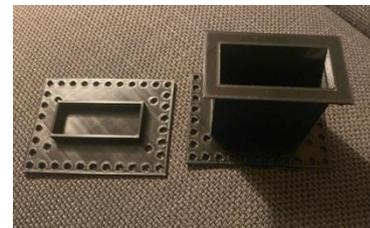


Abbildung 8: Gehäuse des Infrarotsensors

Ultraschallsensor

Um die Verbreitung des Systems voranzutreiben, haben wir uns dazu entscheiden auch Ultraschallsensoren mit einzubinden. Der Vorteil zum Infrarotsensor ist, dass es für diese Art bereits ein fertiges Gehäuse zu kaufen gibt. Da nicht jeder die Möglichkeit hat sich sein eigenes Gehäuse im 3D-Drucker auszudrucken, ist dies eine große Erleichterung.



Abbildung 9: Gehäuse des Ultraschallsensors, links: geschlossen, rechts: geöffnet

Gehäuse

Wir nutzen, inspiriert durch ein Youtube-Video [18] den Ultraschall Distanzsensor von ELV [17], welcher an das LoRaWAN Interface, ebenfalls von ELV [19], angeschlossen wird. Dieses wird dann in einer witterungsbeständigen Abox fixiert [20]. Um den Sensor ebenfalls daran zu fixieren, muss ein 29,5 mm großes Loch in die Box gebohrt werden, in welches der Sensor hineingedreht wird (Abb. 9). Auch dieses Gehäuse bietet die Möglichkeit unter einer Brücke befestigt zu werden. Allerdings erfolgt die Befestigung hierbei mithilfe von Winkeln und Kabelbindern (Abb. 10). Mit einem Gesamtpreis von 85€ ist dieser Sensor im Vergleich zu kommerziellen Systemen sehr erschwinglich und bildet inzwischen das Herzstück



Abbildung 10: Befestigung durch Winkel und Kabelbinder

unseres Systems, das wir „WarnMe“ getauft haben. Auf warnme.info ist eine Anleitung zum schrittweisen Aufbau veröffentlicht für den einfachen Nach- und Aufbau von Sensornetzwerken.

Radarsensor

Aufgrund der Rückmeldungen der Jury beim Jugend-forscht-Wettbewerb im vergangenen Jahr und Gesprächen mit Verantwortlichen von Gemeinden in der Gegend haben wir zusätzlich einen Radarsensor in das System integriert. Dieser dient der Messung von Durchflussgeschwindigkeit und -menge.

Glücklicherweise haben wir beim Regionalwettbewerb in Ulm letztes Jahr den Innovationspreis der Technischen Hochschule Ulm (THU) gewonnen. Bei einer Führung durch das Institut für Mikrotechnologie und Radar wurde uns ein Masterprojekt eines Studenten vorgestellt, der mithilfe eines Radarsensors die Fließgeschwindigkeit eines Baches gemessen hat.

In Kooperation mit der THU haben wir daher ein System entwickelt, das sich in unser System integrieren lässt. Wir verwenden einen BGT60TR13C 60-GHz-Radarsensor von Infineon, derzeit noch mit einem Development-Kit (Abb. 12). Es handelt sich um ein FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) -Radar. Im Gegensatz zu herkömmlichen Puls- oder Continuous-Wave-Radaren, bei denen ein Signal ausgesendet und auf die Antwort gewartet wird, sendet dieses Radar kontinuierlich eine Welle aus, deren Frequenz über die Zeit linear ansteigt (Frequenzmodulation).

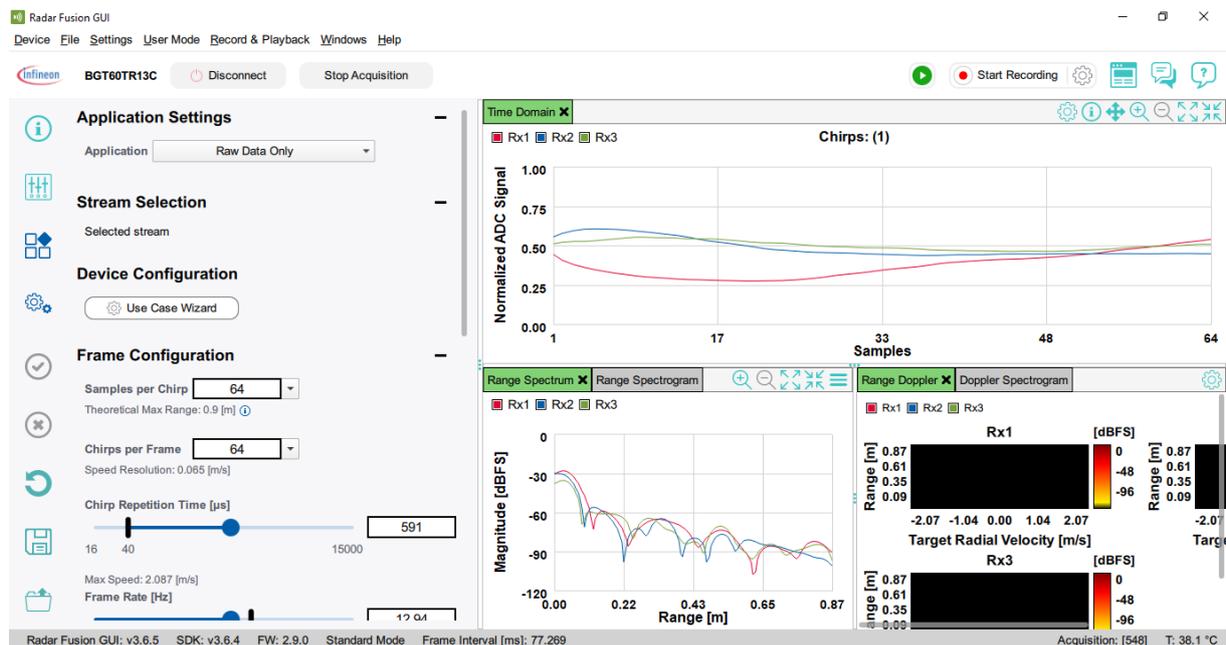


Abbildung 11: Radar Fusion Software

Der große Vorteil der Frequenzmodulation ist, dass damit sowohl die Distanz als auch die Geschwindigkeit gleichzeitig und über längere Zeiträume gemessen werden können. Das ist mit klassischen Radarsystemen nicht möglich. Die Abstandsmessung erfolgt durch die Zeitverzögerung des reflektierten Signals, während die Geschwindigkeitsmessung mithilfe des Doppler-Effekts erfolgt.

Ein weiterer Vorteil dieses Sensors ist, dass er nicht nur an einem Punkt, sondern in einem 90°-Winkel misst und dabei eine Reichweite von 15 Metern hat. Dadurch können – bei entsprechendem Abstand – sogar die Ränder eines Baches erfasst werden. Mit der gemessenen Geschwindigkeit und den Abmessungen des Baches (Höhe

und Breite) kann man das Volumen annähern und somit die Durchflussmenge berechnen. Das System ist so präzise, dass sogar Wellenkämme und ähnliche Strukturen erkannt werden können.

Derzeit arbeiten wir daran, diesen Sensor vollständig in unser System zu integrieren. Da der Sensor allerdings deutlich mehr Strom verbraucht als die bisherigen Ultraschall- oder Infrarotsensoren, benötigen wir eine leistungsfähigere Stromversorgung. Im Gegensatz zu den anderen Systemen erscheint die Nutzung von Solarenergie hier sinnvoller, da die Kosten für ein Solarpanel im Verhältnis zum Gesamtsystem geringer sind.

Zusätzlich muss eine geeignete Schnittstelle für das LoRaWAN-Netz gefunden werden. Mit einem Arduino und dem Dragino Shield unserer bisherigen Selbstbau-Ultraschallmessstation ist das leider nicht möglich, da das Development-Kit [21] die Daten über USB ausgibt, die mit der Software von Infineon (Abb. 12) verarbeitet werden sollen. Dafür wäre ein Raspberry Pi oder ein ähnliches Gerät erforderlich, was die Kosten und den Stromverbrauch weiter erhöht.

Ein weiterer Nachteil ist der Preis der mit Development-Kit, Solarpanel, Raspberry Pi und einem LoRaWAN-Aufsatz ca. 300 € beträgt. Das ist zwar immer noch deutlich günstiger als ein kommerzielles System kostet, aber dennoch über sechsmal so teuer wie unsere Infrarot-Messstation.



Abbildung 12: Development-Kit

Die Rolle dieses Sensors [22] im Gesamtsystem ist daher bisher nur eine Ergänzung in bestimmten Fällen, in denen eine Messung der Fließgeschwindigkeit sinnvoll ist. Aufgrund des höheren Aufwands durch die notwendige Solartechnologie wird er vermutlich nur in Einzelfällen zusätzlich installiert.

Datenverarbeitung und Alarmierung

Datenspeicherung / Application-Server

Die Daten des TTN-Netzwerks werden nicht dauerhaft gespeichert, weshalb sie für die Analyse an einen eigenen Server weitergeleitet und dort gespeichert werden müssen. TTN bietet hierfür verschiedene Integrationen wie die REST-API, WebHooks oder das MQTT-Protokoll an. Nach mehrfachem Ausprobieren verschiedener Möglichkeiten haben wir uns dazu entschieden einen Server bei Hetzner anzumieten, auf dem die Anwendung in einem Docker-Container betrieben wird. Zu Beginn verwendeten wir ein Bash-Skript, um Daten über die REST-API regelmäßig herunterzuladen. Mit zunehmender Anzahl an Sensoren und erschwerten Übertragungsbedingungen stieß dieses Verfahren jedoch an seine Grenzen.

Die REST-API ist nicht auf kontinuierliche Datenströme ausgelegt. Eine skalierbare Lösung wurde durch das MQTT-Protokoll implementiert, das eine sofortige Übertragung neuer Sensordaten ermöglicht. Ein maßgeschneidertes Python-Programm mit der Paho-Bibliothek übernimmt die Datenabfrage und Weiterleitung.

Da das Speichern der Daten in einer großen JSON-Datei mit wachsendem Datenvolumen ineffizient wurde, haben wir eine SQLite-Datenbank implementiert.

Um den Dauerbetrieb des Python-Programms sicherzustellen, wird Tmux verwendet. Dieses Tool ermöglicht das Fortführen von Prozessen im Hintergrund und erleichtert die Verwaltung. Das aktuelle Setup umfasst einen Docker-Container auf dem Hetzner-Server, in dem das Python-Programm die Daten über MQTT abrufen und in die SQLite-Datenbank speichert.

https://gymox.de/iserv/fs/file/mail/niklas.ruf@gymox.de/SU5CT1g=/2929/1/workflow2_25.drawio.png

Darüber hinaus haben wir eine API mithilfe von Express JS programmiert, die die letzten Pegelstände und die durchschnitts an die App schickt. Diese API nimmt auch zusätzlich neue Sensorregistrierungen von warnme.info/form.html an und speichert sie in der Datenbank. Der ganze code hierfür ist Opensource und Sie finden ihn hier [23].

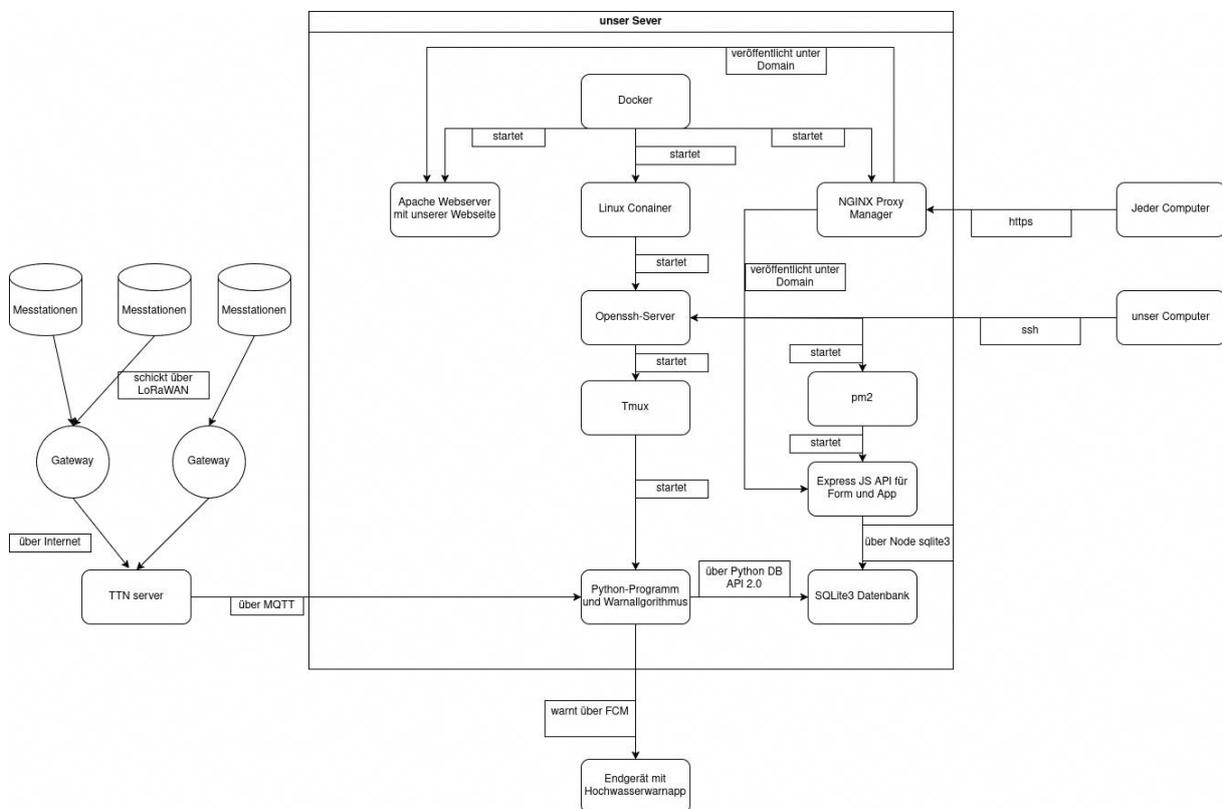


Abbildung 13: Systemarchitekturdiagramm von WarnMe

Alarmierung

Wenn ein Hochwasser erkannt wird, müssen die Endnutzer natürlich gewarnt werden. Ursprünglich wollten wir dafür eine E-Mail-Liste verwenden, stellten jedoch schnell fest, dass dies für zeitkritische Warnungen heutzutage ungeeignet ist. Daraufhin versuchten wir, uns in die Warnsysteme von NINA und Katwarn einzuklinken, wurden jedoch ignoriert. Daher haben wir schließlich unsere eigene App entwickelt.

Die App ist mit Flutter und Dart programmiert, wodurch sie plattformübergreifend funktioniert. Es gibt also nur eine Codebasis für Android, iOS, Linux, Windows und macOS. Sie kann Warnmeldungen auch dann

verschicken, wenn sie geschlossen ist und nicht im Hintergrund läuft. Dies ist möglich, weil wir Firebase Cloud Messaging nutzen, um direkt mit dem Push-Notification-Dienst des jeweiligen Geräts zu kommunizieren.

Neu ist, dass man in der App zwischen zwei Algorithmusstärken wählen kann. So können die Warnungen an den Wohnort angepasst werden, je nachdem, ob man näher am Bach oder weiter davon entfernt wohnt. Darüber hinaus zeigt die App nun die Pegelstände, den Zeitpunkt der Messung sowie die zugehörigen Durchschnittswerte an.

Darüber hinaus ist die App nun im Google Play Store verfügbar. Der Play Store hat für Accounts, die nach dem 13. November 2023 erstellt wurden, ein neues Veröffentlichungssystem eingeführt. Zuerst muss ein interner Test durchgeführt werden, anschließend ein geschlossener Test, bevor die App schließlich veröffentlicht werden kann [24]. Wir haben den internen Test erfolgreich bestanden und befinden uns nun im geschlossenen Test. Das bedeutet, dass jeder, der möchte, die App über einen Link offiziell aus dem Play Store herunterladen kann [25]. Über die Google-Play-Suche ist die App jedoch noch nicht auffindbar. Wir gehen davon aus, dass wir bald Produktionszugriff erhalten und die App dann auch über die Suche verfügbar sein wird. Auch der Code für die App ist FOSS, sie finden ihn hier [26].



Abbildung 14: Screenshot der geöffneten WarnApp

Praktischer Einsatz

Gemeinden

Aktuell ist unser System in Ochsenhausen im Einsatz, allerdings sind wir bereits mit anderen Gemeinden im Gespräch, die Interesse haben, das System bei sich auch aufzubauen.

Privatpersonen

Neben den Gemeinden setzen wir bei der Ausbreitung des Systems einen Schwerpunkt auf Privatpersonen. Durch die vorgenommenen Änderungen und die Anleitungen zum Nachbau ist nun jeder dazu in der Lage seine eigene Messstation zu bauen und sie in unsere Infrastruktur einzubinden. Dazu muss man sich zunächst die Anleitung von unserer Homepage warnme.info herunterladen. In dieser wird genau erklärt, wo man die Einzelteile kaufen kann, wie man diese zusammenbaut, in unser System einbindet und, wie die Installation der Messstation unter der Brücke abläuft.

Verbreitungsstrategie und Netzwerkaufbau

Im vergangenen Herbst bekamen wir die Möglichkeit unser System auf der internationalen Erfindermesse (iENA) in Nürnberg vorzustellen. Dort knüpften wir einige Kontakte, welche uns womöglich bei der

Verbreitung von WarnMe helfen können. Infolgedessen wurde einige Artikel über WarnMe im Internet veröffentlicht. Des Weiteren sind einige Menschen durch einen kurzen Fernsehbeitrag im Bayerischen Rundfunk [27] auf WarnMe aufmerksam geworden. Zudem sendete der SWR vor Kurzem einen Radiobeitrag in SWR1, SWR3 und DasDing [28], in dem unser System kurz vorgestellt wurde. Dadurch sind viele Menschen auf unser System aufmerksam geworden und es haben uns schon einige Anfragen erreicht.

Berichte über WarnMe

- Die **Augsburger Allgemeine** schrieb am 23.10.2024: „Nach drei Jahren Arbeit kann nun jedermann für 80 Euro eine Sensorbox kaufen, die über eine frei verfügbare App bei Gefahr warnt.“ [29]
- Die **Schwäbische Zeitung** berichtete am 02.11.2024: „Weil das Problem derzeit überall auf der Welt so aktuell ist, durften die beiden Jungforscher ihr Hochwasserwarnsystem sogar schon vor dem Start der eigentlichen Messe auf der großen Pressekonferenz vorstellen.“ [30]
- Am 11.11.2024 ist erneut ein Artikel in der **Schwäbischen Zeitung** erschienen: „Für die Messe in Nürnberg haben sie ihr System nun so weiterentwickelt, dass andere Tüftler einfach die Sensoren irgendwo auf der Welt nachbauen und aufstellen können und es dann leicht ist, sich in das Messsystem einzuklinken, das die beiden Schüler „WarnME“ getauft haben.“ [31]
- Der **Südwestfunk (SWR)** veröffentlichte am 30.12.2024 sowohl einen Onlineartikel als auch einen Radiobeitrag. Darin fiel unter anderem Folgender Satz: „Ihr Hochwasserwarnsystem WarnMe, zur Montage an Brücken, hat auf der Erfindermesse in Nürnberg eine Goldmedaille gewonnen.“ [32]
- Auf der **Website der Tagesschau** wurde der genannte Artikel ebenfalls sowohl in Text- also auch in Audioformat am 30.12.2024 veröffentlicht. [33]

Ausblick

In Zukunft ist eines unserer großen Ziele die Radar-Messstation günstiger zu machen. Der Sensor allein (ohne Development-Kit) kostet nur 20 €. Sollten die Langzeittests mit dem Development-Kit erfolgreich verlaufen, planen wir, eine eigene Platine für den Sensor zu entwickeln. Diese könnte heute schon für wenige Euro oder sogar Cent hergestellt werden, auch in kleinen Stückzahlen. Damit könnten wir die Software von Infineon umgehen und direkt einen Arduino mit einem Shield für den Zugang zum LoRaWAN-Netz verwenden. Dieses System würde zwar immer noch mehr Strom verbrauchen als die bisherigen, wäre aber mit rund 110 € deutlich günstiger.

Im Zuge der neuen Ausbaustufe mit den zusätzlichen Messstationen arbeiten wir gerade an einem großen Update der App. Die App wird ein Menü erhalten, in dem man seine Gemeinde auswählen kann. Für jede Messstation haben wir die zugehörigen GPS-Daten gespeichert und entwickeln auf warnme.info eine interaktive Karte, auf der die Standorte der Stationen sichtbar sind.

Unsere große Vision für die Zukunft ist es, unser System weiter auszubauen, indem wir ein Netzwerk schaffen, das möglichst viele Menschen einbindet. Ziel ist es, eine flächendeckende Abdeckung zu erreichen, Schäden zu minimieren und Menschen zu schützen.

Unterstützungsleistung

Benno Hölz

Unser besonderer Dank geht an Benno Hölz. Er hat uns die ganze Zeit über großartig unterstützt. Vom ersten LoRaWAN-Workshop bis zur Bereitstellung des Servers war er eine große Hilfe. Auch bei der Entwicklung der DIY-Ultraschall-Messstation und der Datenauswertung stand er uns zur Seite. Sein umfangreiches Wissen hat unser Projekt entscheidend vorangebracht. Selbst in den Ferien oder am Wochenende war er immer erreichbar.

Tobias Beck

Tobias Beck legte den Grundstein für unseren Start beim SFZ Ochsenhausen vor etwa drei Jahren. Seine positive Art und Motivation waren ansteckend, selbst nach stundenlangem Python-Troubleshooting. Er initiierte dieses Projekt und wir profitierten oft von seinem Organisationstalent. Ohne ihn wäre auch die bisherige Verbreitung des Systems nicht auf dem Stand, wie sie es heute ist.

Literatur- und Bildquellenverzeichnis

Literaturquellen:

- [1] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ipcc-bericht-klimawandel-verlaeuft-schneller>, 28.12.2024
- [2] https://www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen_AR6-WGI.pdf, 28.12.2024
- [3] <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/spanien-vermisste-unwetter-100.html>, 28.12.2024
- [4] <https://www.schwaebische.de/regional/biberach/ochsenhausen/schaeden-in-millionenhoeh-505096?lid=true>, 28.12.2024
- [5] <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/umwelt/fruehwarnsysteme-in-echtzeit-haetten-tragoedien-vermeiden-koennen>, 28.12.2024
- [6] <https://www.gfz-potsdam.de/presse/meldungen/detailansicht/faq-zum-hochwasser-in-mittleuropa-im-september-2024?>, 28.12.2024
- [7] <https://www.spiegel.de/panorama/flut-im-ahrtal-man-wusste-nicht-wer-noch-lebt-wer-nicht-a-aa59711d-518f-4585-bc05-fd9dd5c263b7>, 28.12.2024
- [8] https://ga.de/region/ahr-und-rhein/bad-neuenahr-ahrweiler/wie-betroffene-und-helfer-die-flutkatastrophe-erlebt-haben_aid-61724327, 28.12.2024
- [9] <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2024/07/drei-jahre-ahrtal.html?>, 28.12.2024
- [10] <https://www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de/documents/20122/39136/Strategie-zum-Umgang-mit-Hochwasser-in-BW.pdf>
- [11] <https://www.deos-ag.com/de/blog/lorawan-einfach-erklart/>, 30.12.2024
- [12] <https://www.placetel.de/ratgeber/gateway#>, 30.12.2024
- [13] <https://www.thethingsnetwork.org/docs/>, 30.12.2024
- [14] <https://www.datacenter-insider.de/was-ist-ein-application-server-a-890641/>, 30.12.2024
- [15] <https://de.elv.com/elv-distance1-applikationsmodul-abstandsueberwachung-elv-am-dis1-158060>, 28.12.2024
- [16] Datenblatt des ELV-Sensors „ELV-AM-DIS1“ (<https://de.elv.com/elv-distance1-applikationsmodul-abstandsueberwachung-elv-am-dis1-158060?fs=3793357845>), 28.12.2024
- [17] <https://de.elv.com/p/elv-ultraschall-distanzsensor-dus1-P160762/?itemId=160762>, 28.12.2024
- [18] <https://www.youtube.com/watch?v=mqK5aQpisyY>
- [19] <https://de.elv.com/p/elv-lorawan-interface-1-elv-lw-int1-P160149/?itemId=160149>, 28.12.2024
- [20] <https://de.elv.com/p/spelsberg-verbindungs-dose-abox-i-040-l-grau-ip65-halogenfrei-witterungsbestaendig-P251439/?itemId=251439>, 28.12.2024

- [21] <https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/demo-bgt60tr13c/>, 01.01.2025
- [22] <https://www.infineon.com/cms/en/product/sensor/radar-sensors/radar-sensors-for-iot/60ghz-radar/bgt60tr13c/>, 01.01.2025
- [23] <https://github.com/NiklasHubGit/WarnMe-API>, 01.01.2025
- [24] <https://www.knowband.com/blog/de/nachrichten/google-macht-geschlossene-tests-fuer-die-neue-app-bereitstellung-zur-pflicht-richtlinienaktualisierung-fuer-neue-individuelle-entwicklerkonten/>, 01.01.2025
- [25] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.warnme.warnapp>, 01.01.2025
- [26] <https://github.com/NiklasHubGit/WarnMe-App>, 01.01.2025
- [27] <https://www.br.de/nachrichten/wirtschaft/nuernberger-erfindermesse-mit-nachhaltigen-und-pfiffigen-ideen,US8Ktdv>, 01.01.2025
- [28] <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/friedrichshafen/schueler-forschung-ochsenhausen-hochwasser-warnung-104.html>, 01.01.2025
- [29] <https://www.augsburger-allgemeine.de/bayern/erfindermesse-iena-in-nuernberg-103166583>, 01.01.2025
- [30] <https://www.schwaebische.de/regional/sigmaringen/bad-saulgau/jugend-forscht-und-gewinnt-gold-3037290>, 01.01.2025
- [31] <https://www.schwaebische.de/regional/biberach/biberach/schueler-bei-erfindermesse-nuernberg-erfolgreich-3059902>, 01.01.2025
- [32] <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/friedrichshafen/schueler-forschung-ochsenhausen-hochwasser-warnung-104.html>, 01.01.2025
- [33] <https://www.tagesschau.de/inland/regional/badenwuerttemberg/swr-ochsenhausener-schueler-entwickeln-ein-hochwasser-warnsystem-fuer-die-welt-102.html>, 01.01.2025

Bildquellen:

Abbildung 1: <https://www.dw.com/de/tödliches-klima-weltweit-durch-hitze-sturm-und-flut-klima-risiko-index/a-51506072>, 28.12.2024

Abbildung 2: Privatarchiv

Abbildung 3: Privatarchiv

Abbildung 4: Erstellt mit Icons aus Icons8 Database, <https://icons8.de/icons/set/database>, 10.10.2024

Abbildung 5: Privatarchiv

Abbildung 6: Erstellt mit BioRender.com, <https://app.biorender.com/>, 29.12.2024

Abbildung 7: Privatarchiv

Abbildung 8: Privatarchiv

Abbildung 9: Privatarchiv

Abbildung 10: Privatarchiv

Abbildung 11: Privatarchiv

Abbildung 12: Privatarchiv

Abbildung 13: Erstellt mit draw.io, <https://app.diagrams.net>, 03.01.2025

Abbildung 14: Privatarchiv