

Zuverlässiges Monitoring von hydrologischen Extremereignissen mithilfe drahtloser Sensorik

Daniel Szafranski¹, Andreas Reinhardt¹, Paul D. Wagner²

¹Technische Universität Clausthal, Energieinformatik

²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hydrologie und Wasserwirtschaft

Motivation

Das Monitoring hydrologischer Variablen ist für die Analyse hydrologischer Prozesse sowie als Grundlage für die Modellierung von großer Bedeutung.

Dabei ist die Erfassung der Extrema einerseits besonders relevant, z.B. für die Modellierung von Auswirkungen des Klimawandels, andererseits jedoch aufgrund der extremen Bedingungen sehr herausfordernd.

Um (extreme) hydrologische Ereignisse genau zu erfassen, hilft das Monitoring mit einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung.

Im Rahmen des Forschungsprojekts EXDIMUM (Extremwettermanagement mit digitalen Multiskalen-Methoden) wird daher ein terrestrisches drahtloses Sensornetzwerk (DSN) aufgebaut, um an hydrologisch und geographisch wichtigen Orten Messwerte (u.a. Niederschlag und Bodenfeuchte) zu erfassen und zu übertragen.

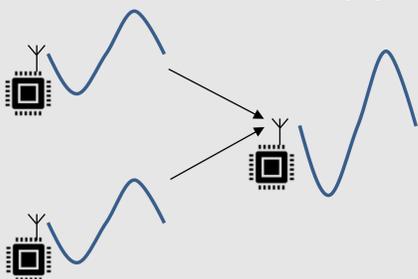
Herausforderungen

Die drahtlose Übertragung der Sensordaten erfolgt auf physikalischer Ebene über „LoRa“ (Long Range) und auf Netzwerkebene über „LoRaWAN“ (Long Range Wide Area Network). Die versendeten Daten werden an einer Empfangsstation gesammelt und verarbeitet. Extreme hydrologische Bedingungen wie Starkregen können negative Einflüsse auf die drahtlose Kommunikation haben, wodurch Messwerte möglicherweise verzögert ankommen oder Datenverluste auftreten. So stellten Boano et al. (2018) fest, dass Temperaturvariationen einen großen Einfluss auf die Zuverlässigkeit von LoRa haben und sogar zuvor funktionierende Funkstrecken temporär unterbrechen können. Insbesondere im Kontext der Echtzeitanforderungen von Frühwarnsystemen kann dies weitreichende negative Konsequenzen haben.



Konzept

Um dem entgegenzuwirken und auch unter extremen hydrologischen Bedingungen eine zuverlässige und echtzeitfähige Funkübertragung zu ermöglichen, untersuchen wir das Konzept der „Konstruktiven Interferenz“. Dabei wird der physikalische Effekt der Superposition von Funkwellen ausgenutzt, der bei zeitsynchron versendeten Daten zu einer Addition der Signalamplituden führt. Als Konsequenz kann das resultierende Signal höhere Reichweiten erreichen und ist robuster gegen dämpfende Effekte wie Starkregen.



Erste Ergebnisse

Das Konzept der konstruktiven Interferenz konnte bei Untersuchungen mit zwei Prototypen (Szafranski et al. 2022) durch eine partielle Steigerung der Signalamplituden teilweise bestätigt werden. Jedoch tritt neben der konstruktiven Interferenz (Amplitudenspitzen) auch destruktive Interferenz (Amplitudentäler) auf, was zu einem Schwebungseffekt führt.

Daher kann diese Methode nur bedingt eingesetzt werden, da sie sehr hohe Anforderungen an die (Zeit-)Synchronität der einzelnen Sensoren hat, die in der Praxis nur schwer zu erreichen sind.

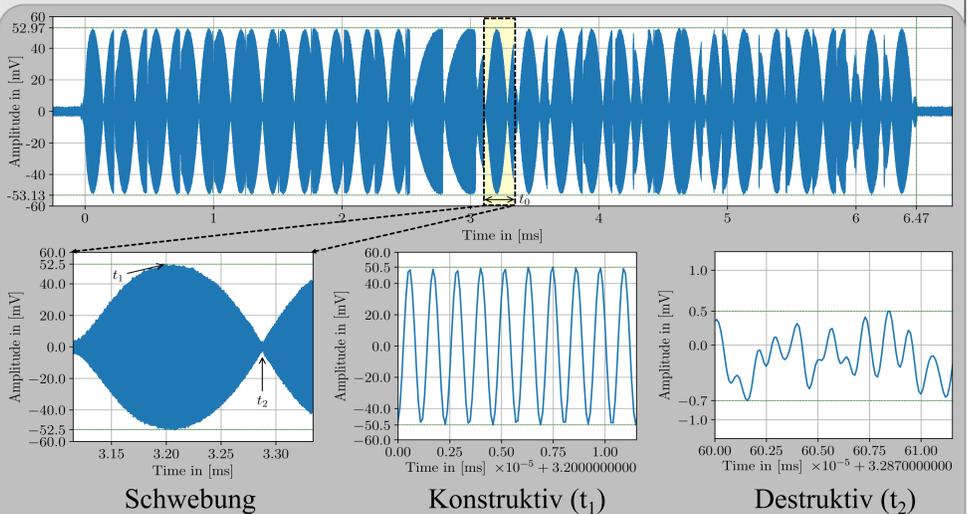


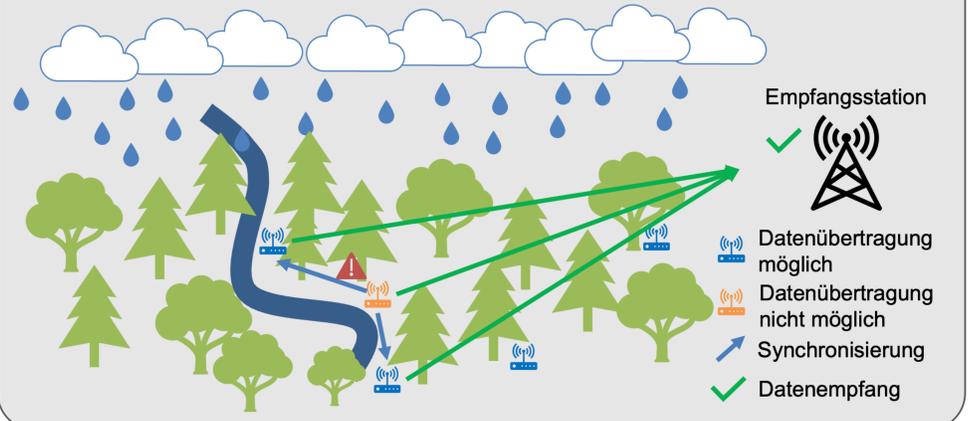
Abbildung 1: Messung einer synchronen Drahtlosübertragung, Interferenzeffekte sind gut sichtbar, reproduziert aus Szafranski et al. (2022).

Ausblick

Zukünftig soll dieses Konzept noch weiter untersucht und optimiert werden. Dabei soll der Fokus auf zwei Aspekten liegen:

1. Die zeitliche Synchronisierung optimieren, um die Phasen konstruktiver Interferenz zu verlängern.
2. Methoden finden, um trotz der Interferenzen noch die Vorteile der konstruktiven Phasen auszunutzen.

Wie in der folgenden Grafik dargestellt, sollen sich in Extremfällen einzelne drahtlose Sensoren untereinander synchronisieren und anschließend kooperativ Messdaten übertragen. Mit dem Ziel auch unter extremen hydrologischen Bedingungen Messdaten zuverlässig zu übertragen.



Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts EXDIMUM gefördert. Weiteren Informationen finden Sie auf der offiziellen Projektseite exdimum.org oder über den QR Code.



Literatur & Kontakt

Boano, C. A., Cattani, M., Römer, K. (2018). *Impact of Temperature Variations on the Reliability of LoRa.*

In: *Konferenzband der 7. Internationalen Konferenz zu Sensornetzwerken (SENSORNETS)*, S.39–50.

Szafranski, D., Bouchur, M., Reinhardt, A. (2022). *Investigating Constructive Interference for LoRa-based WSNs.*

In: *Konferenzband der 19. GI/ITG KuVS Fachgespräch "Sensornetze" (FGSN)*, S. 25–28.

Daniel Szafranski, Technische Universität Clausthal, Energieinformatik, daniel.szafranski@tu-clausthal.de