

Simulation von Gefahrstoffausbreitung mit digitalen Zwillingen zum Schutz kritischer Infrastrukturen

Max von Danwitz^{1,*} and Alexander Popp^{1,2}

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für den Schutz terrestrischer Infrastrukturen, 53757 Sankt Augustin, max.vondanwitz@dlr.de

² Universität der Bundeswehr München, Institut für Mathematik und Computergestützte Simulation, 85577 Neubiberg, alexander.popp@unibw.de

Die Freisetzung von Gefahrstoffen stellt eine erhebliche Bedrohung für kritische Infrastrukturen dar. In Notfallsituationen werden Vorhersagen über die Ausbreitung freigesetzter Gefahrstoffe in der Luft dringend benötigt, um z. B. Evakuierungsmahnmahnen an die Gefahrstoffausbreitung anpassen zu können.

Damit die wesentlichen Berechnungsergebnisse für die Vorhersage in der frühen Reaktionsphase nach einem Zwischenfall zeitnah vorliegen, wird ein einfaches Modell zur Beschreibung der Schadstoffausbreitung gewählt. Mit den inkompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen wird die Luftströmung in einer bebauten Umgebung abgeschätzt und der Schadstofftransport mit Hilfe einer Advektions-Diffusions-Gleichung modelliert. Numerische Methoden erlauben es aus wenigen Sensormessungen die Quelle des Gefahrstoffs zu bestimmen und Prognosen abzuleiten. Eine einfache Anwendung der mathematischen Modelle soll durch deren Integration in einen digitalen Zwilling gewährleistet werden.

Bei der Erstellung des digitalen Zwillings ist es unser Ziel, einen weitgehend automatisierten Arbeitsablauf zu etablieren, der die aktuelle Bebauung direkt aus einer Datenbank wie Open Street Map bezieht und darauf aufbauend ein Simulationsnetz generiert. Während einer Vorbereitungsphase (sog. "Offline-Phase") werden rechenintensive Strömungssimulationen für verschiedene Windbedingungen durchgeführt, um ein Modell reduzierter Ordnung für das Strömungsfeld zu erstellen.

Das resultierende Berechnungsmodell wird im digitalen Zwilling mit realen Sensordaten aus der physischen Umgebung kombiniert und die Ergebnisse werden auf übersichtliche Weise präsentiert (sog. "Online-Phase"). Darüber hinaus ermöglicht das Simulationsmodell die Analyse von hypothetischen Szenarien und kann genutzt werden um eine optimale Platzierung von Sensoren in einem schützenswerten Gebiet herzuleiten.

REFERENCES

- [1] Bonari, J., Kuehn, L., von Danwitz, M., and Popp, A. (2024), Towards Real-Time Urban Physics Simulations with Digital Twins. *Preprint submitted for publication*, DOI: 10.48550/arXiv.2405.10077