

Mit dem richtigen Blick in die Zukunft -  
der DigiZ-DE macht es möglich



# Ein digitaler Zwilling für Deutschland

AUTORIN Theresa Herbst | Frankfurt am Main

Die Bewältigung des Klimawandels und anderer aktueller gesellschaftlicher Herausforderungen in Deutschland und Europa hängt wesentlich von der Fähigkeit der Politik und Verwaltung ab, nachhaltige Entscheidungen zu treffen. Diese Entscheidungen erfordern das Wissen über mögliche Handlungsoptionen, Zukunftsszenarien und ihre langfristigen Auswirkungen zum Zeitpunkt der Entscheidung. Dabei spielt die räumliche Komponente oft eine besondere Rolle.

Für die ländliche, städtische und auch bundesweite Planung und Entwicklung werden valide Zukunftsszenarien für politische Entscheidungen immer wichtiger. Im Wesentlichen konzentriert es sich oft auf die folgenden Fragen: Welche Handlungsoptionen stehen zur Verfügung? Welche Auswirkungen lassen sich durch sie erzielen? Wo besteht der dringendste Handlungsbedarf? Einfache Karten reichen dazu schon lange nicht mehr aus. Für viele Fragen sind eine umfassende 3-D-Datengrundlage sowie Informationen über die zeitliche Veränderung der Landschaft unerlässlich. Mit zunehmender Komplexität einer Frage steigt die Notwendigkeit, Fachleute verschiedener Disziplinen gemeinsam und kooperativ in den Lösungsprozess einzubeziehen. Dabei spielen digitale Werkzeuge eine entscheidende Rolle, um diese Zusammenarbeit effektiv zu unterstützen. Durch Simulationen können beispielsweise Handlungsoptionen im Voraus geprüft und ihre Auswirkungen auf viele gesellschaftliche Belange bewertet wer-

den. Erst dann sind Entscheidungsträger in der Lage, nicht nur auf Situationen zu reagieren, sondern auch die langfristigen Folgen ihrer Entscheidungen besser abzuschätzen.

Aktuell fehlt der Bundesverwaltung ein ganzheitliches und datenbasiertes Werkzeug, um diese Themen angemessen zu analysieren und Handlungsalternativen zu simulieren. Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) arbeitet derzeit an einem innovativen Produkt, dem »Digitalen Zwilling Deutschland« (DigiZ-DE). Dieser soll nachhaltige Entscheidungen bei allen raum- und geobezogenen Aufgaben der Bundesverwaltung unterstützen. Der digitale Zwilling wird ein intelligentes, räumliches, digitales Abbild Deutschlands sein, das es ermöglicht, Zukunftsszenarien zu simulieren (vgl. *Abbildung 1*). Dadurch spielt er eine essenzielle Rolle bei dem Vorhaben, Deutschland zu einem »smart country« zu entwickeln.

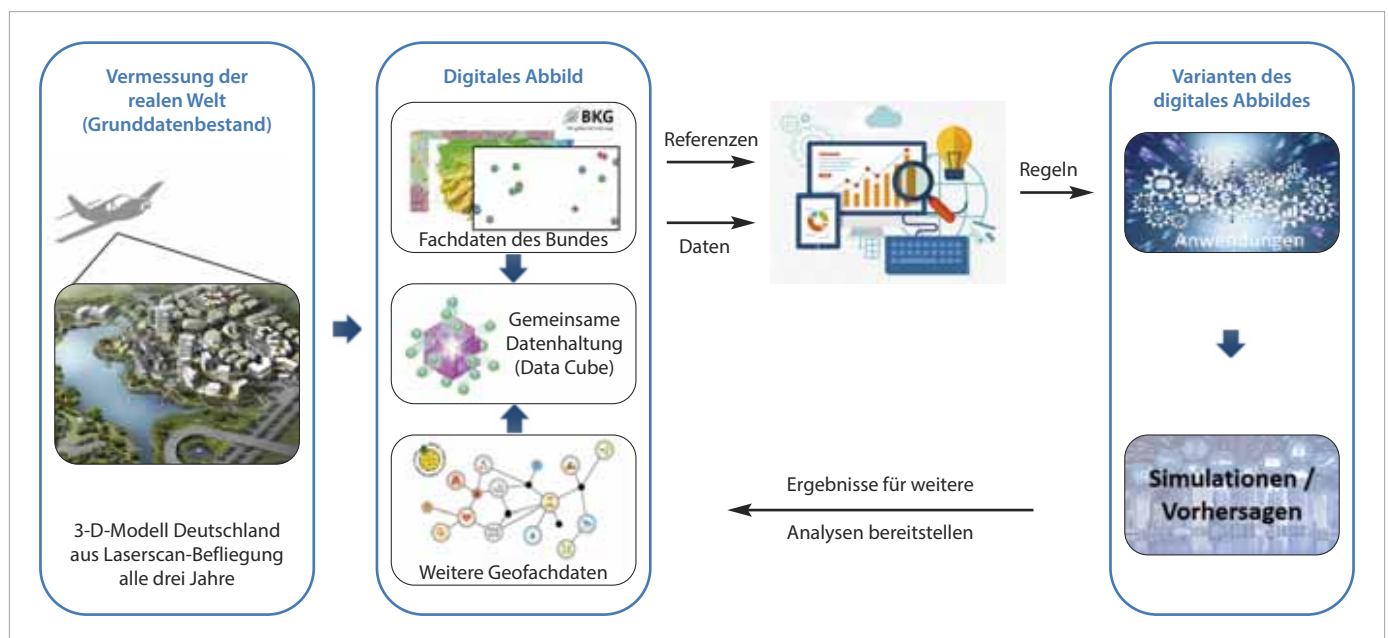
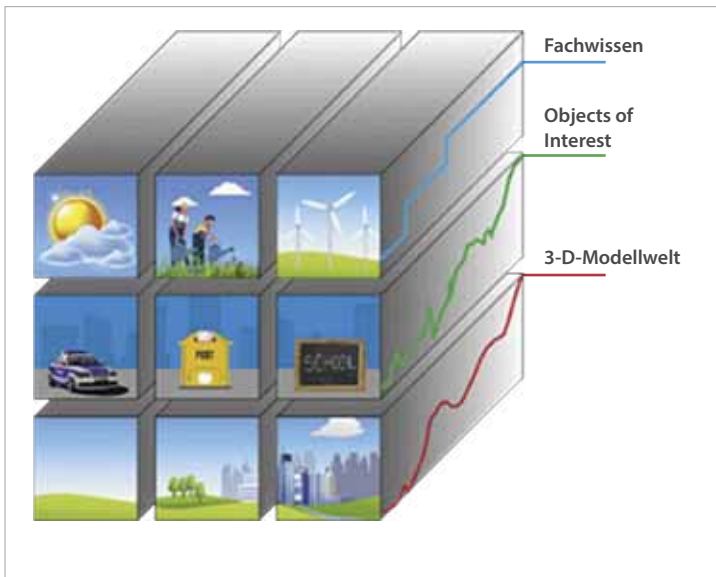
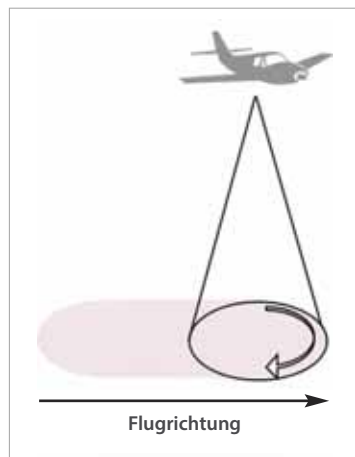


Abbildung 1 | Schema des Digitalen Zwillings Deutschland





**Abbildung 2** | Schematische Abbildung des Datenangebots, das Modelldaten, Objekte von Interesse und Fachdaten Deutschlands zugänglich macht



**Abbildung 3** | links: Messprinzip des SPL-Verfahrens

unten: Typisches Flugmuster eines Flugzeugs bei der Datenaufnahme

## DATENGRUNDLAGE UND DATENSYNTHESE

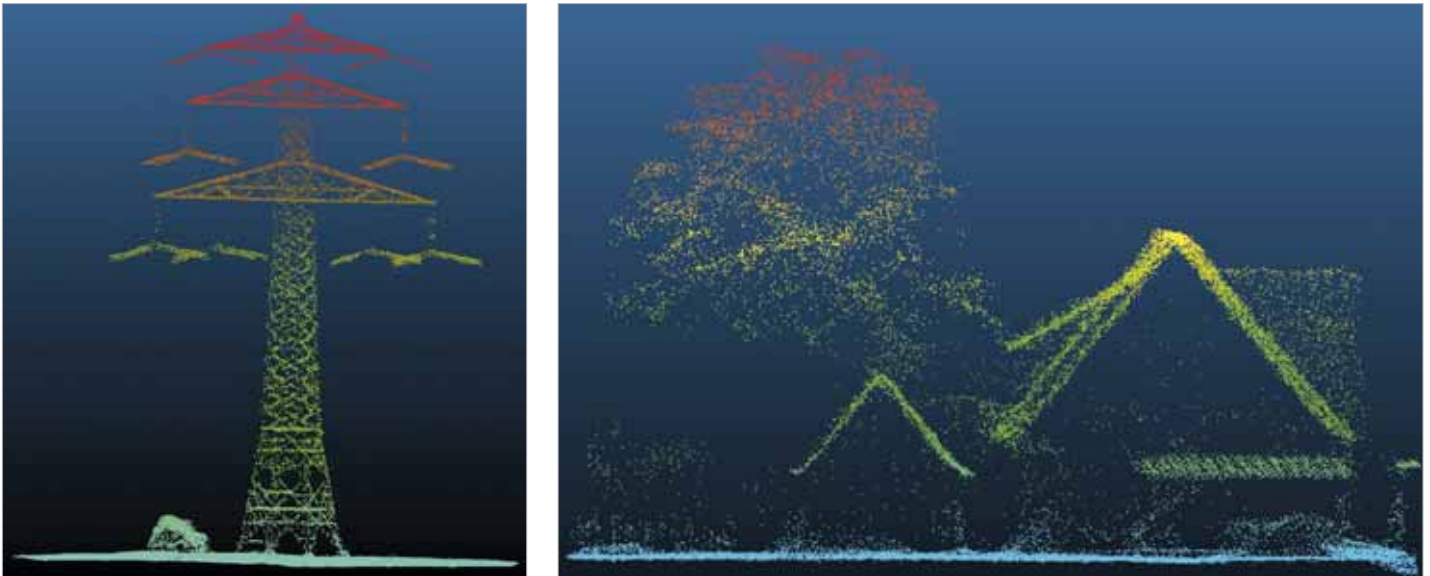
Das Fundament des DigiZ-DE bildet eine skalierbare digitale Darstellung Deutschlands, die sowohl räumliche als auch zeitliche Aspekte umfasst. Darüber hinaus bietet der Zwilling eine breite Palette an Eigenschaften, welche das Datenangebot in verschiedene Dimensionen aufteilen. Diese Vielfalt an Eigenschaften gliedert sich in drei Bereiche (vgl. *Abbildung 2*): Modelldaten, Objekte von Interesse und Daten von Dritten (Fachdaten).

Der digitale Zwilling beruht auf einem hochpräzisen 3-D-Modell, das mittels modernster, luftgestützter Laserscan-Technologie erstellt wird. Durch den Einsatz dieser Technologie ist es möglich, Objekte mit hoher Punktdichte ganzheitlich zu erfassen. Das angestrebte Ziel ist eine Mindestdichte von 40 Punkten pro Quadratmeter für das gesamte Bundesgebiet.

Diese hohe Punktdichte zu nutzen, bietet den entscheidenden Vorteil, Objekte in ihrer Gesamtheit zu erfassen, beispielsweise auch das Buschwerk unter den Baumkronen. Die Anwendung dieser Methode gewährleistet eine bemerkenswerte Detailtiefe, die mit herkömmlichen Sensoren der Fernerkundung derzeit nicht erreichbar ist.

Im Rahmen eines Demonstrationsvorhabens in der Metropolregion Hamburg wurde in den Jahren 2021 und 2022 eine Machbarkeitsprüfung für die Erstellung eines bundesweiten digitalen Zwillings durchgeführt. Das Projekt umfasste ein Gebiet von 8.600 km<sup>2</sup>, das mittels Luftüberflügen mit dem Single Photon LiDAR (SPL) erfasst wurde. Im Gegensatz zum herkömmlichen linearen LiDAR-Verfahren, bei dem das reflektierte Echo des hoch kollimierten Laserpulses genau auf den Detektor trifft, verfügen Technologien wie Geiger-mode-LiDAR (GmL) oder Single Photon LiDAR (SPL)





**Abbildung 4** | Visualisierung der Punktwolke, eingefärbt nach der Höhe über Grund  
links: Strommast – rechts: Haus und Baum

über größere Flächenleistungen, d. h., es können pro Flugstunde größere Flächen erfasst werden (vgl. *Abbildung 3*).

Die resultierende Punktwolke liefert detaillierte Informationen über den Boden, die Oberfläche, die Vegetation, die Gebäude, die Infrastruktur und weitere sichtbare Objekte in diesem Gebiet (vgl. *Abbildung 4 und 5*).

Auf Basis der aus der Machbarkeitsstudie gewonnenen Erkenntnisse wird der bundesweite digitale Zwilling konzipiert. Da Vegetationsinformationen für viele Anwendungsfälle von Belang sind, erfolgt die 3-D-Befliegung während der Vegetationsperiode zwischen März und Oktober. Die bundesweite Befliegung wird noch im Jahr 2023 gestartet.

Das BKG verfügt als zentraler Geodienstleister der Bundesverwaltung über eine große Anzahl nationaler Geodaten, die zum Aufbau des DigiZ-DE genutzt werden. Das 3-D-Modell des DigiZ-DE wird durch die kontinuierliche Integration zusätzlicher Geodaten erweitert, um den Grunddatenbestand zu stärken. Dieser Prozess umfasst vor allem, Geobasis- und Georeferenzdaten einzubinden, die es ermöglichen, Gebäude, Verwaltungsgebiete, Verkehrselemente, Landschaften sowie Landbedeckung und -nutzung detailliert zu klassifizieren. Zusätzlich bildet der umfassende BKG-Datensatz »Point of Interest« (POI) eine Grundlage, die auf Daten aus offiziellen Quellen, Eigenrecherche im Internet und eigenen Berechnungen und Verschneidungen verschiedener Datenquellen basiert. Durch die Kombination der POI-Daten mit anderen georeferenzierten Informationen und geographischen Daten bildet



**Abbildung 5** | Laserscan-Befliegung: Kombination aus Punktwolke und Luftbildaufnahme (Metropolregion Hamburg)



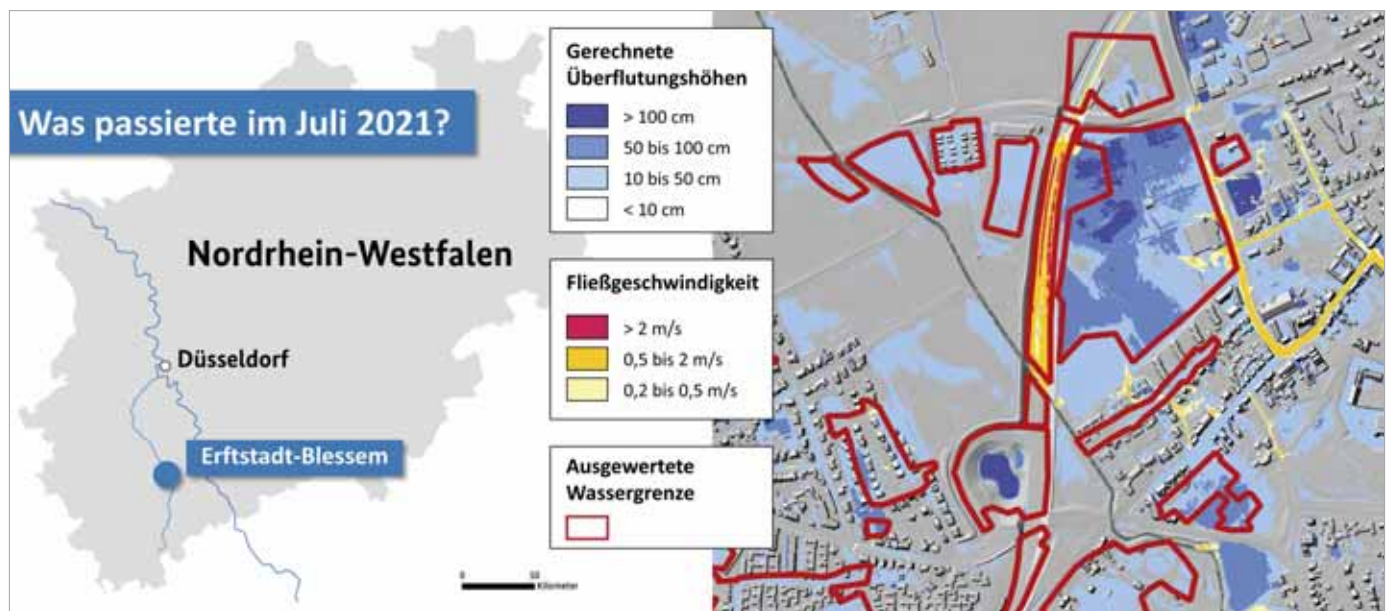


Abbildung 6 | Hinweiskarte zu Starkregengefahren (Erftstadt-Blessem, Nordrhein-Westfalen)

der digitale Zwilling eine umfassende und realitätsgetreue Darstellung der Landschaft und der Infrastruktur in Deutschland. Die kontinuierliche Aktualisierung des POI-Datensatzes alle sechs Monate trägt dazu bei, dass der DigiZ-DE auf dem neuesten Stand ist und aktuelle Entwicklungen in vielerlei Hinsicht berücksichtigen kann.

Darüber hinaus werden der Datengrundlage verschiedene Informationsebenen zugefügt, wie z. B. Fachdaten zu Klima, Infrastruktur, Landwirtschaft, Verkehrsströmen und aktuelle Satellitenbilder. Durch diese umfangreichen Erweiterungen entwickelt sich der DigiZ-DE zu einer vielschichtigen Informationsquelle von hoher Reichweite, die ein breites Spektrum an raumbezogenen Informationen bereitstellt.

## IT-INFRASTRUKTUR

Die enormen Datenmengen, welche bei einer bundesweiten, hochauflösenden Flächenabdeckung entstehen, stellen hohe Anforderungen an die Datenhaltung und an das Datenmanagement. Um diese Datenmengen für die Anwender nutzbar zu machen und den technischen Anforderungen gerecht zu werden, ist der Einsatz von Cloud-Technologien vorgesehen. Dies ist unerlässlich, um die Verarbeitung der riesigen Datenmengen effizient und benutzerfreundlich zu gestalten, und entspricht dem aktuellen Stand der Technik.

Um die vielfältige Datenmenge im DigiZ-DE speichern, organisieren und abfragen zu können, wird die Struktur eines mehrdimensionalen »Data Cube« (vgl. *Abbildung 2*) verwendet. Data Cubes haben sich über die letzten Jahre zu einem Industriestandard entwickelt, um Erdbeobachtungsdaten bereitzustellen und zu analysieren. Sie sind besonders geeignet, um heterogene und äußerst

speicherintensive Raum-Zeit-Werte bzw. Rasterdaten zu speichern. Hierbei werden die Rasterdaten in einer speziellen Struktur eines multidimensionalen Würfels vorgehalten, in dem die zeitliche Achse eine zusätzliche Dimension einnimmt. Außerdem entfallen speicherintensive Operationen wie Datenhaltung oder -transfer für den Endnutzer.

Die Daten werden »analysefertig« bereitgestellt, benötigen also keine Vorprozessierung und können direkt der Analyse zugeführt werden. Den Nutzern aus der Bundesverwaltung werden Interaktionsmöglichkeiten angeboten, damit sie auf dieser Basis ihre fachspezifischen Anwendungen im digitalen Zwilling entwickeln können.

## ANWENDUNGEN

Die Zielgruppe des DigiZ-DE ist die Bundesverwaltung. Der DigiZ-DE liefert einen wesentlichen Teil zur Beantwortung von zukünftigen Fragen im Kontext von:

- **Klimafolgen** – wie verändert sich der Wald in Deutschland? Wie wirkt sich das Schmelzen der Polkappen auf den Norden Deutschlands aus?
- **Naturgefahren** – welche Regionen sind vor allem von Starkregen betroffen?
- **Infrastrukturausbau** – welche Flächen eignen sich für den Ausbau neuer Energien?
- **Gesundheit** – in welchen Stadtgebieten gefährdet Hitze die Gesundheit der Anwohner?

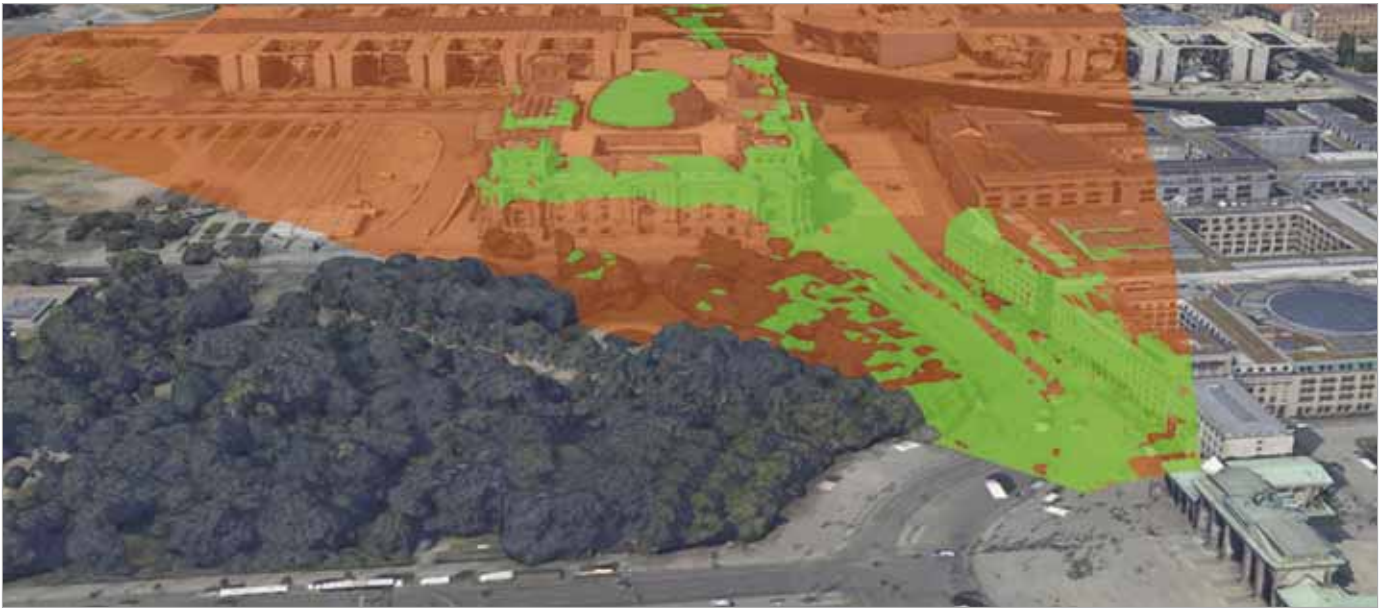


Abbildung 7 | Sichtfeldanalyse vom Brandenburger Tor im 3-D-Modell (Reichstagsgebäude, Berlin)

- **Umwelt** – in welchem Maße verbreiten sich invasive Pflanzenarten?
- **Bevölkerungsschutz** – welche Evakuierungswege bleiben bei Waldbrandszenarien noch nutzbar?
- **Gleichwertigen Lebensverhältnissen** – wie verteilt sich die Erreichbarkeit der medizinischen Notfallversorgung?


Zur Frage »Welche Täler sind bei einem Starkregen besonders überflutungsgefährdet?« liefert in Nordrhein-Westfalen bereits die Hinweiskarte zu Starkregengefahren einen wichtigen Beitrag (vgl. *Abbildung 6*). Zur Erstellung der Karte wurden extreme Wittersituationen (Starkregen) mit den vorhandenen Gelände- sowie Gebäudestrukturen unter Nutzung von hydrologischen Modellen verknüpft. Anhand verschiedener Szenarien konnten so für NRW Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten ermittelt werden. Ziel ist es, diese Anwendung skalierbar weiterzuentwickeln, um z. B. anhand eines Bruchkantenmodells mit hoher Auflösung die Folgen möglicher Niederschlagsereignisse immer besser abzubilden.

Durch solche Hinweiskarten lässt sich die Gefahrenlage einschätzen. Die gewonnenen Daten sind vielseitig einsetzbar und finden daher in zahlreichen Bereichen dynamische und interdisziplinäre Anwendungsmöglichkeiten. Es können Anhaltspunkte in den Bereichen der Verkehrssicherheit, der Ermittlung geeigneter Evakuierungsmaßnahmen wie Flucht- und Versorgungswege, der Stromversorgung, der Telekommunikation und vielem mehr geliefert werden.

Weitere Anwendungen, um einige der o. g. Fragen zu beantworten, sind beispielsweise die Raumplanung unter Berücksichtigung des Klimawandels, Simulationen zum Anstieg des Meeresspiegels

in Nord- und Ostsee, das Monitoring der Wälder inklusive Baumkroneninventur und Vegetationsvolumen, die Detektion von gehölzbetonten Landschaftselementen entlang von landwirtschaftlichen Flächen, Waldbrandsimulationen, schnelle Lagebildgewinnung im Katastrophenfall, Sichtfeldanalysen (vgl. *Abbildung 7*) oder klassische Anwendungsbereiche der Veränderungsanalyse.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Bearbeitung einer Vielzahl interdisziplinärer Fragestellungen auf einer einheitlichen Datengrundlage ermöglicht nicht nur kohärente Ergebnisse, sondern auch eine bessere digitale Abbildung von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Fachdisziplinen. Perspektivisch kann der DigiZ-DE für immer komplexere Fragen genutzt werden, beispielsweise durch die Verknüpfung mehrerer interdisziplinärer Anwendungen. Angesichts der enormen Komplexität großer gesellschaftlicher Fragen erlangt eine einheitliche Datengrundlage einen unschätzbaren Wert. Mit dem digitalen Zwilling bündelt das BKG als zentraler Geodienstleister des Bundes zukunftsweisende Technologien wie KI-Methoden, Cloud-Rechenpower und Big-Data-Technologien. Damit können komplexe Anwendungsfälle angegangen werden, ohne dass jede Bundesbehörde eigene redundante IT-Ressourcen und Expertisen aufbauen muss. Durch die fortschreitende Digitalisierung raum- und geobezogener Entscheidungsprozesse wird durch den DigiZ-DE ein effizientes Verwaltungshandeln gefördert und die Beschleunigung von Prozessen ermöglicht. 



M. Sc. Theresa Herbst  
 Aufbaustab Digitaler Zwilling Deutschland (DigiZ-DE)  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)  
 theresa.herbst@bkg.bund.de