Bild: stock.adobe.com_JSirlin

Im Zuge des Klimawandels nehmen extreme Wetterereignisse zu

Im Spannungsfeld von Hitze, Dürre und Starkregen – klimabedingte Extreme managen

Extreme Niederschläge in Deutschland und Belgien, Hitzerekorde in Kanada und großflächige Waldbrände in Südeuropa und der Türkei. Das Jahr 2021 ist noch nicht zu Ende und stellt bereits neue Negativrekorde auf, welche deutlich machen, dass die Klimakrise überall auf der Erde durch verheerende Katastrophen für Mensch und Natur spürbar ist. Klimaschutz durch CO_2-Reduktion ist ein wichtiges Ziel, doch Klimaanpassung ist mindestens genauso relevant, um sich auf bereits nicht mehr umkehrbare Auswirkungen vorzubereiten.

Autor: **Dr. Maximilian Ueberham**

Die Herausforderungen durch die Klimakrise sind komplex und vom Zeithorizont sehr weitreichend, trotzdem oder gerade deshalb muss jetzt gehandelt werden. Anpassungsmaßnahmen brauchen solide Datengrundlagen, die auf räumlicher Ebene möglichst detailliert ausdifferenziert werden sollten. Insbesondere im Siedlungsbereich, wo viele Menschen und Gebäude auf dichtem Raum durch äußere Wetter- und Klimaeinflüsse verletzlich sind, ist der Anpassungsbedarf hoch. Die Daten des letzten IPCC-Berichts zeigen eindrücklich, dass eine weitere Erhöhung der globalen mittleren Temperatur mit zunehmenden Extremereignissen, wie Dürreperioden, Hitzewellen und Starkregen, zusammenhängt. Der Flächenverbrauch bzw. der Versiegelungsgrad ist dabei eins der Hauptprobleme, die zum einen Hitze in der Stadt verstärken und eine urbane Überwärmung zur Folge haben. Städte können bis zu zehn Grad wärmer werden als ihr Umland, damit steigt besonders die physische Belastung für vulnerable Bevölkerungsgruppen. Zugleich befördert Hitze die Verdunstungsrate der Vegetation. Kommen lange Dürrephasen hinzu, dann sterben selbst Großbäume ab, deren Verlust langfristig viel schwerer wiegt als der vertrocknete Rasen im Park, der sich schnell wieder erholen kann.

In solchen Phasen freut sich die Vegetation über jeden Tropfen Wasser, der vom Himmel fällt. Dieser Regen kommt jedoch zunehmend in kurzen und sehr intensiven Ereignissen. Der staubtrockene Boden kann den Regen einerseits nicht so schnell aufnehmen, andererseits wird auch ein hoher Anteil über versiegelte Flächen schnell abgeleitet. Die Forderung nach Rückhalt und Speicherung von Regenwasser wird deshalb immer lauter – viele Kommunen gehen hier nach dem Prinzip wassersensibler Stadtentwicklung nun das Thema Schwammstadt konsequenter an.

Um effektiv und sinnvoll eine Anpassung an Klima- und Wetterextreme umzusetzen, bedarf es einer kontinuierlichen Verbesserung der Datengrundlagen. Geo-IT und Fernerkundung sind wertvolle Methoden, um fakten- und wissenschaftsbasiert solide Entscheidungsgrundlagen für Kommunen zur Verfügung zu stellen.

Geodaten über Strukturtypen der Stadt, wie zum Beispiel Bodenverhältnisse, Bebauungstypologien, Grundwasserstände, kritische Infrastrukturen, Klimafunktionen, Starkregenabflüsse und Stadtgrün, sind der Datenschatz für eine durchdachte klimaangepasste Stadtentwicklung.

Die Gastbeiträge des Specials widmen sich deshalb zwei wichtigen Aspekten zur Anpassung an Hitze und Starkregen: der Kühlfunktion urbaner Böden (Beitrag der Universität Potsdam) und der Auswertung von Extremniederschlägen auf kleinräumiger Ebene (Beitrag des Deutschen Wetterdienstes).

Untersuchung der Kühlfunktion urbaner Böden auf Basis von frei zugänglichen Daten und einem GIS

Die Kühlfunktion urbaner Böden ist eine wichtige Ökosystemleistung, deren Schutz durch den globalen Klimawandel und die zunehmende Urbanisierung an Bedeutung gewinnt. Eine flächendeckende Quantifizierung der Kühlleistung ist jedoch aufwendig. Im Rahmen des Projekts ExTrass [1] wurde ein GIS-basierter Workflow entwickelt, mit dem eine flächendeckende Abschätzung der potenziellen Kühlfunktion auf Basis von frei zugänglichen Daten für Gemeinden in Deutschland möglich wird.

Eine Zunahme der Temperaturen in den Sommermonaten sowie überdurchschnittlich warme und trockene Jahre wie das Jahr 2018 [2] können aufgrund der Ausbildung von urbanen Wärmeinseln für die städtische Bevölkerung besonders belastend sein. Denn anhaltende Hitzeperioden mit Tropennächten über mehrere Tage belasten das Herz-Kreislauf-System besonders von Älteren oder Menschen mit Vorerkrankungen [3].

(Urbane) Böden können durch ihre Kühlleistung zu einer Verringerung der Lufttemperatur beitragen

Durch die Aufnahme und Speicherung von Wasser stellen Böden ein Reservoir dar, aus dem über die Oberfläche des Bodens an sich (Evaporation) und über den Bewuchs (Transpiration) Wasser verdunstet wird. Beide Prozesse werden zur Evapotranspiration (ET) zusammengefasst. Durch den Phasenübergang des Wassers während der ET wird der Umgebung Wärmeenergie entzogen und in latente Wärme überführt, was zu einer Abnahme der Lufttemperatur führt. Wie hoch die ET und damit die Kühlleistung ist, hängt von der Menge an verfügbarem Wasser ab. Abbildung 1 zeigt den vereinfachten Aufbau des Bodenwasserhaushalts. Das Wasservolumen, das durch Adsorption und kapillare Kräfte in der Bodenmatrix gegenüber der Schwerkraft zurückgehalten werden kann, wird als Feldkapazität (FK) bezeichnet. Jedoch kann nur ein Teil dieses Volumens durch die Saugspannung von Wurzeln aufgenommen werden. Dieser Anteil wird als nutzbare Feldkapazität (nFK) bezeichnet und repräsentiert die potenzielle Menge an Wasser, die der ET und damit der Kühlung zur Verfügung steht.

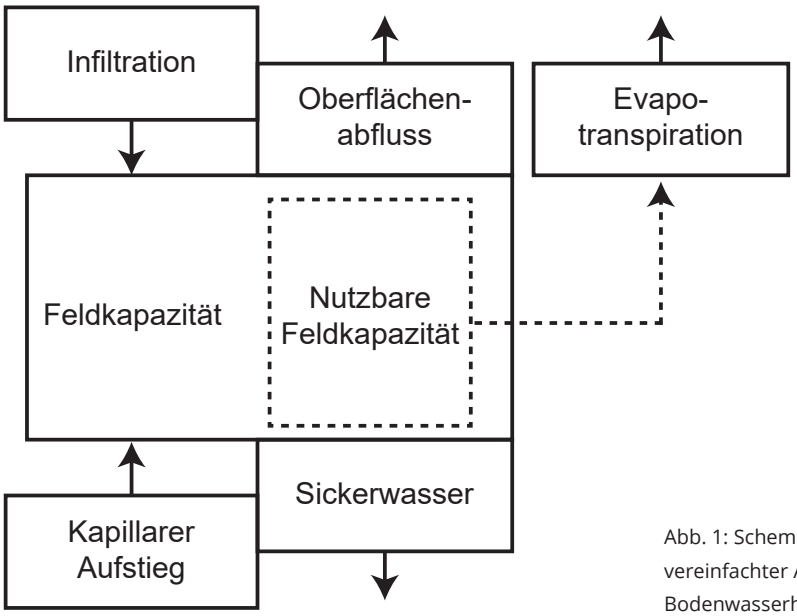


Bild: Universität Potsdam

Abb. 1: Schematischer vereinfachter Aufbau des Bodenwasserhaushalts

Die räumliche Verteilung der nutzbaren Feldkapazität informiert über das Kühlpotenzial der Böden und kann aus frei zugänglichen Geodaten flächendeckend abgeleitet werden

Die nFK ist ein Wert der Bodenkarte (BK50) [4]. Für das Untersuchungsgebiet Remscheid kann dieser ursprünglich analoge Datensatz als digitaler Vektordatensatz frei im Geoportal.NRW [5] bezogen werden. In dieser Bodenkarte sind jedoch mittlere nFK-Werte pro Bodentyp dargestellt; der Einfluss der Landnutzung auf die nFK wird nicht berücksichtigt. Jedoch wird die nFK durch Versiegelung und Verdichtung maßgeblich beeinflusst. Abbildung 2 zeigt den Workflow, mit welchem die Informationen der Bodenkarte durch Informationen über die Landnutzung verschnitten wurden.

In einem ersten Schritt wurde einem Landnutzungsdatensatz [6] die zusätzliche Klasse „Gebäudegrundfläche“, abgeleitet aus OpenStreetMap [7], hinzugefügt. In der Ergebniskarte ist die Gesamtfläche Remscheids in Landnutzungs-Patches [8] aufgeteilt. Mit ArcMap 10.3 unter Verwendung des Werkzeuges „Vereinigen“ (engl. „Union“) wurde dieser Landnutzungsdatensatz mit der Bodenkarte verschnitten. Dabei wurde die nFK, enthalten in der Bodenkarte, nicht innerhalb der Landnutzungs-Patches gemittelt. War die nFK innerhalb eines Landnutzungspatches un-

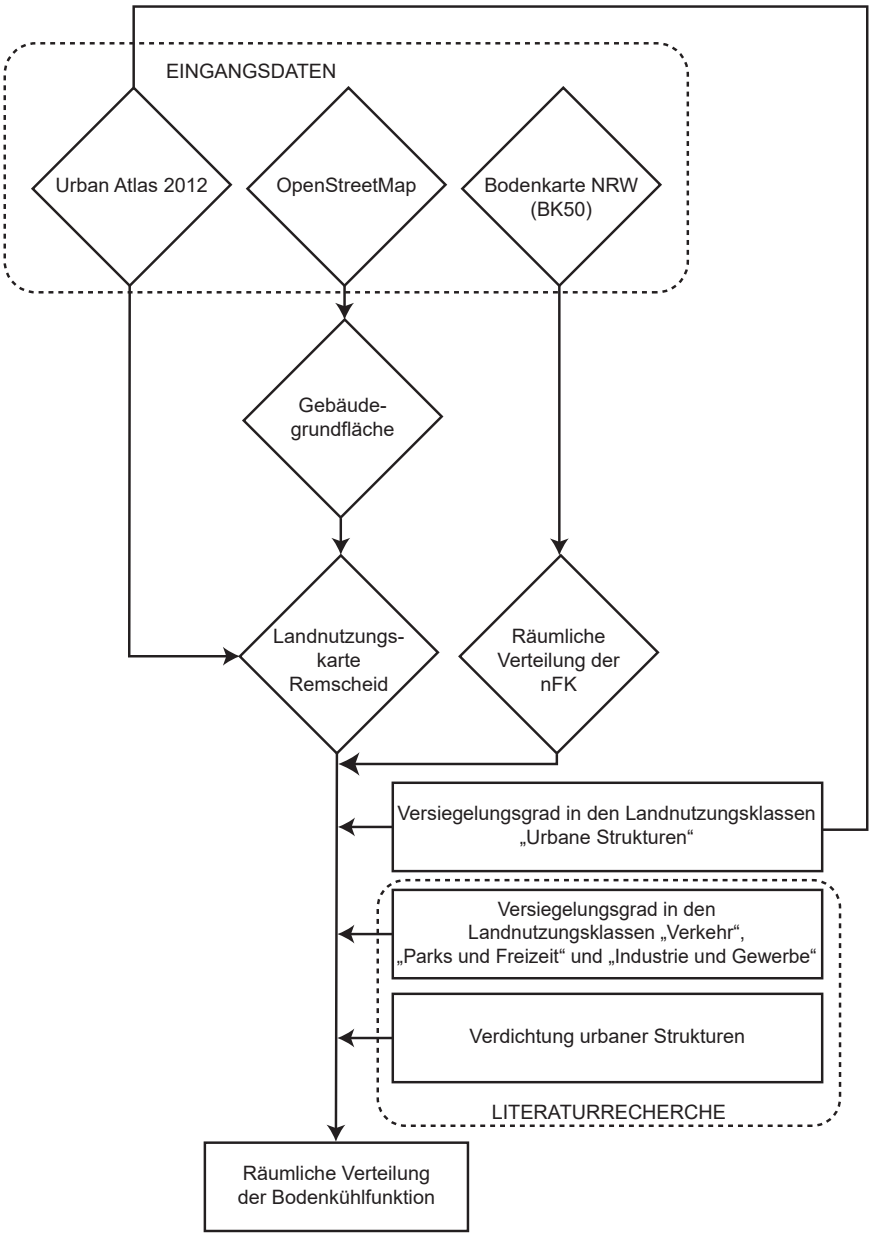


Bild: Universität Potsdam

Abb. 2: Schematische Darstellung des Workflows zur Untersuchung der potenziellen Bodenkühlfunktion

einheitlich, wurde das Patch aufgeteilt, sodass jedes Patch eindeutig einer Landnutzungsklasse und einem nFK-Wert zuzuordnen ist.

Eine Landnutzungsklasse definiert sich darüber, wie die jeweilige Fläche genutzt und/oder bewirtschaftet wird. Die Versiegelung und Verdichtung von Böden ist eine Folge der Nutzung bzw. Bewirtschaftung der Landoberfläche. Daher kann von der Landnutzung auf den Versiegelungsgrad und die Verdichtung geschlossen werden. Gleichzeitig verringert die Verdichtung und Versiegelung von Böden deren Kühlpotenzial. Um diesen Einfluss der Landnutzung auf die potenzielle Kühlfunktion der Böden einzubeziehen, wurde der prozentuale Anteil versiegelter Flächen für jede Landnutzungsklasse auf Basis der vorhandenen Landnutzungsdaten, der Sichtung von Orthophotos und einer Literaturrecherche bestimmt. Aus dem prozentualen Anteil versiegelter Flächen wurde ein Prozentfaktor (fS) abgeleitet. Einheitliche Angaben über die Verdichtung von Böden sind schwierig, da sie von einer Vielzahl von Faktoren abhängen. Jedoch beziffern Marcotullio u. a. [9] die Verdichtung von urbanen Böden als 50 % höher als die Verdichtung von landwirtschaftlich genutzten Böden. Für stark beanspruchte und versiegelte Flächen wird daher eine Verringerung des Porenvolumens von 50 % angenommen und ein Faktor von 0,5 für stark verdichtete Strukturen und 1 für weniger stark verdichtete Strukturen verwendet. Das Bodenkühlpotenzial wird für jedes Patch anschließend über den „Field calculator“ in ArcMap 10.3 nach Gleichung (1) berechnet:

$$BP = nFK \cdot fS \cdot fD, \qquad (1)$$

mit:

BP = Bodenkühlpotenzial (in $l/m^2 \cdot 60$ cm),
nFK = nutzbare Feldkapazität (laut bodenkundlicher Kartieranleitung) (in $l/m^2 \cdot 60$ cm),
fS = Versiegelungsgrad und
fD = Verdichtungsfaktor.

Das Ergebnis zeigt die Verteilung von Kühlpotenzialen auf und dient als Grundlage für Diskussionen, Stadtplanung und weiterführende Messungen

Abbildung 3 zeigt einen Auszug aus der Karte der potenziellen Bodenkühlfunktion für Remscheid. Zu sehen ist Lennep, ein Ortsteil Remscheids. Grüne Bereiche haben eine hohe nFK und damit eine hohe potenzielle Bodenkühlfunktion. Rote Bereiche hingegen weisen eine niedrige potenzielle Bodenkühlfunktion auf. Fünf Bereiche sind mit Nummern markiert, die im Folgenden diskutiert werden.

Bebaute Flächen können in stärker urbanisierte Bereiche (Nr. 1) und weniger stark urbanisierte Bereiche (Nr. 2) unterteilt werden. Den größten Einfluss auf die Bodenkühlfunktion hat hier der Versiegelungsgrad, geprägt durch beispielsweise Straße oder Wege, Plätze, Parkplätze etc. Häusergrundflächen erscheinen in dunklem Rot, weil sie vollständig verdichtet und versiegelt sind und somit von den darunter liegenden Böden keine Kühlfunktion ausgeht. Durch Infrastruktur stark versiegelte und verdichtete Bereiche (Nr. 3) weisen ein sehr geringes Bodenkühlpotenzial auf, da hier zu der Versiegelung ein hohes Maß an Bodenverdichtung kommt. In urbanen Bereichen weisen die nFK-Werte darauf hin, wo eventuell bestehende kleine Grünflächen, wie zum Beispiel verkehrsbegleitende Grünflächen oder kleine Parks, die von der Karte nicht auf-

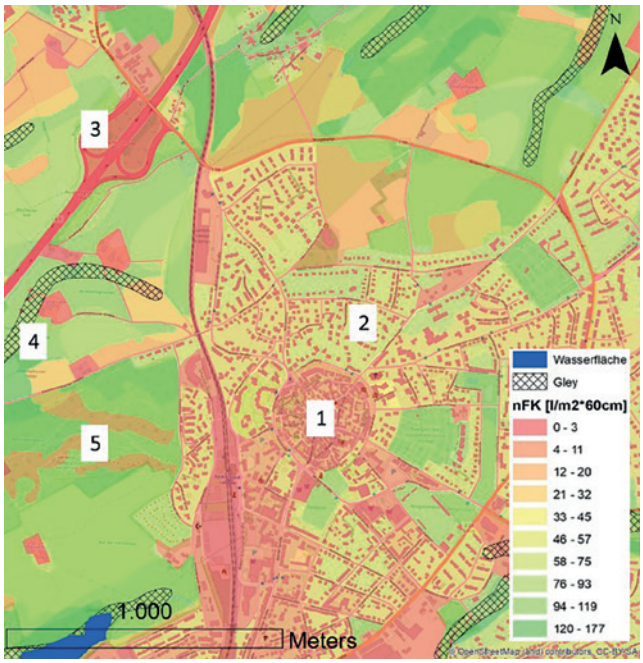


Bild: Universität Potsdam

Abb. 3: Ausschnitt aus der erstellten Karte der potenziellen Bodenkühlfunktion; abgebildet ist Lennep, ein Ortsteil von Remscheid

gelöst werden können [10], geschützt werden sollten und/oder neue Grünflächen geschaffen werden müssen.

Auf nicht urbanen Flächen wird die Kühlfunktion vorrangig durch den Bodentyp bestimmt (Nr. 5), wodurch besonders schützenswerte Freiflächen identifiziert werden können. Flächen, auf denen der Bodentyp Gley (Nr. 4) vorherrscht, sowie Wasserkörper sind gesondert ausgewiesen. Hier definiert sich die potenzielle Größe des (Boden-)Wasserspeichers nicht über die nFK, womit der vorgestellte Berechnungsansatz nicht anwendbar ist. Flächen des Bodentyps Gley sind durch Grundwasser geprägte Standorte, weshalb Boden und Pflanzen durch dieses mit Wasser versorgt werden können. Daher ist hier während Hitzeperioden von einer hohen Kühlfunktion der Böden auszugehen, solange der Grundwasserspiegel keinen starken Schwankungen unterliegt. Wasserkörper hingegen sind zwar große Wasserspeicher, aus denen jedoch nur über die Wasserfläche evaporiert und dadurch gekühlt wird.

Fazit

Die hier vorgestellte Analyse zeigt einen einfachen und kostengünstigen Weg auf, um eine erste Einschätzung von Bodenkühlpotenzialen in Gemeinden in Deutschland vorzunehmen. Dabei ist zu beachten, dass die räumliche Auflösung der Karte sowie die Validität der ihr zu entnehmenden Werte von den Eingangsdaten bestimmt werden. Besonders der Einfluss der Bodenverdichtung sollte in weiterführenden Arbeiten konkretisiert werden. Generell sollte die potenzielle Kühlfunktion urbaner Böden in eine klimaangepasste Stadtplanung einbezogen werden, sodass besonders schützenswerte Böden von Bebauung und Versiegelung freigehalten werden.

Quellen und Anmerkungen:

[1] „Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen – Typologien und Transfer von Anpassungsstrategien in kleinen Großstädten und Mittelstädten“ (ExTrass) ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Verbundvorhaben (Förderkennzeichen: 01LR1709A1-E); weitere Informationen zu ExTrass finden sich auf www.extrass.de.

[2] Imbery, F.; Friedrich, K.; Haeseler, S.; Koppe, C.; Janssen, W.; Bissolli, P.: Vorläufiger Rückblick auf den Sommer 2018 – eine Bilanz extremer Wetterereignisse. www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20180803_bericht_sommer2018.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (2018)

[3] Umweltbundesamt: Gesundheitsrisiken durch Hitze (27. 11. 2020). www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze#gesundheitsrisiko-hitze

[4] Schrey, H. P.: Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000 – Inhalt, Aufbau, Auswertung. Geologischer Dienst NRW, 2014

[5] www.geoportal.nrw

[6] Urban Atlas — Copernicus Land Monitoring Service; https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas

[7] www.openstreetmap.org

[8] Patches sind thematisch einheitliche Flächen, welche sich auf Grund ihrer Eigenschaften klar von der Umgebung abgrenzen lassen.

[9] Marcotullio, P. J.; Braimoh, A. K; Takashi Onishi, T.: The Impacts of Urbanization on Soils. In: Braimoh, A. K.; Vlek, P. L. G (Hrsg.): Land Use and Soil Resources. Springer, S. 201 – 250, 2008

[10] Da im „UrbanAtlas“ Flächen < 2,5 ha nicht ausgewiesen werden, werden Flächen unterhalb dieser Größe in der Karte nicht dargestellt.

Autorinnen:

M. Sc. Lisa Dillenardt

Prof. Dr. Annegret Thieken

Universität Potsdam

Institut für Umweltwissenschaften und Geographie

dillenardt@uni-potsdam.de

annegret.thieken@uni-potsdam.de

Extremer Niederschlag – der Deutsche Wetterdienst präsentiert den neuen Ereigniskatalog „CatRaRE“

Der Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events („CatRaRE“) bietet eine Auflistung der (extremen) Niederschlagsereignisse, die in Deutschland zwischen 2001 und 2020 aufgetreten sind. Als Datenbasis dient der flächendeckende Niederschlagsdatensatz „RADKLIM“, der Messungen des deutschlandweiten Wetterradar- und Stationsnetzes miteinander kombiniert. Dokumentiert werden sowohl großflächige, lang anhaltende Dauerregenereignisse als auch kleinräumige Starkregenereignisse kurzer Dauerstufen. Der Katalog kann in Geoinformationssysteme eingebunden werden. Zusätzlich steht ein ArcGIS-Dashboard als webbasierte Anwendung zur Verfügung.

Welche spezifischen Eigenschaften und welche Randbedingungen am Ort des Eintretens bestimmen das Schadenspotenzial meteorologischer Niederschlagsereignisse? Um diese Fragen zu adressieren, klassifiziert und katalogisiert der Deutsche Wetterdienst (DWD) extreme Niederschlagsereignisse im „Catalogue of Radar-based heavy Rainfall Events (CatRaRE)“ [1, 2].

Die Ereigniskataloge enthalten alle in Deutschland seit 2001 aufgetretenen Stark- und Dauerregenereignisse. Sie erlauben die Selektion einzelner Ereignisse nach definierten Kriterien, statistische Analysen und die Nachbetrachtung extremer Niederschlagsereignisse, insbesondere in Kombination mit den Niederschlagsdaten aus „RADKLIM“ [3].

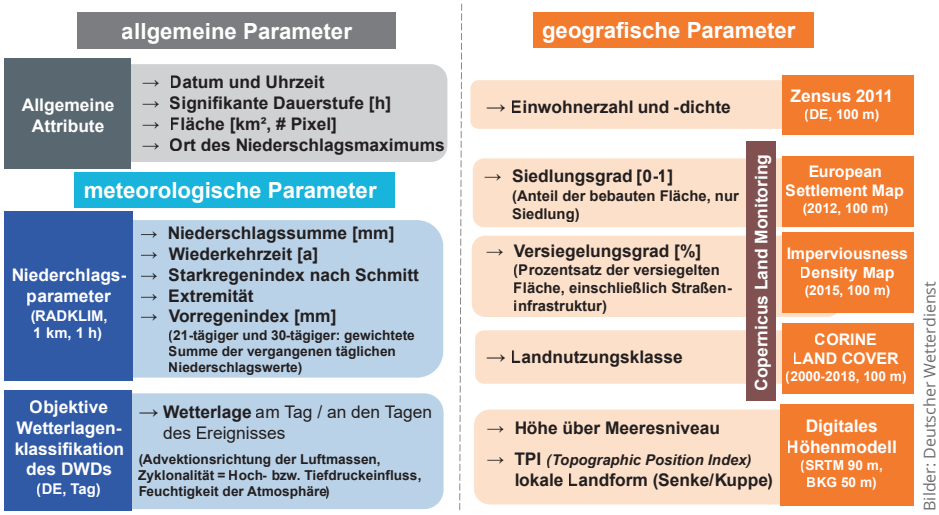
Das Verfahren

Die Kataloge der räumlich und zeitlich unabhängigen Stark- und Dauerregenereignisse basieren auf den stündlichen Niederschlagsstundensummen „RADKLIM-RW“: Radarbasierte Niederschlagsabschätzungen, die an die Niederschlagsmessungen der Bodenstationen angeeicht sind und auf einem Gitter mit einer Rastergröße von 1 km × 1 km für ganz Deutschland vorliegen. Aus diesen Daten werden gleitend für jede Stunde Niederschläge elf verschiedener Dauerstufen (1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 18, 24, 48 und 72 Stunden) aufsummiert. Für jede Dauerstufe und Stunde werden Niederschlagsobjekte aus zusammenhängenden Gitterzellen identifiziert, deren Niederschlagswerte einen definierten Schwellenwert überschritten haben. Aus allen Objekten eines Niederschlagsereignisses wird jenes mit der größten Extremität – einer mathematischen Kombination aus Wiederkehrzeit und Fläche eines Objekts – als repräsentatives Ereignisobjekt ausgewählt und in den Katalog integriert.

In der Folge besitzt jedes Ereignis charakteristische Eigenschaften, beispielsweise die Dauer, die es als typischen Starkregen kurzer Dauerstufe oder langanhaltenden Dauerregen klassifiziert. Jedes Ereignis ist im Katalog über den Ort des maximalen Niederschlags sowie durch ein Polygon, welches die Ereignisfläche umhüllt, definiert. Zusätzlich zu den ereignisspezifischen Attributen enthält der Katalog meteorologische Mess- und Analysedaten der Umgebung sowie geographische und demographische Daten des Ereignisorts, welche die Schadenswirkung maßgeblich mitbestimmen (Abb. 1).

Zwei Varianten

Nutzer können zwischen zwei Katalogversionen wählen: Als Niederschlagsschwellenwert gehen entweder die Absolutwerte der Warnstufe 3 (W3) vor Unwetter des DWD oder die statistischen Niederschlagshöhen einer Wiederkehrzeit von fünf Jahren (T5) aus „RADKLIM“ ein. Der Unterschied: Der Katalog nach W3 zeigt eine deutschlandweite Verteilung der Extremereignisse, welche die klimatologischen



Bilder: Deutscher Wetterdienst

Abb. 1: Attribute, die jedem Ereignis des Katalogs zugewiesen sind. Unterschieden wird zwischen allgemeinen (Eigenschaften des Ereignisses), meteorologischen (Gegebenheiten zum Zeitpunkt des Ereignisses) und geographischen (Attribute des Ereignisorts) Parametern

Niederschlagsbedingungen widerspiegelt. Da diese im Katalog nach T5 bereits berücksichtigt werden, sind hier die Ereignisse nahezu gleichverteilt.

Der neue Ereigniskatalog in der technischen Anwendung

Die Ereigniskataloge stehen auf dem Open-Data-Server des DWD sowohl als CSV-Datei als auch als Geodatabase kostenfrei zur Verfügung [4, 5]. Sie können somit mit Excel sowie Geoinformationssystemen (GIS), aber auch höheren Programmiersprachen (Python, R) verarbeitet werden. Dank des Geodatenformats sind eine beliebige Verknüpfung der Ereignisdaten mit anderen Vektor- oder Rasterdaten sowie eine selektive Auswahl von Ereignissen für unterschiedliche Raum- und Zeitskalen möglich.

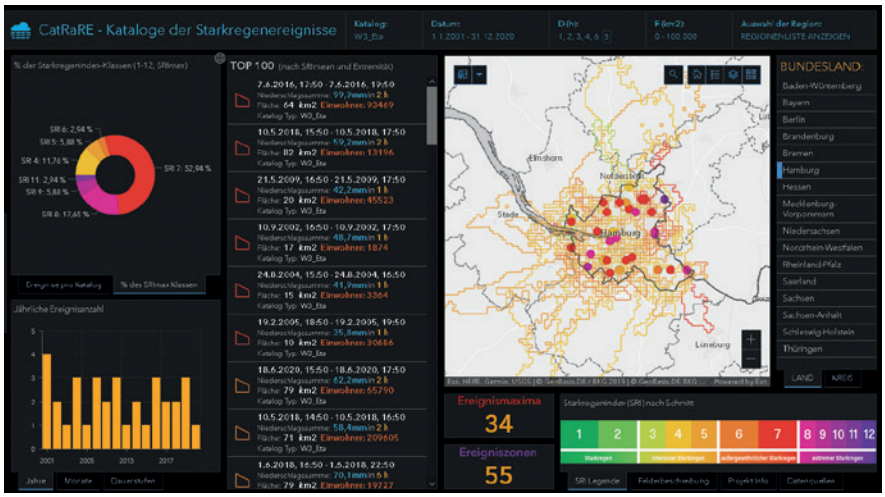


Abb. 2: Gesamtansicht des Dashboards (hier: Ereignisse der Dauerstufen 1 bis 6 Stunden in Hamburg). Die Anwendung enthält Karten-, Listen- und Grafikelemente sowie eine kurze Beschreibung der Inhalte und Funktionen. Das Dashboard ist unter der Adresse https://arcg.is/1HDqH5 zu erreichen

Das „CatRaRE"-Dashboard

Eine kostenfreie Möglichkeit für einfache Analysen bietet das ArcGIS-Dashboard, in dem die in den Ereigniskatalogen gelisteten Ereignisse nach räumlichen und zeitlichen Gesichtspunkten ausgewählt und angezeigt werden können (Abb. 2). Das Dashboard besteht aus verschiedenen interaktiven Elementen, die miteinander verknüpft sind: eine Kartendarstellung, ausgewählte Schlüsselinformationen zu den Ereignissen sowie Histogrammdarstellungen einzelner Statistiken.

Über ein Auswahlmenü lassen sich der Katalogtyp, das Ereignisdatum, die Dauerstufe und Fläche sowie die Region auswählen bzw. eingrenzen. Die Ereignisanzahl-Box gibt die Anzahl aller den Kriterien entsprechenden Ereignisse an, deren Maxima innerhalb des ausgewählten Gebiets liegen bzw. deren Flächen das Gebiet schneiden. Die interaktive Karte zeigt die entsprechend des Starkregenindexes (SRI) [6] eingefärbten Ereignismaxima und -polygone. Zusätzlich verfügbare Layer umfassen Verwaltungsgrenzen (BDL, KRS, GMD), Siedlungsflächen (DLM 250) und Bevölkerungsdaten (Zensus 2011). Die Karte besitzt eine Zoom-Funktion und bietet die Möglichkeit, nach einem Ort oder einer Adresse zu suchen sowie den Hintergrund zu wechseln (zum Beispiel Satellitenbild, Topographie; Abb. 3). Interaktive Diagramme stellen die Ereignisanzahl pro Jahr, Monat, Dauerstufe, Katalogtyp und SRI-Klasse dar. Die Top-100-Ereignis-Rangliste ordnet die Ereignisse nach mittlerem SRI und Extremität. Zur näheren Information enthält die Anwendung eine Beschreibung der Methode und der „CatRaRE"-Felder.

„CatRaRE" in der Anwendung

Die neuen Ereigniskataloge bildeten die Grundlage der Forschungsarbeiten im Projekt KlamEx [7], dessen Ergebnisse am 26. August 2021 im Rahmen einer Pressekonferenz der Strategischen Behördenallianz „Anpassung an den Klimawandel" vorgestellt wurden [8].

„Starkregen kann jeden treffen! Und dieses Problem wird sich in einer heißeren Zukunft weiter verschärfen", fasst Tobias Fuchs, Vorstandsmitglied des DWD, zusammen und betont im Weiteren: „Wir müssen durch Klimaschutzmaßnahmen den Temperaturanstieg begrenzen, der die Niederschlagsextreme verstärkt. Zugleich müssen wir durch Anpassungsmaßnahmen eine Infrastruktur aufbauen, die die Schadenswirkung von Starkregenereignissen, insbesondere in urbanen Regionen, abfedern kann."

Dr. Peter Jakubowski, Abteilungsleiter am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und

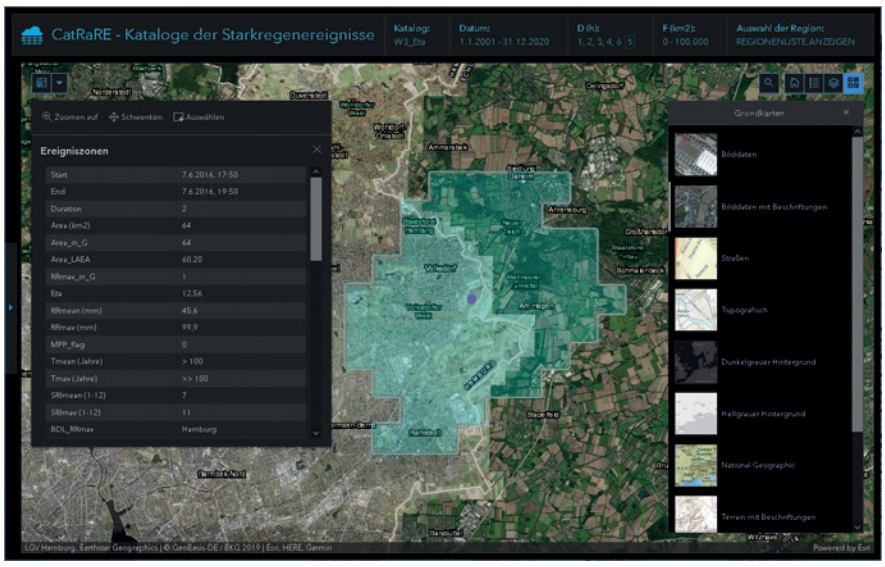


Abb. 3: Ansicht eines selektierten Einzelereignisses in Hamburg: Das Dashboard bietet verschiedene Karten an

Raumforschung (BBSR), konkretisiert: „Städte müssen kompakt, klimagerecht und wassersensibel umgebaut werden, damit möglichst viel Niederschlag versickern kann und Starkregen besser aufgehalten wird. [...] Die Ergebnisse von KlamEx verbessern unser Wissen über die Verbreitung von Stark- und Extremregen. [...] Verheerende Überflutungen durch Starkregen lassen sich im Bestand nicht verhindern, ihre Schäden aber durch kluge Konzepte minimieren."

Projektinformationen

Die „CatRaRE"-Kataloge wurden in Kooperation der Projekte „KlamEx" der Strategischen Behördenallianz „Anpassung an den Klimawandel" und dem „Starkregenprojekt" des DWD und des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) entwickelt.

Quellen:

[1] www.dwd.de/catrare

[2] Lengfeld, K.; Walawender, E.; Winterrath, T.; Becker, A.: CatRaRE: A Catalogue of radar-based heavy rainfall events in Germany derived from 20 years of data. In: Meteorologische Zeitschrift 9 (2021), doi.org/10.1127/metz/2021/1088

[3] www.dwd.de/radklim

[4] CatRaRE_W3_ETA_v2021.01, dx.doi.org/10.5676/DWD/CatRaRE_W3_Eta_v2021.01

[5] CatRaRE_T5_ETA_v2021.01, dx.doi.org/10.5676/DWD/CatRaRE_T5_Eta_v2021.01

[6] Schmitt, T. G.; Krüger, M.; Pfister, A.; Becker, M.; Mudersbach, C.; Fuchs, L.; Hoppe, H.; Lakes, I.: Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 11 (2018) H. 2, S. 82 – 88

[7] www.dwd.de/klamex

[8] www.dwd.de/pressekonferenzen

Autorinnen

Dr. Tanja Winterrath
Deutscher Wetterdienst
Abteilung Hydrometeorologie
E: tanja.winterrath@dwd.de

Ewelina Walawender
Deutscher Wetterdienst
Abteilung Hydrometeorologie

Dr. Katharina Lengfeld
Deutscher Wetterdienst
Abteilung Hydrometeorologie

Technikwissen punktgenau:

Umgang mit Koordinatensystemen in ArcGIS Pro

Dieses Buch widmet sich in fünf Praxiskapiteln dem Thema Koordinatensysteme in ArcGIS Pro sowie ihren benutzerdefinierten Anpassungen und der Programmierung. Fragen wie „Warum liegt dieser Punkt nicht da, wo er sein soll?" oder „Wie bekomme ich meine Daten von WGS84-Koordinaten nach UTM?" und viele Weitere werden im Buch beantwortet. Darüber hinaus gibt es viele Tipps, Tricks und Berechnungsbeispiele.

4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2022. 420 Seiten
72,– € (Buch/E-Book)
100.80 € (Kombi)

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Sowohl das E-Book als auch das Kombiangebot (Buch + E-Book) sind ausschließlich auf **www.vde-verlag.de** erhältlich.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/buecher/537713

Werb-Nr. 2110046