

Die Signatur des Menschen auf dem Blauen Planeten

Jenseits der großen Schlagzeilen zum Thema Wandel fand auf der Erde eine epochale Veränderung statt. Seit wenigen Jahren leben erstmals mehr Menschen in Städten als auf dem Land. Und der Trend der Urbanisierung setzt sich fort. Gegenwärtig wachsen die Städte insbesondere in Asien und Afrika in atemberaubendem Tempo. Innerhalb weniger Jahre wuchern Megastädte heran, es bilden sich ausgedehnte Stadtlandschaften und ganze Landstriche werden völlig zersiedelt. – Wie können die Chancen der Urbanisierung sinnvoll genutzt werden? Wie lassen sich die negativen Begleiterscheinungen des schnellen Wachstums mildern oder gar vermeiden? Das ist eine der zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte. Das DLR liefert mit Hilfe der Erdbeobachtung Daten für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung.

Radardaten dokumentieren die Zersiedelung der Landschaft so genau wie noch nie zuvor

Von Dr. Thomas Esch

Die Zukunft ist städtisch. Rund 7,2 Milliarden Menschen leben heute auf der Erde. Im Jahr 2050 sollen es bereits neun Milliarden sein. Siebzig Prozent davon werden dann in Städten wohnen. Städte werden künftig für neunzig Prozent des Bevölkerungswachstums, für achtzig Prozent des Wohlstandszuwachses sowie für etwa sechzig Prozent des Energieverbrauchs verantwortlich sein. Den urbanen Ballungsräumen kommt als den politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Zentren eine Schlüsselrolle zu. Hier entsteht Neues, hier wird die Zukunft vorgelebt. Hier wird entschieden, wie künftige Generationen leben und wirtschaften.

Bewusste Siedlungsentwicklung braucht Wissen. Wissen über den Zustand und die Dynamik des urbanen Systems und insbesondere über seine Wechselwirkungen mit der umgebenden Natur- und Kulturlandschaft. In welchem Maße schädigen Städte die Umwelt, etwa durch „Flächenfraß“, Ressourcenverbrauch, Luft- und Wasserverschmutzung oder den Verlust an Biodiversität? Wie stark sind die Städte selbst durch Naturgefahren und durch den Klimawandel bedroht? Wie haben sich die Städte in der Vergangenheit entwickelt und wie geht es weiter?

Das weltweite Stadtwachstum hat regionale Wurzeln, aber auch gemeinsame Treiber und Ursachen. Diese zu erkennen, erfordert, sie global zu betrachten. Genau hier kann die Erdbeobachtung einen wertvollen Beitrag leisten. Sie hilft, städtische Siedlungsformen von ländlichen zu differenzieren, sie zu kategorisieren und abzugrenzen. Satellitenbasierte Geoinformationen liefern ein aktuelles Bild der Verstädterung, ermöglichen es aber auch, deren Veränderung über die Zeit zu beschreiben.

Satelliten erfassen Siedlungsflächen

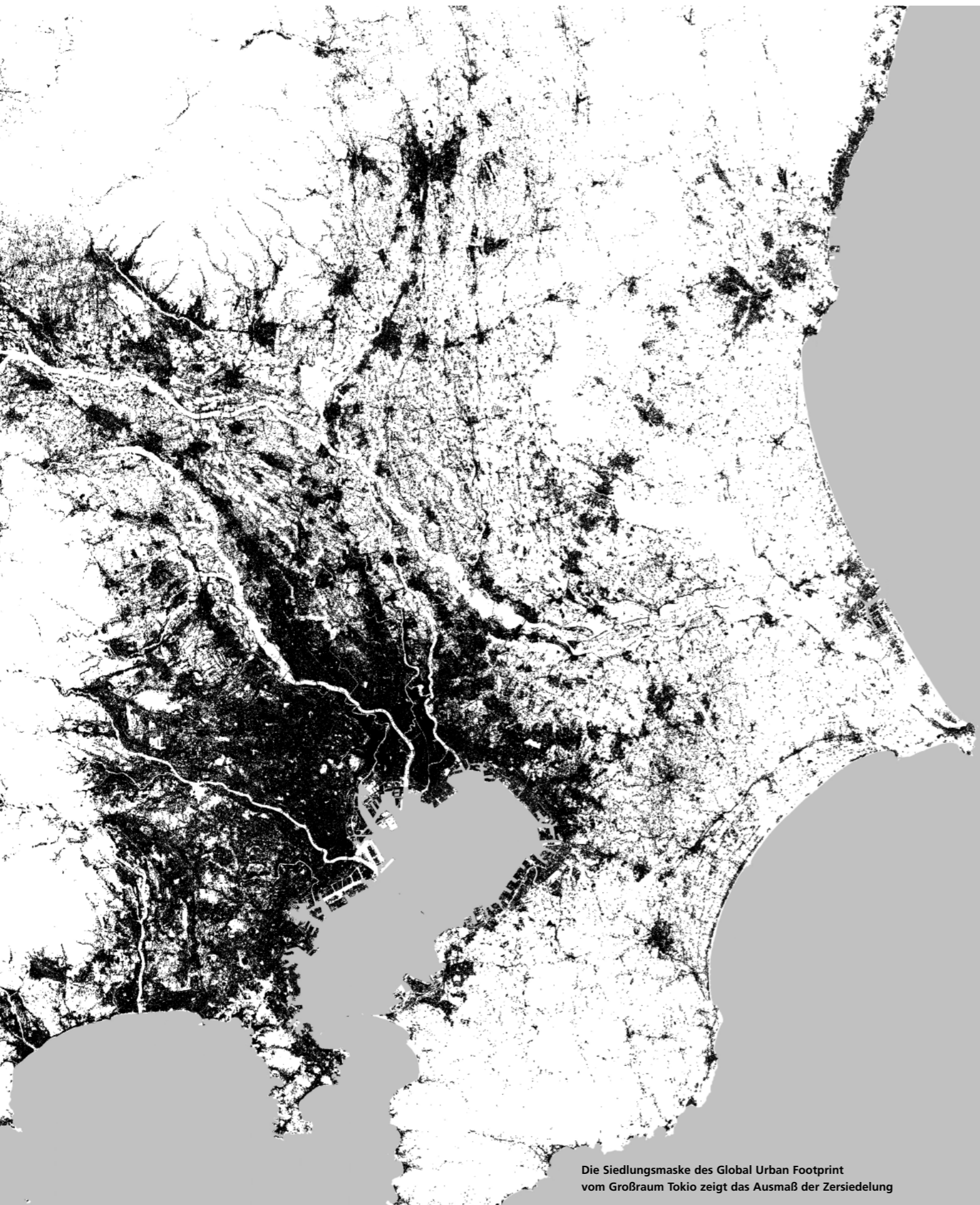
Satelliten erlauben es, die Erdoberfläche kontinuierlich zu kartieren. Mit ihrer Hilfe können Wissenschaftler erfassen, wie viele Wälder gerodet, Ackerflächen verloren, Siedlungen erbaut wurden. Doch bislang fehlte es gerade der globalen Betrachtung von Siedlungsflächen an Schärfe, lassen sich doch Siedlungen und Verkehrsflächen im optischen Satellitenbild häufig nicht eindeutig auseinanderhalten. Nun haben Wissenschaftler des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) am Earth Observation

Center (EOC) des DLR mit einer neu entwickelten Methode weltweit Städte neu kartiert, und zwar in bislang unerreichter räumlicher Auflösung. Mit einer vollautomatischen Bildanalyse ist auf der Grundlage von Radardaten eine globale Siedlungsmaske mit einer Auflösung von zwölf Metern entstanden – der „Global Urban Footprint“.

Mehr als 180.000 Aufnahmen der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X aus den Jahren 2010 bis 2013 wurden zusammen mit Zusatzdaten wie digitalen Geländemodellen für den Global Urban Footprint ausgewertet. Insgesamt verarbeiteten die Wissenschaftler dabei über 20 Millionen Datensätze in einem Gesamtvolumen von 308 Terabyte. Dies entspricht der Datenmenge von etwa 440.000 CDs. Ausgeklügelte Algorithmen ordneten in einem komplexen Entscheidungsprozess jedem der rund 50 Milliarden Pixel eine von drei Bedeckungstypen zu: Siedlung: schwarz, Landoberfläche: weiß, Wasser: grau. Die Beschränkung auf drei Klassen lässt das Siedlungsmuster klar hervortreten, das so besser untersucht und mit anderen Verstädterungsflächen auf der Welt verglichen werden kann. Im Unterschied zu bisherigen Ansätzen erfasst das vollautomatische Auswerteverfahren die für Siedlungsflächen charakteristischen vertikalen Strukturen – also vornehmlich Gebäude. Versiegelte Freiflächen werden hingegen nicht kartiert. Breite Straßenschluchten oder Grünzüge in Städten erscheinen daher als weiße Korridore und Flecken.

Präzise Karten über die Zersiedelung

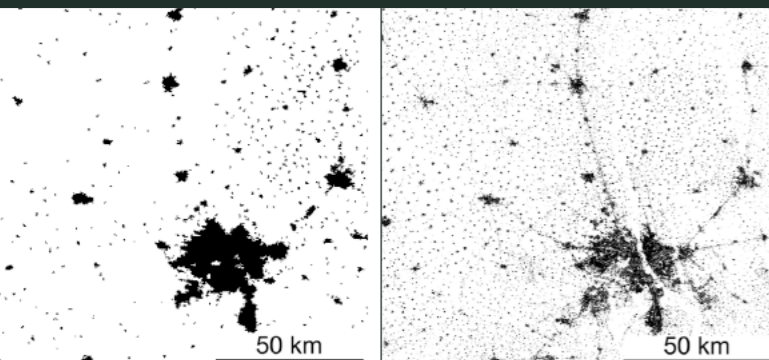
Mit seiner räumlichen Genauigkeit ist der Global Urban Footprint einzigartig. Denn kleine Dörfer konnten in weltumspannenden Auswertungen bislang nicht erfasst werden. Die eingesetzten Satellitensysteme boten eine Auflösung von maximal 300 Metern. Doch gerade die kleinräumigen Siedlungsstrukturen sind – neben der Betrachtung städtischer Ballungsräume – wichtig. Oft sind sie ein Zeichen für Zersiedelung. Durch die ungeordnete, kleinräumige Besiedelung werden im ländlichen Raum zunehmend fruchtbare Ackerflächen zerstört und bedeutsame Naturflächen fragmentiert. Werden die Fragmente zu klein, nimmt die Biodiversität ab und mit ihr die Robustheit und Leistungsfähigkeit einer Landschaft.



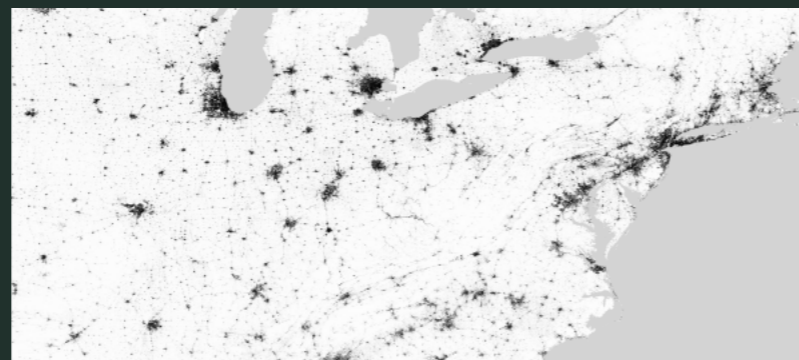
Die Siedlungsmaske des Global Urban Footprint vom Großraum Tokio zeigt das Ausmaß der Zersiedelung



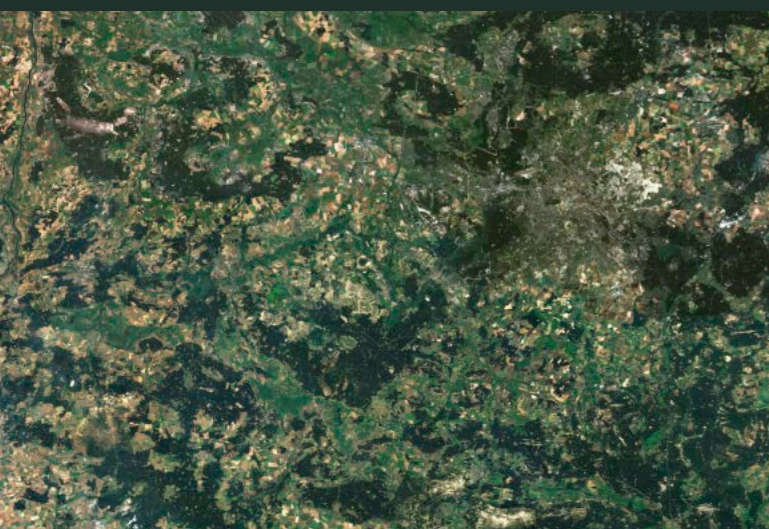
Siedlungsmaske des Global-Urban-Footprint-Datensatzes, abgeleitet für Europa



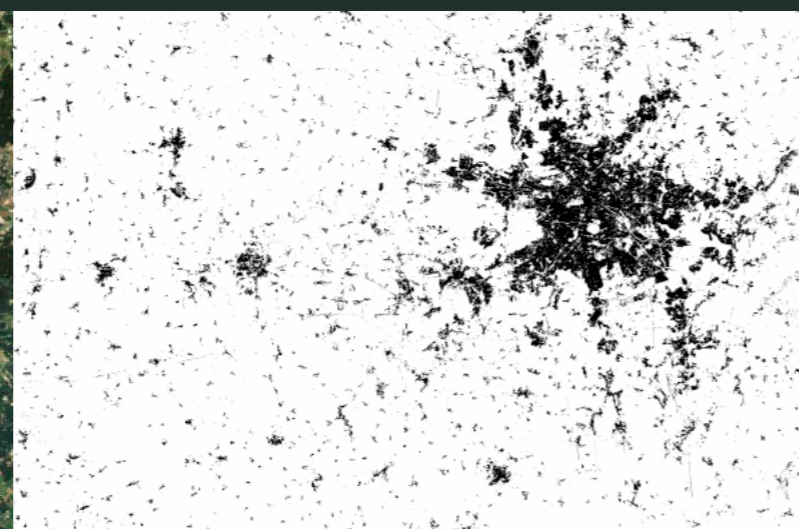
Vergleich des räumlichen Detaillierungsgrades zwischen bisherigen globalen Siedlungskartierungen (links) und neuen Global-Urban-Footprint-Daten (rechts) am Beispiel der indischen Megacity Delhi



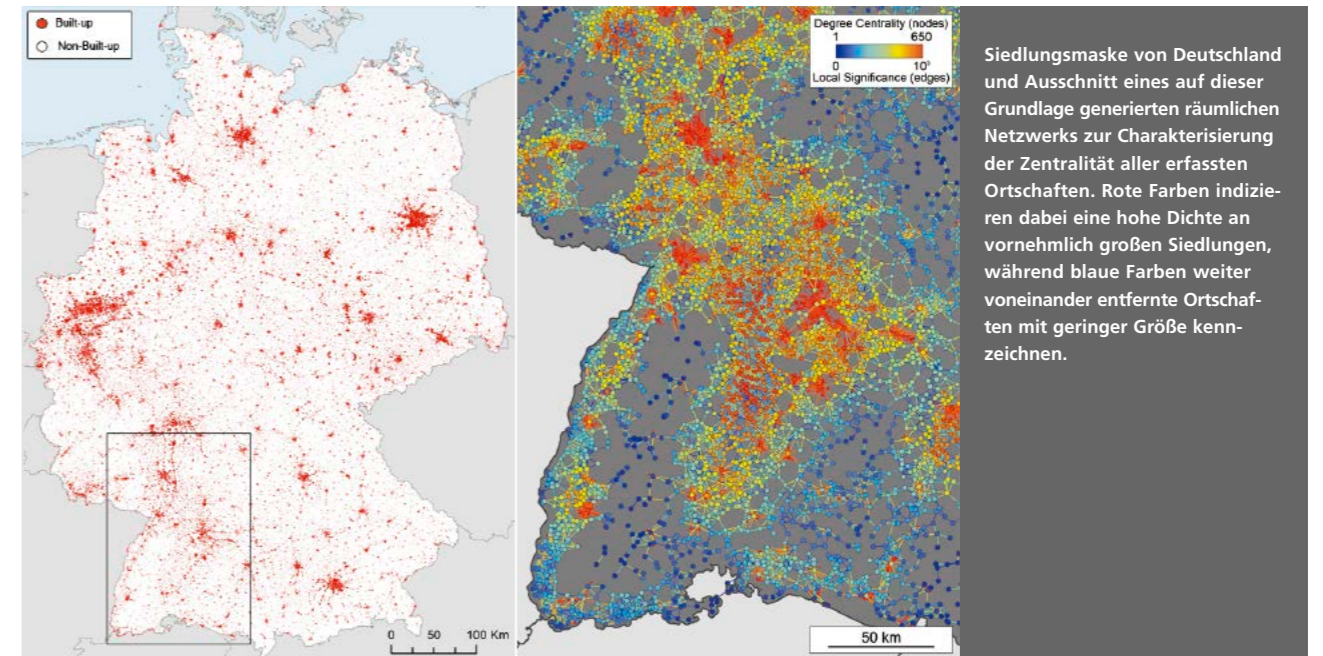
Siedlungsmaske vom Nordosten der USA mit dem markanten BosWash-Verdichtungsraum, der sich als Gürtel von Boston über New York bis nach Washington erstreckt



Im Vergleich: Berlin optisch ...



... gegenüber der Siedlungsmaske aus Global-Urban-Footprint-Daten



Siedlungsmaske von Deutschland und Ausschnitt eines auf dieser Grundlage generierten räumlichen Netzwerks zur Charakterisierung der Zentralität aller erfassten Ortschaften. Rote Farben indizieren dabei eine hohe Dichte an vornehmlich großen Siedlungen, während blaue Farben weiter voneinander entfernte Ortschaften mit geringer Größe kennzeichnen.

Nach bisherigen Schätzungen ging man davon aus, dass etwa ein bis drei Prozent der Landoberfläche weltweit von Siedlungen bedeckt sind. Der Global Urban Footprint des DFD zeigt ein anderes Bild. Gerade in den ländlichen Regionen wurde der Anteil der Siedlungen bislang vielfach unterschätzt. Prozentual sind es zwar nur geringfügige Unterschiede, doch diese sind von hoher Relevanz. Das Leben und Wirtschaften in jedem noch so kleinen Dorf beeinflusst den unmittelbar benachbarten Lebensraum. Ein Netz kleiner Siedlungen kann den Charakter und die Ökologie ganzer Landschaften verändern.

Globale Vielfalt an Siedlungsmustern

Siedlungen sind ein Spiegelbild der Landschaft und der Gesellschaft. Oft sind sie vor mehreren Jahrhunderten an naturräumlich oder geopolitisch günstigen Lagen entstanden – in fruchtbaren Ebenen, an Kreuzungspunkten wichtiger Verkehrsadern oder entlang von Küsten und Flüssen. Teils haben sie sich zu blühenden Wirtschaftsstandorten entwickelt, die in jede bebaubare Nische wachsen und Satellitenstädte entstehen lassen. Oder es haben sich ländlich geprägte Strukturen herausgebildet: ein Netz von Weilern entlang von Reisfeldern und Wasserkanälen in China, ein Muster von Dörfern inmitten von Rodungsinseln in Süddeutschland oder die regelmäßige Abfolge von Gehöften industriell geprägter Landwirtschaft in den USA. So lassen sich aus den Siedlungsmustern und Besiedlungsstrukturen nicht nur einzigartige und spannende Einblicke in die Ursprünge und kulturhistorische Entwicklung von Siedlungen und Kulturlandschaften gewinnen. Die Muster zeigen auch die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen der jüngsten Zeit auf.

Vielorts sind innerhalb weniger Jahrzehnte hochverdichtete Stadtlandschaften gewachsen. Unter ihnen zahlreiche Megacities mit über zehn Millionen Einwohnern und Megaregionen mit mehreren hundert Kilometern Ausdehnung. In diesen Megaregionen verschmelzen zahlreiche Ballungszentren miteinander, wie in Tokio-Yokohama mit über 37 Millionen Einwohnern oder auf dem BosWash-Gürtel, einem Städteband mit rund 45 Millionen Einwohnern, bestehend aus Boston, New York City, Philadelphia, Baltimore und Washington D.C.

Exakte Daten und neue Auswertemethoden

Der Global Urban Footprint wird aktuell validiert und spätestens Anfang 2015 vom DFD für andere Wissenschaftler zur

Verfügung gestellt. Mit seiner Hilfe lassen sich beispielsweise die globale Urbanisierung erstmals umfassend beschreiben, der Einfluss der Städte auf das Klima besser modellieren, genauere Risikoanalysen in Erdbeben- oder Tsunamigebieten durchführen und der menschliche Einfluss auf Ökosysteme abschätzen. Darüber hinaus haben die DFD-Wissenschaftler eine Methode entwickelt, um Siedlungsmuster sogar auf kontinentaler und globaler Ebene quantitativ und qualitativ zu analysieren und zu vergleichen. Hierzu werden alle zusammenhängenden Siedlungsflächen des Global Urban Footprint zu Objekten fusioniert. Anschließend leiten die Wissenschaftler für jedes dieser Objekte mehrere Basismerkmale zu Größe und Form (zum Beispiel Kompaktheit) sowie zur Zentralität im übergeordneten Siedlungsgefüge ab. Für Letzteres werden alle Siedlungsflächen miteinander zu einem räumlichen Netzwerk verknüpft. Auf dessen Grundlage können nun die Beziehungen zwischen den Ortschaften effizient und effektiv beschrieben werden.

Der neue Datensatz des Global Urban Footprint und die neu entwickelten Auswerteverfahren helfen, das Phänomen Urbanisierung besser zu verstehen und künftig auf die großen gesellschaftlichen Herausforderungen wie Verstädterung, Bevölkerungsexplosion, Klimawandel und Verlust von Biodiversität angemessen zu reagieren. So profitieren Wissenschaftler von den wesentlich präziseren Informationen zur Siedlungsstruktur, indem die Qualität ihrer raumbezogenen Auswertungen und Modellierungen verbessert wird. Aber auch Planungsträger oder Entwicklungsbanken sind wichtige Nutzer der neuen Daten und Techniken. So lassen sich über die weltweit einheitlichen Daten zur Lage von Siedlungen mitsamt wichtiger Kenngrößen zu Größe und Form sowie ihrer Zentralität wichtige Informationen ableiten, wie sie etwa im Rahmen der Infrastrukturplanung dringend benötigt werden. Ein Vorteil, gerade in entlegenen und gering entwickelten Regionen der Erde, wo geeignete Geodaten in aller Regel fehlen. ●



Weitere Informationen:
DLR.de/guf

Die Global-Urban-Footprint-Initiative, kurz GUF

Beteiligte: Dr. Thomas Esch, Dr. Wieke Heldens, Andreas Felbier, Dr. Mattia Marconcini, Achim Roth und Julian Zeidler