

ITRF2020: Mit Präzision das System Erde verstehen

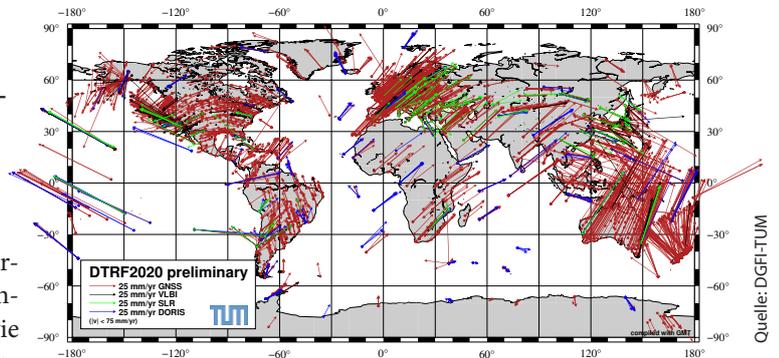
Monika Rech-Heider

Im April 2022 ist der neue Internationale Referenzrahmen ITRF2020 veröffentlicht worden. Dr. Manuela Seitz und Dr. Detlef Angermann vom ITRS-Kombinationszentrum an der TU München erklären die immense Bedeutung des Bezugsrahmens für Positionierung, Navigation und die Erdsystemforschung.

Der Meeresspiegel steigt. Dies ist keineswegs eine neue Erkenntnis. Und doch Anlass für regelmäßig wiederkehrende Medienmeldungen. Wir wissen heute sehr genau, wie es um das Abschmelzen der polaren Eisgebiete und Grönlandgletscher sowie den damit einhergehenden globalen Meeresspiegelanstieg bestellt ist. Allein im 20. Jahrhundert beträgt er 15 Zentimeter. Dem im September 2019 veröffentlichten Sonderbericht des Weltklimarats zufolge haben Geodät:innen mit ihren Messverfahren zwischen den Jahren 2006 und 2015 einen Anstieg von 3,6 Millimetern pro Jahr ermittelt. Wie wir ebenfalls wissen, gibt es regional sehr große Unterschiede. So gibt es Küstengebiete und Inselregionen, wo der Meeresspiegel bis zu einem Zentimeter pro Jahr ansteigt. Und außerdem hat der Anstieg nicht überall die gleichen Auswirkungen. Krustenhebungen oder -senkungen der Landmassen wirken sich zusätzlich auf die relative Höhe des Meeresspiegels zur Küste aus. Bewohner:innen der Küstenregionen Skandinaviens werden die Folgen etwa weit weniger zu spüren bekommen als die im US-Bundesstaat Florida oder im Ballungsraum Jakarta auf der indonesischen Hauptinsel Java. Auch in diesen überlebenswichtigen Fragen ist die Informationslage also gut. Doch woher wissen wir das alles so genau?

Ohne Referenz keine Position

Manuela Seitz und Detlef Angermann haben als promovierte Geodätin und Geodät am ITRS-Kombinationszentrum am Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut der Technischen Universität München (DGFI-TUM) Anteil an der präzisen Vermessung des Meeresspiegels. Sie sind Teil einer weltweiten Forschung, die hilft, das System Erde besser zu verstehen. Und nicht nur das: Überall, wo im modernen digitalen Dasein die Frage nach dem »Wo« auftaucht, haben die Experten für den internationalen Referenzrahmen 2020 (ITRF2020, International Terrestrial Reference Frame) im Hintergrund wichtige Unterstützung geleistet. Von der Erdsystemforschung über Satellitennavigation bis zu Positionierungsaufgaben – die weltweit drei Kombinationszentren des IERS (Internationaler Erdrotations- und Referenzsystemdienst) am Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) in Paris, am DGFI der TU München und am Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA in Pasadena haben dafür die über viele Jahre gesammelten Daten zusammengeführt. Die am



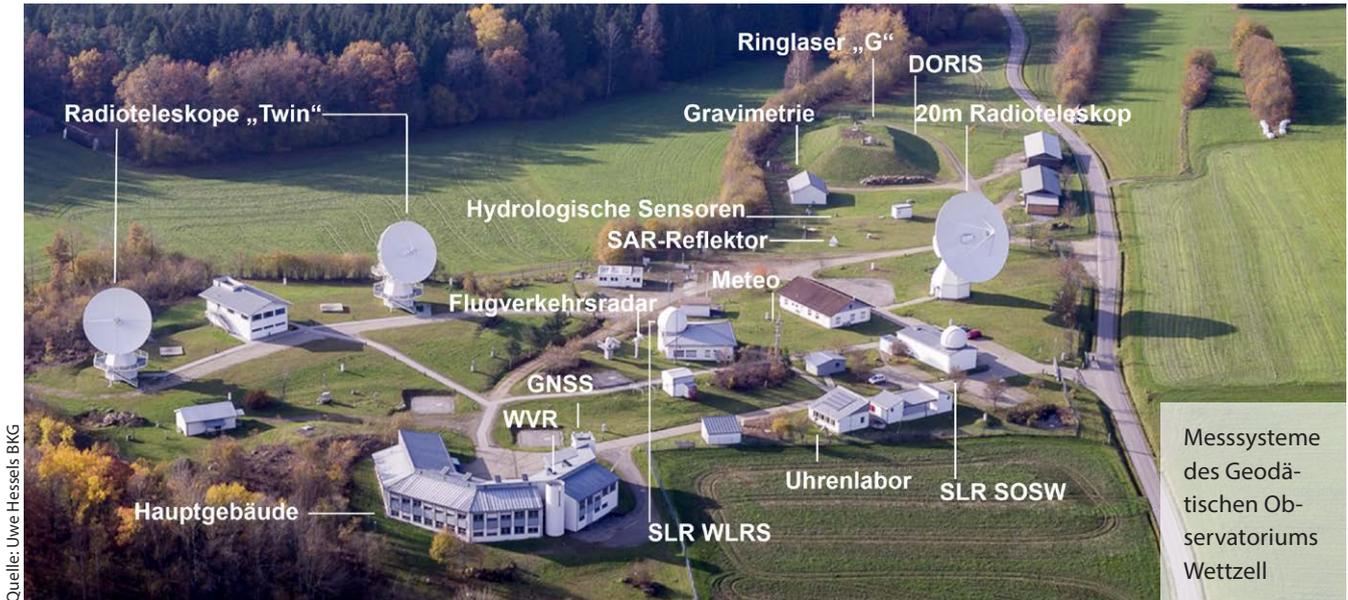
Horizontale Bewegungsraten (Geschwindigkeiten) der ITRF-Stationen (vorläufige DTRF2020-Lösung)

IGN gerechnete Kombinationslösung wurde im April 2022 als neuer Referenzrahmen ITRF2020 veröffentlicht. Die zur Validierung und Qualitätssicherung am DGFI-TUM von Manuela Seitz und ihren Kollegen berechnete Lösung ist der DTRF2020 (DGFI-TUM Terrestrial Reference Frame).

Bewegte Erde, fixe Punkte

ITRF2020 ist als geodätischer Bezugsrahmen der Nachfolger von ITRF2014 und das aktuelle Rahmenwerk, das jeden Punkt auf der Erde mit X-, Y- und Z-Koordinaten versorgt. Der Referenzrahmen gibt den ansonsten relativen geodätischen Messungen einen absoluten Bezug. Erst durch das Bezugssystem werden Messungen zu interpretierbaren Informationen. Ähnlich einer Temperaturangabe, die auf einer Temperaturskala mit den Fixpunkten wie dem Gefrieren und Kochen von Wasser beruht. Ohne sie bliebe die Temperatur nicht interpretierbar. Wie es zustande kommt, erklärt Detlef Angermann: »Um das Referenzsystem zu bestimmen, braucht es erst einmal eine Systemdefinition. Der Ursprung dieses Systems ist festgelegt im Massenzentrum der Erde. Zur Definition gehört auch die Festlegung der Orientierung und des Maßstabs. Realisiert wird das Referenzsystem (das sogenannte International Terrestrial Reference System, ITRS) durch den Referenzrahmen, sprich durch Fixpunkte auf der Erde, die mittels verschiedener Messverfahren über viele Jahre an Beobachtungen millimetergenau vermessen sind.«

Stellen wir uns die Situation konkret vor: Während sich die Position der Erde im All beständig verändert, Kontinente driften, die Erdkruste durch Vulkanausbrüche oder Erdbeben und glaziales Abschmelzen krümmt, verzerrt, hebt oder senkt, soll es Punkte auf der Erde geben, die millimetergenau fixiert sind. Anders als bei den Fixpunkten der Temperaturskala, sind die Anker der geographischen Referenz also selbst variabel. Die Bestimmung der Referenzpunkte klingt anspruchsvoll.



Quelle: Uwe Hessels BKG

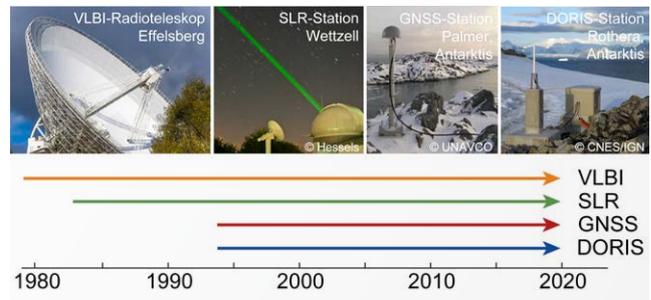
Präzision mit vier Messverfahren

Es gibt vier Messverfahren, die die über den Globus verteilten rund 1800 Fixpunkte millimetergenau einordnen. Einer dieser Fixpunkte liegt im Geodätischen Observatorium Wettzell, das vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und der TUM im Bayerischen Wald betrieben wird.

Im Einzelnen sind das die Positionsbestimmung mithilfe satellitengestützter Navigationssysteme (Global Navigation Satellite System, GNSS), die Entfernungsmessung zu Satelliten mit Laserpulsen (Satellite Laser Ranging, SLR), die Messung sehr großer Entfernungen durch Radiointerferometrie (Very Long Baseline Interferometrie, VLBI) sowie Entfernungsmessungen zu Satelliten mit Dopplertechnik (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite, DORIS). Hier kämpfen die Wissenschaftler:innen mittels dieser vier Messverfahren und deren Kombination um jeden einzelnen Millimeter Genauigkeit. »Wir streben eine mittlere Positionsgenauigkeit von einem Millimeter und eine Langzeitstabilität von einem Millimeter pro Dekade an«, so Manuela Seitz, die Leiterin des ITRS-Kombinationszentrums. Davon seien aktuelle Ergebnisse aber noch bis zum Faktor fünf entfernt, so die Geodätin. Es besteht also noch Forschungs-Infrastrukturbedarf.

Stetige Anpassung der Referenz erforderlich

Warum es nach dem ITRF aus dem Jahr 2014 schon sechs Jahre später wieder einen neuen Bezugsrahmen braucht, erklärt Angermann: »Die Erde ist geotektonisch so aktiv, dass wir die Referenzrahmen ständig anpassen müssen. Allein durch ein starkes Beben in Chile im Jahr 2010 hat sich die Erdkruste teils um drei Meter verschoben.« In den ITRF2020 seien sechs Jahre neuer Daten eingeflossen von teils neuen Messstationen und Satelliten, ausgewertet mit verbesserten geophysikalischen und technikspezifischen



Quelle: DGFI-TUM

Die geodätischen Beobachtungsverfahren, die für die Realisierung von Referenzsystemen verwendet werden, überdecken inzwischen mehrere Jahrzehnte.

Modellen. Insgesamt fließen in den neuen ITRF zwischen 25 und 40 Jahre Daten ein.

»Die Reprozessierung der VLBI-, SLR-, GNSS- und DORIS-Beobachtungen über diesen Zeitraum ist eine Mammutaufgabe, die von den wissenschaftlichen Diensten der IAG (Internationale Assoziation für Geodäsie) wahrgenommen wird. Die ITRS-Kombinationszentren sind allein über ein Jahr mit der Kombination der Beobachtungsdaten und der Berechnung der ITRS-Realisierung beschäftigt«, so Angermann. Wie bedeutsam der Referenzrahmen ist, zeigt die Resolution der Vereinten Nationen »Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development« aus dem Jahr 2015. »Wir brauchen weltweit mehr Stationen, die mit den vier Messverfahren ausgestattet sind, um das System Erde noch besser zu verstehen und unsere Handlungen daran anzupassen«, so Manuela Seitz. Der Schutz vor den Auswirkungen des Klimawandels und den damit verbundenen Naturgefahren wird in Zukunft immer wichtiger werden. Hierzu liefern Geodäten mit den Referenzsystemen und den hochgenauen Beobachtungsverfahren fundamentale Beiträge.

Link: www.dgfi.tum.de

Kontakt: monika.rech@rheintext.com