

15. Jan. 22.40.07

RES203_Wasser_und_das_Erdschwerefeld

Willkommen zum Forschungspodcast der Helmholtz-Gemeinschaft.

Ich bin Holger Klein.

Ich bin mal wieder an den wahrscheinlich mystischsten Ort gefahren, den die Wissenschaft nur zu bieten hat.

Und das ist der Telegrafenberg in Potsdam.

Auf dem Telegrafenberg, da steht das Geoforschungszentrum.

Und da in der Sektion Erdsystemmodellierung, da arbeitet Eva Börgens und ist Geodätin.

Und das waren jetzt ganz viele Worte, die ich interessant finde.

Hallo Eva.

Geodäsie.

Was ist Geodäsie?

Geodäsie ist erstmal allgemein die Erdvermessung.

Also es kommt aus dem Griechischen.

Geo ist Erde, kennt man ja vielleicht sonst noch.

Und Däsie, ich weiß gar nicht, wie das Griechisch Original ist.

Ich kann leider kein Griechisch.

Däsiar, ja irgendwie sowas, ist die Vermessung.

Also früher hieß der Studiengang auch noch Vermessungswesen.

Irgendwann haben sie sich darauf geeinigt, dass man es jetzt deutschlandweit Geodäsie nennt.

Und das fängt halt an von der einfachen Landesvermessung.

Das sind die Jungs mit den Stecken.

Ja, wenn man studiert hat, ist man der Chef von denen.

Aber im Prinzip die.

Also man trifft die, wenn man ein Häuschen baut.

Das Konzept dann einmessen.

Aber es geht dann auch über Stadtplanung.

Also wie neue Stadtviertel geplant werden oder wie man das Ganze dann in einen Computer bringt.

Also wie man das Ganze auf Karten 3D modelliert, wie man mit Drohnen Landaufnahmen aus der Luft macht.

Und ich bin eben in der sogenannten Satelliten-Geodäsie.

Also ich nutze Satelliten, die oben im Weltall rumwirft.

Die coolen Drohnen benutzen.

Ja, genau, die großen Drohnen und die richtig teuren Drohnen, um eben auch global zu vermessen.

Unter Geodäten sagt man manchmal, es gibt im Prinzip zwei Säulen der Geodäsie.

Das eine ist, wo bin ich im Raum und wohin bewege ich mich.

Und das ist die eine Säule.

Und die andere ist, wo ist unten?

Wie, wo ist unten?

Unten ist da, wo die Sachen hinfallen.

Genau, aber da sind wir bei der Schwerkraft.

Wo geht die Schwerkraft hin?

Da, wo die Masse am größten ist.

Genau, aber das ist eben die, also wie viel Schwerkraft ist.

Das ist quasi die zweite Säule der Vermessung der Geodäsie.

Also die eine ist, wo befindet... Ach klar, je weiter nach oben ich fliege, desto weiter... Desto schwächer wird die.

Irgendwann dreht sich oben und unten um, wenn ich weit genug weg bin von der Erde.

Wenn ich Richtung Sonne fliege, ja.

Aber es ist auch ja nicht gleichmäßig verteilt, wie stark die Schwerkraft auf der

Erde ist.

Nein?

Nein.

Warum?

Also, ich meine, da ist doch... Also ich habe immer gedacht, da ist dann so der Kern, der Erdkern, und der ist halt so massereich.

Da fällt halt alles hin.

Im Prinzip ja.

Also als erste Nahrung funktioniert das so prima.

Viele erinnern sich irgendwie noch so aus der Schule, dieses g, kleinen g gleich 9,81, diese Erdbeschleunigung.

Das ist eine Nahrung.

Aber das stimmt schon nicht, also selbst dieses 9,81 stimmt nicht, wenn man auf der Erde in Nord-Süd-Richtung lang wandert, weil die Erde abgeplattet ist.

Die Erde ist ja keine Kugel.

Nee, ist eine Kartoffel, das habe ich hier am GFZ gelernt.

Ja, das ist dann schon die nächste, eine Stufe weiter.

Also die erste Stufe ist einfach, dass es ein Rotationsellipsoid ist.

Das ist so wie so ein Fußball, wo man so ein bisschen draufgedrückt hat am Norden und Süden, dass so ein bisschen abgeplattet ist.

Und damit ist man ja am Nordpol näher am Erdkern als am Äquator.

Und damit ist am Äquator die Schwerkraft schwächer als am Nordpol.

Darum starten wir Raketen vom Äquator aus.

Ja, das hängt auch damit ab, in welche Umlaufbahn sie... Also wie sie starten, in welche Umlaufbahn sie... Vielleicht höre ich einfach auf, was Schlaues sagen zu wollen, oder?

Also der Rotationsellipsoid ist so die erste Näherung.

Also die erste Näherung ist die Kugel, dann kommt der Rotationsellipsoid.

Und aber auch das stimmt eben nicht so ganz.

Die berühmte Potsdamer Kartoffel, das ist halt das sogenannte Geoid, heißt das.

Das ist so ein bisschen eingedellt.

Das kommt daher, dass die Masse im Erdmantel nicht gleichmäßig verteilt ist.

Und man kann sich das Geoid vorstellen, als wenn man sich jetzt alle Kontinente wegdenkt.

Die Erde wäre nur mit Wasser bedeckt und es gäbe keine Winde, keine Strömung.

Dann wäre das Geoid quasi die Wasseroberfläche.

Weil das Wasser sich immer direkt am schweren Feld ausrichtet.

Das Wasser richtet sich immer direkt am schweren Feld, das verstehe ich nicht.

Also wenn es irgendwo schwerer ist.

Gewicht zieht Wasser an.

Newton im Prinzip.

Zwei Massen ziehen sich gegenseitig an.

Wenn ich also irgendwo eine größere Masse habe, zieht diese größere Masse andere Masse an.

Und das wäre dann Wasser.

Weil Wasser ja dahin fließt, wo es fließen kann.

Und deswegen ist das Geoid quasi der Ruhezustand.

Also das verteilt sich so, dass es halt ein Equilibrium, also Gleichgewichtszustand ist.

Aber das ist auch nur gedacht.

Wir haben Salzunterschiede in den Ozeanen.

Wir haben Strömung, wir haben Wind, wir haben Druckgebiete.

Die Ozeanoberfläche ist eben nicht perfekt das Geoid.

Aber das ist die gedachte Oberfläche, die Wasser hätte in Ruhe.

Die Abflattung der Erde ist ungefähr 20 Kilometer.

Der Radius über die Pole ist ungefähr 20 Kilometer kürzer als am Äquator.

Die Abweichung vom Geoid, von diesem Rotationsellipsoid, ist so das Maximum

200 Meter.

Das ist so in Südindien.

Da ist gerade besonders wenig...

In Südindien ist die Schwerkraft am geringsten?

Ja, im Prinzip.

Warum es jetzt gerade Südindien ist, weiß ich gar nicht.

Es sieht ziemlich zerdetscht aus, das Ding.

Die Darstellungen, die man sieht, sind auch immer ganz stark überhöht, damit man überhaupt was sieht.

Mit so befürchtlichen Farben und immer so Clowns.

Auf die Erde, Erdradius 6000 Kilometer und dann 200 Meter Abweichung davon.

Das würde man ja gar nicht mehr sehen, wenn man es jetzt einfach so auf der Kugel darstellen würde.

Aber nochmal, das Wasser.

Das Wasser ist eine Masse und der Planet ist die andere Masse?

Ja, im Prinzip schon.

Und die wechselwirken dann?

Die planetare Masse, also die feste Erde, ist ja viel, viel mehr als das Wasser.

Und das Wasser kann sich ja frei bewegen.

Im Idealfall kann es sich frei bewegen.

Und fließt halt dahin, wo es hingezogen wird.

Das heißt, in Südindien ist weniger Wasser als...

Wo ist denn die meiste Gravitation?

Ich glaube, im Nordatlantik.

Da ist so ein roter Bobbel.

Wissenschaftlich korrekt ausgedrückt.

Also der Nordatlantik zieht Indien sozusagen das Wasser weg.

Wie misst du das?

Da kommen eben dann die Satelliten ins Spiel.

Die Satelliten, die wir da zu nutzen, sind in einem relativ niedrigen Orbit.

Also so 300 bis 500 Kilometer Orbithöhe.

Das ist ISS, oder?

Ich glaube auch.

ISS ist auch bei 300 noch was.

Die haben keine perfekte Ellipse.

Also idealerweise hätten sie eine perfekte Ellipse, wenn die Erde eine Kugel oder ein Rotationsellipsoid wäre.

Aber da das eben nicht der Fall ist, hat der Orbit auch so leichte Dellen und Ausbuchtungen.

Und wenn man genau diesen Satellitenorbit misst, weil sich das Geoid mit den Dellen nach außen fordert.

Wie schwer ist denn so ein Satellit von euch?

Nicht super schwer.

So ein Satellit, lass dir mal ein paar hundert Kilowien.

Das ist doch viel zu wenig Masse, um mit der Masse des Geoids zu interagieren.

Der Satellit hat keinen Einfluss auf die Erde.

Der Mond zum Beispiel hat ja Einfluss auf die Rotation der Erde, weil die sich gegenseitig anziehen.

So sehen wir auch Ebbe und Flut, weil der Mond an der Erde zieht, weil er sehr viel Masse hat.

Aber der Satellit hat quasi keinen Massentfall.

Aber deswegen wirkt sehr wohl die Erdanziehungskraft auf den Satelliten.

Und dieses Geoid, dieses verdeltete Ding, zieht deswegen manchmal ein bisschen stärker den Satelliten an und manchmal ein bisschen schwächer.

Aber weil der Satellit ja vergleichsweise wenig Masse hat, der wird doch nur minimalst bewegt dann.

Ja, das sind sehr kleine.

Aber weil wir mittlerweile in der Lage sind, sehr genau die Satellitenbahnen zu vermessen.

Und deswegen sind die Satelliten auch relativ klein gebaut.

Das sind diese enttäuschenden zwei Kästen, die da draußen als Modelle stehen.

Jein, es gab noch Vorgänger davon.

Und es gibt, ich nenne sie immer die fliegenden Disco-Kugeln.

Das sind die sogenannten SLR-Satelliten, das sind die Satellite Laser Ranging.

Das sind im Prinzip nur Kugeln, die ganz viele Reflektoren dran haben.

Die können mit einem Satelliten hier von der Erde aus angemessen werden.

Und darüber wird die Satellitenbahn vermessen.

Wie werden die angemessen?

Also man hat einen Laser hier auf der Erde.

Und das ist das, den man manchmal sieht?

Ja, genau.

Ich glaube an der Ecke.

An einer Ecke des Kriegenhafens.

Je nachdem, wie die Luftfeuchtigkeitsfelgen sind.

Dann sieht man mal so einen grünen Laser.

Und damit wird quasi die Distanz zwischen den kleinen Kugeln gemessen.

Und dadurch, dass es Kugeln sind, haben die ja quasi keinen Luftwiderstand.

Weil in dem Bereich von 300 bis 500 Kilometern Orbithöhe haben wir ja noch Restatmosphäre.

Und die würde ja an so einem Satelliten auch noch zerren.

Das wäre ja kein Gravitationsfeldeinfluss, sondern Atmosphäreneinfluss.

Den will man ja nicht drin haben.

Genau, deswegen.

Das versucht man durch den Bau der Satelliten halt schon zu minimieren.

Dass die möglichst wenig von der Atmosphäre noch beeinflusst werden.

Weil das muss man alles korrigieren dann am Ende.

Also korrigieren im Sinne Daten?

Ja, aus den Daten quasi rausrechnen.

Also angefangen hat es eben mit diesen kleinen Satelliten.

Die sind gar nicht so groß.

Ich glaube, die sind nur, wenn sie maximal einen Meter im Durchmesser sind, eher noch kleiner.

Medizinbälle?

Ja, Frosanmedizinballe.

Wie nennen sie diese?

Sitzbälle?

Ja, genau.

Die sind gar nicht größer.

Damit wurde quasi als erstes angefangen, das Geoid zu vermessen.

Also das Geoid ist das statische schwere Feld.

Weil das quasi fest ist.

Das ist nicht zeitvariabel.

Das verändert sich nicht?

Nee, sehr sehr langsam.

Also nicht in unseren Lebzeiten.

Das ist quasi das Feste.

Die beiden Satelliten, die wir gerade im Park gesehen haben, die können auch das Statische vermessen.

Aber da gucken wir uns an, wie verändert sich das schwere Feld denn über die Zeit.

Also es verändert sich doch.

Muss es doch auch, weil das Wasser doch nicht immer am selben Ort bleibt.

Das ist mehrere Größenordnungen kleiner vom Signal her.

Also man hat vergleichsweise großes Signal, dieses Geoid.

Das kann man eben mit einem einzelnen Satelliten vermessen.

Aber um jetzt die kleineren, also die, ich glaube, Größenordnung 1000 sogar kleiner, das Signal, das Wasser, was hin und her schwappt auf der Erde, dafür reicht ein Satellit dann nicht mehr aus, wo man dann eben nur den Orbit beobachtet.

Das ist einfach nicht genau genug.

Und da kommen dann die sogenannten Brace-Satelliten ins Spiel.

Das sind eben zwei Satelliten, die baugleich sind, die hintereinander herjagen, 200 Kilometer voneinander weg, auf dem gleichen Orbit.

Deswegen wurden sie auch Tom and Jerry genannt, weil die sich immer jagen, aber nie fangen können.

Und die beiden Satelliten messen permanent den Abstand zwischeneinander.

Also über einen KA-Wand-Interferometer.

Also Interferometer ist, ich sende ein Signal aus, von dem ich die Wellenlänge kenne.

Es wird reflektiert, kommt zurück und ich überlagere die beiden Signale.

Und damit kann ich quasi die Phasenverschiebung zueinander, wenn ich dann die Frequenzlänge kenne, kann ich aus der Phasenverschiebung des Signals halt die Änderung der Distanz berechnen.

Und das machen diese beiden Satelliten.

Also die beobachten quasi permanent die Distanz untereinander.

Zu sich selbst, aber nicht nach unten.

Also die beobachten die Erde gar nicht, sondern die schwirren da nur rum.

Ja genau.

Es gibt ja andere Fernerkundungssatelliten, die einfach eine Kamera drauf haben.

Oder ein Radar.

Die ein Foto machen.

So ist es eben nicht.

Also deswegen, das ist immer ein bisschen schwer bei den GRACE-Satelliten zu verstehen, dass wir ja nur das schwere Feld beobachten, dass es eben kein Foto ist, was wir machen.

Sondern wir messen eigentlich nur die Veränderung der Distanz dieser beiden Satelliten.

Weil das kann man sich jetzt vorstellen, wenn jetzt der, die fliegen in einem polaren Orbit, also über die Pole, damit sie möglichst gute Abdeckung haben.

Wenn jetzt der erste Satellit auf den Himalaya, was ja eine sehr, sehr große Masse ist, zufliegt, wird er nach vorne beschleunigt.

Also er wird quasi ausgelenkt, weil er.

Und die Beschleunigung, die er erfährt, ist ja proportional zu der Distanz, die die beiden Massen voneinander haben.

Und deswegen, weil der erste Satellit kommt quasi früher an den Himalaya ran, wird also zuerst beschleunigt.

Damit wird die Distanz größer.

Irgendwann kommt dann auch der zweite Satellit in die Einflussosphäre des Himalayas, wird auch nach vorne beschleunigt.

Dann verkleinert sich die Distanz wieder.

Und aus diesen Distanzänderungen können wir eben nicht nur gucken, das ist hier der Himalaya, sondern das machen wir ja regelmäßig immer wieder.

Dann sehen wir auch die Gletscher, die im Himalaya abschmelzen, weil da ja Masse verloren geht.

Und es ändert sich das Schwerefeld an der Stelle.

Und normalerweise, also meistens werden so ein Monatsdaten zusammengenommen.

Es wird quasi ein Monat von diesen Distanzänderungen gemessen.

Und dann wird für diesen Monat daraus ein Schwerefeld gerechnet.

Das heißt, wenn ihr das einen Monat lang gemacht habt, hat die Erde sich auch unter den Satelliten oft genug gedreht, dass ihr im Grunde jede...

Das ist eine genügend dichte Abdeckung.

Genügend dichte Abdeckung, sehr schön.

Das hat dann jeden Ort, aber das habt ihr ja nicht.

Ja, also man kann das dann schon auf den Globus aufmalen, wo der Satellit mal

drüber geflogen ist.

Dann ist das relativ gut abgedeckt.

Und das macht man im nächsten Monat wieder und in zwei Jahren wieder und in fünf Jahren wieder.

Also GRACE ist 2002 gestartet.

Wir haben also jetzt schon über 20 Jahre Daten.

Das ist viel.

Obwohl, vielleicht nicht bei Gravitation.

Wir sind auch mittlerweile bei der zweiten Mission.

GRACE hat es nur bis 2017 geschafft.

Dann ist es gestorben, wenn wir es mal so...

Und seit 2018 haben wir die Nachfolge-Mission GRACE verloren.

Aber mit denselben Satelliten.

Ja, also es sind baugleiche Satelliten.

Ihr habt neue Satelliten hochgeschoben.

Ach so, das heißt, die waren dann kaputt oder was?

Ja, die Mission war ursprünglich für fünf Jahre geplant.

Sie hat 15 geschafft.

Also kann man schon ganz zufrieden mit sein.

Ja, leider hat es nicht ganz gepasst, dass die ein Überlapp hatten.

Die Mission.

Weil es hat sich zu viel verzögert bei GRACE verloren.

Wäre schön gewesen, hätte man Überlapp gehabt.

Aber am Ende waren die Batterien dann am Ende.

Wie groß ist die Lücke zwischen den beiden Missionen?

Etwas mehr als ein Jahr.

Und ist das ein Problem?

Also du hast halt zwei Zustände und dazwischen ist halt irgendwas passiert.

Aber das kann ja sogar nicht gewesen sein.

Ich weiß nicht, was dazwischen war.

Aber die Zeitreihen passen zusammen.

Da ist jetzt nicht irgendwie ein Versatz drin.

Also Himalaya ist nicht plötzlich verschwunden.

Das hätten wir, glaube ich, mitbekommen.

Aber wir haben jetzt fast 22 Jahre Daten.

Und da kann man halt jetzt schon auch langfristige Veränderungen sehen.

Also Grönland ist mal so dieses Paradebeispiel, wo man halt sieht, wie viel Eis da jedes Jahr verloren geht.

Sonst wüsste man ja gar nicht, wie viel Eismasse verloren geht.

Man kann zwar mit anderen Satelliten messen, wo die Oberfläche des Eises ist.

Aber damit weiß man nicht, wie viel Masse verloren geht.

Und wie viel Wassermasse damit auch in die Ozeane eingetragen wurde.

Dafür haben wir die Missionen...

Ich glaube, ich habe die Zahl sogar aufgeschrieben.

Grönland verliert so ungefähr 225 Gigatonnen Eis pro Jahr in den letzten 22 Jahren.

Wie viel Eis ist da insgesamt?

Das weiß man nicht so ganz genau.

Achso, da du siehst nur die Änderungen.

Wir können immer nur Änderungen betrachten.

Wir wissen nicht, wie viel insgesamt da ist.

Aber eine Gigatonne Wasser ist ein Würfel mit einem Kilometer Kantenlänge.

Und das geht jedes Jahr in Grönland verloren.

Wo geht das hin?

Das kannst du doch auch sehen.

Das geht in die Ozeane vor allem.

Aber es verteilt sich dann?

Ja, nicht gleich.

Die Ozeane sind halt keine Badewanne.

Wenn ich einfach Wasser reinkippe, überall gleichermaßen, der Meeresspiegel steigt.

Das ist es nicht.

Es verteilt sich auch wieder etwas.

Aber im Prinzip geht es komplett in die Ozeane.

Das müsste sich ja dann auch wieder entsprechend des Geoides verteilen.

Das heißt, der Nordatlantik kriegt von dem geschmolzenen Gletscherwasser mehr ab oder von dem geschmolzenen Eisschild mehr ab als Indien.

Jetzt wird es kompliziert.

Weil die Eismasse auf Grönland ja auch Wasser anzieht.

Und das geht ja verloren.

Und damit sinkt in Grönland sogar der Meer.

Wenn man an der Küste steht, da sinkt der Meeresspiegel.

Weil der Effekt, dass die Eismasse auf Grönland das Wasser ja anzieht und das

wegfällt, ist stärker als das, was an Wasser reinkommt.

Deswegen ist es immer ein bisschen kontraintuitiv, dass der Meeresspiegel da, wo das Eis verloren geht, erst mal sinkt.

Das sieht man in Grönland mittlerweile schon, in der Westantarktis auch.

Die Antarktis verliert insgesamt noch weniger Eis.

Das ist eigentlich nur diese westantarktische Halbinsel.

Die verliert mittlerweile auch massiv Eis, aber insgesamt ist es noch weniger.

Du sagst, erst mal würde da der Wasserspiegel sinken.

Das heißt, es gibt irgendwann einen Moment, wo sich das wieder ausgeglichen hat.

Also wo so wenig Masse übrig ist.

Ja, und die Antarktis schmilzt ja auch ab.

Aus der Antarktis kommt ja auch Wasser rein.

Die Alaska-Gletscher schmelzen ab.

Es sind ja nicht nur Grönland und Antarktis, wo massiv abschmilzt, sondern auch Alaska, Patagonien.

In den Alpen ist, glaube ich, bald kein Gletscher mehr übrig.

Da wird es langsam wenig.

Himalaya schmilzt ab.

Also eigentlich alle vergletscherten Gebiete schmelzen ab.

Das ist ja tatsächlich das, was ihr seht, aber ihr modelliert ja auch.

Bist du willens und in der Lage zu sagen, wann das Eis weg ist, wenn es so weitergeht?

Nein.

Ah, du weißt ja nicht, wie viel vorher da war.

Ja, und ich bin auch keine Eismodelliererin.

Ich arbeite eigentlich eher mit dem Wasser auf den Kontinenten.

Auf den Kontinenten?

Mit Binnengewässern?

Ja, Binnengewässer, das, was im Boden gespeichert ist, das, was in den Pflanzen gespeichert ist, das, was im Grundwasser ist.

Das kannst du alles mit deinem Fernerkundungssatellit?

Ja.

Wie klein ist denn die kleinste Wassermasse, die du noch sehen kannst?

Ein Kilo, zehn Kilo, hundert Kilo?

Ja, da muss ich recht haben.

Wir haben eine räumliche Auflösung von ungefähr 300 Kilometern.

Also wir können nicht sagen, jetzt in Grünheide, wo das Tesla-Werk ist, wird jetzt

viel Wasser abgepumpt.

Das könnten wir nicht als Punktmasse sehen.

Wir können aber sagen, Brandenburg verliert Wasser.

Also das ist so die räumliche Auflösung, die wir dann hinkriegen.

Mein Kopf macht das alles nicht mit.

Und das kannst du nur deshalb sagen, weil du weißt, welche Masseänderung Brandenburg hatte insgesamt.

Genau, also wir wiegen... Wiegt Brandenburg.

Wir wiegen Brandenburg und haben das letztes Jahr gemacht und machen es dieses Jahr wieder.

Und dann können wir sagen, Brandenburg hat so viel Masse verloren.

Und wir nehmen an, naja, was kann sich denn an Masse bewegen auf der Erde?

Landflucht, das sind die Menschen, die alle in die Stadt... Ja, vielleicht.

Es ist vor allem Wasser.

Und so schwer sind die Brandenburger, glaube ich, dann auch nicht.

Wäre auch mal interessant, macht dir so etwas zum Spaß?

Einfach zu sagen, okay, da wohnen jetzt, keine Ahnung, zweieinhalb Millionen Menschen.

Wenn die jetzt schlagartig das Land verlassen würden, was würde das für eine Masseänderung bedeuten?

Das ist zu wenig.

Das ist zu wenig.

200 Millionen, das wäre... wie viel wiegt so ein Mensch?

100 Kilo, wenn er schwer ist.

Wenn er schwer ist, 100 Kilo.

Ich mache es einfacher zu rechnen mit 100.

Das ist nicht viel.

200 Millionen Kilo.

Die siehst du nicht.

Ich glaube nicht, nein.

Also ich weiß von einer Kollegin, die das mal versucht hat, zu gucken, ob man nicht die Stadtbauten... Also es gibt in China so ein paar Städte, die in den letzten 20 Jahren ja quasi aus dem Boden gestapft wurden.

Das hat aber nicht funktioniert.

Das konnte man nicht sehen, die Masse, die da quasi in diese Städte gebaut wurde.

Was wir auch sehen in den Daten, ist natürlich Tektonik, also seismische Aktivität.

Also wir wissen hier, Skandinavien hebt sich immer noch von der letzten Eiszeit, weil da ja so ein schwerer Eispanzer drauf war, dass es das Land runtergedrückt

hat.

Da das Ganze ein sehr behäbiges System ist, hebt sich das Land immer noch.

Und das würden wir natürlich als Signal sehen, aber das ist ja keine Hydrologie.

Warum würdet ihr das sehen?

Weil die Masse verändert sich dadurch doch nicht?

Doch, weil quasi die Erdkruste hebt sich und dann strömt Mantel unten drunter nach.

Ich dachte, das wäre eher so wie ein Schwamm, der zusammengedrückt ist und sich dann einfach ausdehnt.

Also das Volumen Skandinaviens zunimmt, aber nicht die Masse darunter.

Auch der Mantel, also da strömt quasi dann Mantel hinterher.

Und das ist in Skandinavien ein deutliches Signal.

Auch in Nordkanada, also rund um die Hudson Bay, ist das sogar noch ein größeres Signal.

Da haben wir aber sehr gute Modelle, die uns quasi sagen, okay, wir haben diese Massenveränderung an den Stellen durch diese, im Englischen heißt das glacial isostatic adjustment, also glaciäre Ausgleichsbewegung, glaube ich auf Deutsch.

Das reduzieren wir, weil sonst könnten wir da ja keine Hydrologie betrachten.

Auch große Erdbeben können wir in den Signalen sehen.

Wann war der Tsunami?

2004, da im Indischen Ozean.

Da ist ja so ein ganzer Untersee-Verhang abgerutscht.

Und hat jede Menge Wasser weggeschoben.

Das Wasser ist irgendwann wieder zurückgeflossen.

Hast du das auch sehen können, dass das Wasser weg und wieder hingeflossen ist?

Nee, aber man sieht quasi die, also die Erdplatten haben sich ja auch richtig, haben ja wirklich so einen Sprung gemacht.

Oder auch in Japan in 2011, wo Fukushima untergegangen ist.

Da hat sich ja wirklich einfach die Platten, haben einen Sprung gemacht.

Also das sieht man ja auch an der Oberfläche sogar, dass sich da auf einmal was verschoben hat.

Und das reduzieren, also da haben wir auch Modelle für, die uns sagen, okay, wir wissen aus seismischen Messungen, wie viel sich das jetzt da wie bewegt hat, dass wir das korrigieren.

Weil wir, sonst hätten wir das in der Hydrologie mit drin.

Und wir wollen aber ja eigentlich nur das Wasser betrachten.

Also wir wollen wissen, was passiert jetzt im Wasserspeicher.

Und also Oberflächengewässer zum Beispiel kann man auch mit anderen Satelliten, mit Kameras zum Beispiel beobachten.

Aber das Grundwasser können wir nur mit dieser Fährefeldmission beobachten.

Weil das ist ja unten drin, das sieht ja sonst keiner.

Kann man das nicht mit irgendwie Radar, ich habe ja immer so Enterprise im Kopf, keine Lebenszeichen auf der Oberfläche.

Ja, aber das kommt nicht bis in das Grundwasser runter.

Also es wird Radar genutzt, um die Bodenfeuchte, also das, was so ein Obermeter vielleicht ist, gespeichert ist.

Das kann man damit schon messen.

Und im Prinzip ist der Ansatz, also was wir mit GRACE messen, ist ja alles zusammen.

Also wir können nicht sagen, ob das Wasser jetzt aus dem Oberflächengewässer kommt oder aus der Bodenfeuchte oder aus dem Grundwasser oder aus Schnee, Eis, also das ganze Wasser, was da irgendwie rumfliegt.

Aber wir können alles bis auf das Grundwasser mit anderen Satellitenbeobachtungen vermessen.

Und dann ausrechnen.

Genau, man nimmt quasi Gesamtmasse minus Seen, minus Schnee, minus Eis, minus Bodenfeuchte, dann kommt man ja beim Grundwasser, dann bleibt ja nur noch das Grundwasser übrig.

Und damit kann man eben auch das Grundwasser messen und kann dann zum Beispiel sehen, es gibt ein paar Weltregionen, wo sehr viel Grundwasser abgepumpt wird, also wo mehr Grundwasser abgepumpt wird, als sich neu bildet.

Nordindien zum Beispiel ist so ein ganz bekannt, also das ist so das größte

Signal.

Und dann pumpt man halt dann.

Also dann kann man halt sehen, okay, wie viel Grundwasser geht denn da jetzt über 20 Jahre verloren.

Oder auch in Kalifornien im Central Valley wird auch zu viel Grundwasser abgepumpt.

Und das können wir eben mit den Satelliten vermessen.

Angeblich in Nordostdeutschland doch auch.

Seht ihr das auch?

Ja, also Nordostdeutschland wird halt auch insgesamt trockener.

Also jetzt gerade seit 2018 sehen wir halt schon auch, dass es deutlich trockener geworden ist. 2023 hat eine gewisse Entlastung gebracht.

Vor allem der Oberboden hat jetzt wieder mehr Wasser.

Das Grundwasser hat sich immer noch nicht so ganz regeneriert, aber zumindest das oben, das Wasser, was ja auch die Pflanzen und die Landwirtschaft brauchen, das wird jetzt wieder besser, weil doch 2023 ziemlich feucht war.

Aber wir sehen eigentlich immer noch, dass es seit 2018 eigentlich zu trocken war in Mitteleuropa.

Und das betrifft gesamt Mitteleuropa.

Bis wohin?

Ural oder bis wohin guckt ihr dann?

Also Gesamteuropa verliert auch, aber wenn ich Mitteleuropa sage, meine ich so bis Ostgrenze Polen, bis Mitte von Frankreich, Nordostsee im Norden und dann bis Norditalien.

Ungefähr das Gebiet kann man als Mitteleuropa nennen.

Mitteleuropa ist ja nicht streng definiert.

Ja, ja, eben darum frage ich.

Also wo endet das geologisch und nicht politisch?

Das ist schwer zu definieren.

Man kann es auch natürlich nur für Deutschland angucken.

Da war so das Minimum in 2019 schon.

Aber jetzt für ganz Europa war es, glaube ich, 2022.

Also da hat es sogar noch weiter abgenommen.

Das heißt, wir brauchen noch ein paar 2023-artige Jahre, um halbwegs klarzukommen.

Ja, die Frage ist halt, was davon jetzt einfach dauerhafte Änderungen sind, weil sich die Niederlagsmuster ja auch ändern durch den Klimawandel.

Also es ist immer so die Frage, ist das jetzt noch ein Trend, dass es sich langfristig ändert oder ist das noch quasi ein Ausreißer, der jetzt vielleicht mit 2023 langsam zu Ende geht, die Dürre.

Das ist immer so ein bisschen schwer zu sagen.

Man kann durch jede Zeitreihe im Endeffekt einen Trend durchschätzen.

Also es geht mathematisch.

Wie sinnvoll das ist, ist dann immer die zweite Frage.

Ja, aber irgendwie muss man ja Überschriften und Schlagzeilen hinkriegen.

Ja, das stimmt.

Da gab es vor zwei Jahren auch diese Überschrift, wo das eben ein Kollege gemacht hat für Deutschland.

Deutschland verliert so und so viele Gigatonnen.

Da ist halt wirklich das Problem, dass die Mission hat 2002 gestartet.

Und 2002 hatten wir ja direkt Überflutungen.

Erinnert man sich an das?

Man hat am Anfang der Zeitreihe einen Peak nach oben und jetzt seit 2018 ein Extremereignis nach unten.

Und das zieht natürlich so einen Trend.

Aber dass die Jahre dazwischen eigentlich einigermaßen stabil waren.

Deswegen sage ich, man kann nicht alles einen Trend durchschätzen, wie sinnvoll es ist.

Deswegen würde ich noch sagen, es ist nicht so sinnvoll, jetzt durch die Deutschlandzeitreihe einen Trend zu schätzen.

Dafür reicht einfach noch die Zeit nicht aus.

Ich finde es halt auch, das ist ein sehr politisches Argument, aber ich finde es halt auch schwierig, so etwas einfach nur für Deutschland zu machen.

Weil letztendlich hängen diese ganzen, das ist ja ein globales System.

Von daher weiß ich nicht, was das bringen soll.

Außer dass natürlich Wassermanagement, wir machen Grundwassermanagement, können wir das machen für Deutschland, aber halt nicht für Polen, weil das müssen die selber machen.

Ja, aber es kann halt schon sein, dass, okay, wenn man jetzt sieht, wir verlieren Grundwasser, was kann man denn tun, um mehr Grundwasserneubildung anzuregen?

Das sind gerade die Städte ein großes Problem, weil wir die Versiegelung haben.

Also das Wasser kann ja nicht versickern.

Das kann man eigentlich ganz gut an der Ahrtalflut sehen.

Also 2021 war es insgesamt eigentlich noch deutlich zu trocken.

Und wenn man sich dann die Monate Juni, Juli, August, September anguckt, dann sieht man halt im Juni, Juli auf einmal, dass da in Westdeutschland, Benelux-Ländern, auf einmal sehr viel Wasser war, weil es war ja diese Flutwelle.

Also ich finde das immer noch faszinierend.

Du siehst, dass da sehr viel Wasser war, weil du siehst, dass da sehr viel Masse war.

Richtig.

Und ich nehme an, dass die Masse war.

Ja, natürlich.

Solange niemand etwas Plausibleres sagt, was das halt gewesen sein könnte.

Aber das ist halt sofort abgeflossen über die Flüsse und dann im September war eigentlich der Boden schon wieder zu trocken.

Weil es halt dadurch, dass es so schnell in die Flüsse ist und dann in die Nordsee abgeflossen ist, hatte das Wasser gar keine Zeit, ins Grundwasser zu versickern.

Also deswegen jetzt nur sich zum Beispiel Niederschlag anzugucken.

Also ja, Niederschlag und Grundwasser, insgesamte Wasserspeicherungen sind hoch korreliert.

Aber wenn ich halt jetzt den kompletten Jahresniederschlag nur an einem Tag runterkommen hätte, dann hätte der Boden ja gar keine Zeit, das Wasser aufzunehmen und ins Grundwasser zu speichern, weil dann ganz viel einfach oberflächennah abfließt.

Dann hätten wir es in den Ozeanen, die dann dadurch wieder weniger salzhaltig sind, weil es so viel ist.

Dann siehst du das schon wieder.

Ja, ich glaube, mit dem Salzgehalt, das sind eher die Gletscher, das sind noch mal größere Massen.

Aber eigentlich, ein Kollege hat das mal gesagt, naja, eigentlich brauchen wir, es war glaube ich 2022, wo es ja immer noch so trocken war, ja, ich bräuchte mir jetzt mal drei Monate konstanten, schönen Land kriegen, sodass es einfach so immer schön beständig...

Sodass so normale Menschen dann depressiv von werden.

Ja, aber das ist halt, wenn so beständig wenig Niederschlag kommt, hat eben das Wasser Zeit, in den Boden einzusickern und eben Grundwasser neu zu bilden.

Wenn du sagst, abgesehen von den Ausreißern, also in deinen Daten ganz am Anfang, ganz am Ende, die beiden Ausreißer dazwischen, war es stabil.

Kann ich daraus schließen, dass du nicht beunruhigt bist, wenn du dir die Hydrologie des Planeten anguckst?

Ne, das Stabil war jetzt in Deutschland.

Ach so, okay.

Also global, ja, wir haben auch Massenverlust.

Also das Wasser, was wir mehr in den Ozeanen sehen, kommt nicht nur aus den Gletschern.

Es geht auch flüssiges Wasser von den Kontinenten quasi verloren.

Also man kann sich ja alle Kontinente einzeln angucken und einfach gucken, wie ist die Bilanz über die 22 Jahre.

Und bis auf Afrika und Australien verlieren alle Kontinente langfristig an Wasser.

Wie machen die das?

Indem sie das Grundwasser übernutzen?

Oder wie machen die das?

Ja, oder das weniger, also in vielen der Kontinente sind es auch

Gletschermassen, die dann noch verloren gehen.

Ja, dass die Böden auch trockener werden.

Und wie gesagt, Afrika ist das einzige Beispiel, was so einen leicht positiven Trend hat.

Ist jetzt auch kontraintuitiv, weil Afrika ist ja alles Wüste.

Es ist aber ein vergleichsweise kleiner positiver Trend im Vergleich zu anderen Kontinenten, wo doch recht viel verloren geht.

Also deswegen haben wir eben mehr Wasser in den Ozeanen, was wir auch messen können.

Also wir können auch die Ozeane wiegen und sehen dann, wie viel mehr Masse da drin ist.

Also das ist aber jetzt ja, also wenn ich den Meeresspiegel angucke, der steigt aus zwei Gründen.

Zum einen, ich habe mehr Wasser in den Ozeanen jetzt drin.

Dadurch steigt der Meeresspiegel.

Das ist dann die Badewanne.

Ich kippe einfach Badewasser nach.

Und das Wasser wird ja auch wärmer durch die Klimaerwärmung.

Und dadurch dient es sich aus.

Also das Wasser wird auch noch wärmer in der Badewanne.

Und mit den GRACE-Satelliten können wir eben die Massenänderung uns betrachten.

Und es gibt andere Satelliten, die die Oberfläche vermessen.

Also damit kriegen wir quasi die Gesamtsumme aus, also den geometrischen Meeresspiegelanstieg raus.

Und da fehlt es ja ein Stück.

Also da fehlt ja die temperaturbedingte Ausdehnung.

Damit kann man aber absetzen, wie viel Energie in den Ozeanen gespeichert ist.

Weil auch die Ozeane, also man kann relativ gut oben die oberste Schicht vermessen von der Temperatur.

Da sieht man auch, dass es wärmer wird.

Aber was passiert denn in 3000 Meter Tiefe in den Ozeanen?

Da hat man ja vielleicht mal einzelne Sonden, die da nur runtergehen.

Aber damit kann man eben diese Satelliten auch dazu nutzen, abzuschätzen, wie viel Energie in den Ozeanen jetzt gespeichert wurde.

So im Grunde so eine mittelbare Messung machen.

Weil eigentlich wolltest du das ja gar nicht wissen, aber es ist übrig geblieben.

Ja, ja.

Und bist du beunruhigt?

Ja.

Also wenn ich mir angucke, was so global an Wasser auch, ja auch die Extremereignisse nehmen zu.

Also sowohl die Überflutungen, als auch die Trockenperioden werden einfach häufiger.

Und das ist schon auch beunruhigend.

Also jetzt mal ganz abgesehen davon, dass es wärmer wird und der Meeresspiegel steigt, ist das ja auch für die Menschen einfach ein Problem, dass die Extremereignisse zunehmen.

Und halt dann hat man fünf Jahre Dürre und dann kommt das ganze Wasser auf einmal runter.

Das bringt ja dann auch den Menschen nicht viel.

Ich springe nochmal zurück zu den Diskokugelsatelliten.

Ja.

Ihr schießt da mit dem Laser drauf.

Warum?

Also wie messt ihr die Lageänderung sozusagen dieser Satelliten mit dem Laser?

Also im Prinzip, der Laser wird dann ja von dem Satelliten reflektiert.

Man geht zurück in die Sendestation und dann stoppt man die Zeit.

Also wie lange braucht ein Laser hoch und wieder zurück?

Und darüber kann man dann die Distanz berechnen.

Das ist ja ungefähr mit Lichtgeschwindigkeit.

Und das macht man ja nicht nur einmal und das macht man auch nicht nur von einer Station aus, sondern von ganz vielen Stationen.

Und daraus kann man das dann eben mathematisch berechnen, wo der Orgel ist.

Wie oft macht ihr das?

Leuchtet der jede Nacht und ich sehe ihn nun nicht jede Nacht?

Es muss wolkenfrei sein.

Also weil Laser kommen nicht durch Wolken durch.

Aber ich muss gestehen, ich weiß nicht, wie es hier mit der GFZ-Station ist.

Es ist unterschiedlich.

Also die Stationen sind erst mal weltweit auch verteilt.

Wie viel die messen, ist unterschiedlich.

Ich glaube, die GFZ-Station misst schon ziemlich viel.

Ich glaube, die messen immer, wenn es möglich ist.

Aber es gibt auch sehr abgelegene Stationen, wo dann halt nur hin und wieder mal jemand vor Ort ist und die Messung anstoßen kann.

Was ich interessant fand, ist auf deiner Webseite hier beim GFZ, da steht Modellierung, zeitliche Variante, Erdschwere-Daten.

Habe ich kapiert.

Und ihrer Fehler.

Ja.

Was für Fehler?

Ja, keine Messung ist perfekt.

Ach so, es geht um die Messung, es geht nicht um die Erdschwere.

Nee, es geht um die Passivität.

Ach so, ich dachte, die Erdschwere wäre fehlerhaft.

Nee, aber die Messungen sind fehlerhaft.

Das kennt man ja, wenn man mit einem 12-Stock sein Zimmer ausmisst, kommt es dreimal und hat drei verschiedene Werte am Ende.

Ja, schrecklich.

Also wir sind zwar genauer mit den Satelliten, aber natürlich sind da immer noch Fehlerquellen drin oder Ungenauigkeitsquellen.

Und was hat das dann für, also wenn ich sage, jetzt Grönland verliert 225 Gigatonnen pro Jahr, wie genau kann ich das denn sagen?

Also was, plus, minus, wie viel kann ich das denn jetzt angeben?

Das sind so Fehlerabschätzungen.

Und das mache ich dann halt auch für die Hydrologie, weil das ja auch interessant ist.

Also wenn ich jetzt, wie ich ja schon sagte, ich kann überall mathematischen Trend schätzen, aber ist ein Trend jetzt aussagekräftig?

Also ist das jetzt wirklich ein Trend, den ich sehe oder ist das einfach 0,001 Millimeter?

Ist das signifikant?

Ist das signifikant oder nicht?

Und dafür brauche ich eben Genauigkeitsabschätzungen.

Wie machst du die?

Also eine Möglichkeit ist, ich gehe in die Wüsten.

Also über den Wüsten hat man ja quasi gar kein Signal.

Also wenn man jetzt die Sahara nimmt, da ist ja keine Hydrologie.

Da verändert sich ja nichts.

Und darüber kann ich so ein gewisses Rauchniveau ja von her leiten.

Also ich gucke quasi, was habe ich denn noch an Signal über der Sahara?

Und auch über den Ozean, also wenn ich jetzt wirklich auf den offenen Ozean gehe, also möglichst weit weg von den Kontinenten, weil da habe ich immer noch die Hydrologie, also insgesamt sind die Ozeansignale viel schwächer als das, was ich über Land habe.

Wenn ich jetzt über den Ozean noch ein Trend- und ein Jahressignal und ein Halbjahressignal rausnehme, dann kann ich auch das, was da noch übrig bleibt, so als Rauchniveau annehmen.

Jetzt ist das Problem, wir haben polare Orbits.

Die beiden Satelliten fliegen ja hintereinander her.

Sprich, wir haben eigentlich eine relativ gute Messung in Nord-Süd-Richtung, weil da beobachten sie aber in Ost-West-Richtung näher.

Ja klar, da verändert sich ja kein Abstand.

Genau, also deswegen ist es in Nord-Süd-Richtung auch genauer.

Und zu den Polen hin, ja, läuft es ja enger zusammen, die Beobachtungen.

Deswegen werden zu den Polen hin auch die Beobachtungen genauer.

Die Wüsten sind jetzt nicht gerade an den Polen.

Nee.

Ich habe die Wüsten vor allem zur Validierung genutzt.

Ich habe ein schlaues Modell aufgestellt, was eben diese räumliche Korrelation der Daten modelliert.

Und was eben auch beinhaltet, dass es nach Norden hin, also insgesamt nach Norden oder Süden zu den Polen hin, genauer wird.

Aber auch, dass es eben in Nord-Süd-Richtung, wenn ich jetzt zwei Punkte habe, die nur Nord-Süd unterschiedlich sind, haben die eine bessere, genau ich, höhere Korrelation zueinander als in Ost-West-Richtung.

Das habe ich mit modelliert.

Und genau dieses Modell habe ich dann über den Wüsten quasi verifiziert, ob das denn auch so einigermaßen passt, was ich mir da überlegt habe.

Aber eigentlich willst du noch mindestens zwei Satelliten haben, die Ost-West fliegen, oder?

Das ist geplant.

Für wann?

2032.

Ach, das ist ja gar nicht mehr so lang.

Also da sind wir jetzt auch von massiven Erplanungen für.

Also es ist jetzt, vor anderthalb Jahren wurde beschlossen, dass es eine Nachfolgemission für GRACE Follow-On gibt.

Das ist, vielleicht soll ich noch kurz was zu dem politischen Hintergrund von dieser Mission sagen, das ist eine amerikanisch-deutsche Mission.

Also Deutschland kooperiert da mit der NASA.

Und in Deutschland ist eben das DLR, das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum, und das GFZ da dran beteiligt.

Und jetzt hat Deutschland eben vor anderthalb, also die Amis hatten es schon früher gesagt, aber vor anderthalb Jahren hat dann Deutschland, der Deutsche Bundestag, sich endlich dazu durchgerungen, ja, wir finanzieren auch eine dritte Mission.

Die ist jetzt für 2028 geplant.

Die ist wieder quasi bau... GRACE Follow-Up.

Follow-On.

Follow-On, Follow-Up.

Ja, nee, das wird jetzt nicht gemacht.

Die wird jetzt GRACE-C, Continuity, heißen.

Genau, die ist dann für 2028 geplant, ist quasi wieder baugleich, ist auch wieder polarer Orbit, dass halt einfach die Kontinuität der Daten gewährleistet wird.

Und die ESA plant dann eben, 32 ein zweites Paar in Orbit zu schicken, was einen inklinierten, also einen gekippten Orbit hat.

Also das dann nicht mehr über die Pole fliegt, sondern das, ich glaube bei 60 Grad, bin ich mir gerade nicht ganz sicher mit dem... 60 Grad ist so ungefähr, was ist denn 60 Grad, ist so Österreich, oder?

Nee, wir sind... Wir sind 54 oder was?

Ja, also 60 dann Mittelschweden.

Mittelschweden, okay.

Und damit hat man eben eine bessere Ost-West-Beobachtung.

Du kannst ja dann wahrscheinlich auch noch die Daten von GRACE-C und whatever its name is, die kannst du ja dann auch noch mal miteinander mischen.

Genau, das ist der Plan dann auch, das macht aber eben die ESA dann.

Also das ist dann, die haben gesagt, wir steuern das quasi dazu bei noch.

Aber da laufen jetzt die Vorstudien und was kann man denn an Genauigkeiten erwarten?

Und in welchen Orbit soll das jetzt genau?

Also welcher Orbit hätte jetzt welchen Einfluss auf die Datenqualität am Ende?

Da wird ganz viel simuliert auch.

Es muss sehr viel vorher geplant werden und bevor so eine Mission startet.

Und deswegen ist jetzt in acht Jahren und da läuft jetzt schon ganz viel.

Wie sieht denn eigentlich dein Arbeitsalltag aus?

Also man hat ja so als Laie, der ich bin, hat man ja dann so eine Vorstellung, wie du kommst morgens ins Büro und schaltest erstmal diese 3D-Projektionsmodell der Erde an und siehst dann, wie sich die Massen verändert haben und wächst dann den Präsidenten.

Oder so ist das nicht, nicht?

Ich fahre erst mal den Rechner hoch.

[Lachen] Ja, also ich...

Nicht so 3D-Todesstern-mäßig?

Nein, leider nicht.

Also eigentlich arbeite ich nur am Rechner.

Das ist ein bisschen langweilig.

Also im Grunde guckst du den ganzen Tag Zahlenreihen an?

Ja, ich plote mir Zahlenreihen in einem guten Bild.

Und ja, es ist viel auch Nachdenken.

Also man hat jetzt, nochmal einen Schritt zurück, man hat diese Distanzmessungen zwischen den Satelliten.

Wie kommt man denn von diesen Distanzmessungen jetzt auf ein gegittertes Produkt am Ende, was mir sagt, in dieser Gitterzelle hatte ich in dem Monat so viel Wasser im Vergleich zum langjährigen Mittel.

Und da sind ziemlich viele Prozessierungsschritte dazu nötig.

Und da mache ich einen Teil von dieser Prozessierung.

Und die auch zu verbessern.

Das ist ganz spannend.

Also es wird immer so Release-mäßig gezählt.

Also das sind so quasi große Datenre-Prozessierungen.

Da wird jetzt im Moment an Release 7 vorbereitet.

Also quasi das siebte Mal, dass die komplette Prozessierungsreihe nochmal angefasst wird.

Und es wird immer besser noch.

Also man kann auch bei diesen alten Daten von vor 20 Jahren noch Verbesserungen rausholen, nur aus der Prozessierung.

Und ich bin quasi ganz am Ende, die dann quasi das aufs Gitter bringt.

Und dass es möglichst gute Gitterdaten sind, da mache ich viel.

Und dann gucke ich mir diese Daten an und, ja was kann ich denn jetzt messen, wo waren jetzt die Extremereignisse.

Also dann ist die Frage, wie definiere ich ein Extremereignis?

Und das ist ja auch nicht so ganz klar, was ist ein Extremereignis im Wasser?

Und wie kann ich das automatisch in den Daten detektieren, solche Sachen.

Wenn du sagst, das ist die siebte Release und das wird immer besser.

Was bedeutet besser?

Das Rauschen wird kleiner.

Also das Rauschniveau über den Ozean, was ich ja gerade eben erklärt habe, das wird kleiner.

Und es gibt verschiedene Institute, nennen wir es mal Institute, die das weltweit prozessieren, diese ganze Kette.

Und das GFZ ist eben eins davon.

Also das GFZ ist sogar eins der drei offiziellen Datencenter.

Die beiden anderen ist das JPL von der NASA in Pasadena in Kalifornien und das CSR in Texas.

Und man sieht auch, dass diese drei Lösungen immer ähnlicher werden.

Also es scheint schon so ein gewisser... Irgendwas scheint ihr alle richtig zu machen.

Ja genau, es bewegt sich aufeinander zu, sagen wir es mal so.

Also das mache ich jetzt, also diesen Anfangsschritt von den Satellitendistanzänderungen, den mache ich nicht.

Also ich mache quasi ganz am Ende das.

Ich mache viel Dateninterpretation, also dass ich dann halt auch gucke, was lässt sich denn jetzt hydrologisch erklären.

Also weil im Endeffekt sehen wir erstmal nur die Massenänderung, aber was ist denn da jetzt wirklich?

Ist es zum Beispiel Menschen gemacht?

Das Abpumpen in Nordindien, das weiß man jetzt relativ gut, auch aus anderen... Also man kann ja auch Grundwasser punktweise mit Bohrungen messen, dass das wohl eine Übernutzung des Grundwassers ist.

Aber halt solche Sachen rauszufinden, ist das jetzt Menschen gemacht oder ist das jetzt eine klimatische Ausreißer?

Ist das ein Langzeittrend?

Also sehen wir jetzt an einer Stelle irgendwie seit 20 Jahren einen positiven oder negativen Trend?

Oder ist das jetzt so ein Ausreißer in den letzten fünf Jahren?

Solche Sachen gucke ich mir dann auch an.

Du sagtest eben, du kannst auflösen bis 300 Kilometer.

Ungefähr, ja.

Hättest du es gerne kleiner oder ist es dann auch egal?

Kleiner wäre schon besser.

Feiner Granulier ist immer schöner.

Weil dann kann man halt auch so lokalere Sachen betrachten.

Also sowas wie Bodensee, den siehst du wahrscheinlich nicht, oder?

Ne, Bodensee ist zu klein.

Also große Seen schon, aber der Bodensee ist zu klein.

Also jetzt so die Massenänderung von den großen Seen in Afrika oder auch in Nordamerika, das sehen wir auf jeden Fall.

Oder auch das Verschwinden des Aralsees kann man in den Grey-States sehen.

Da geht ja was raus.

Da ist ja quasi nichts mehr da.

Was bräuchte es, um kleiner oder feiner aufzulösen?

Neue Satelliten oder so irgendwie?

Das Problem ist halt, die Grey-States sind auf einem Orbit von, ich glaube, starten tun sie auf 500 Kilometer Orbithöhe und sinken dann langsam ab, weil eben die Restatmosphäre sie bremst.

Und die haben auch keinen Antrieb und nichts.

Doch schon, aber das ist ja endlich.

Man möchte ja möglichst wenig davon verbrauchen.

Deswegen, das ist einkalkuliert, dass sie langsam absinken.

Das ist aber halt dann schon relativ weit weg, weil das schwere Feld sich nach außen ja abdämpft.

Also hättest du eigentlich gerne eine Flotte von Flugzeugen, die unterwegs sind?

Genau, es müsste niedriger sein.

Dann wäre eine höhere räumliche Auflösung möglich.

Und wir müssen die Daten leider auch filtern, bevor man sie wirklich nutzen kann.

Wir haben ziemlich starke Streifen, das sieht aus wie ein Zebra, wenn man es sich nicht filtert, wenn man es sich anguckt.

Eben weil die Satelliten in Nord-Süd-Richtung fliegen.

Und wir sagen, wir sammeln alle Daten von einem Monat zusammen.

Es gibt ja doch einige Prozesse auf Wasser, die schneller sind als ein Monat.

Gezeiten zum Beispiel in den Ozeanen oder generell.

Aber die Gezeiten kannst du dir nicht ausrechnen, du weißt doch, wo der Mond ist.

Ja genau, aber da gibt es Modelle, aber die sind nicht fehlerfrei.

Also jetzt global gesehen sind Gezeitenmodelle oder auch andere, es gibt ja auch Ozean-Massenverlagerungen, die nicht Gezeiten sind.

Auch das wird modelliert oder die Atmosphäre, also die atmosphärischen Strömungen transportieren ja auch sehr viel Wasser.

Das sind sehr schnelle Prozesse.

Das wird alles mit Hintergrundmodellen reduziert, aber die sind nicht fehlerfrei.

Also man kriegt nicht alles raus und damit hat man dann eben am Ende nicht ganz so lustige Streifen.

Deswegen müssen wir es noch räumlich filtern und dadurch verlieren wir halt auch wieder räumliche Auflösung, weil man filtern muss.

Und da ist auf jeden Fall, also was das angeht, die Hoffnung mit dem zweiten Satellitenpaar, was dann eben inkliniert ist, dass das schon deutlich besser ist, dass wir weniger filtern müssen und damit auch eine bessere räumliche Auflösung.

Mehr Messpunkte hast du über die Zeit.

Ja und eben dieses Versetzte, also dass es eben in Ost-West-Richtung dann bessere Messungen gibt.

Könnte man den Trick mit den Flugzeugen eigentlich wirklich machen?

Ja, aber das wird eigentlich nur für das statische schwere Feld genutzt, dass man da dann immer mal wieder auch Fluggravimetrie mit... Das gibt es, Fluggravimetrie heißt das auch?

Ja, das gibt es.

Es gibt auch auf Pfiffen Gravimetrie.

Und es gibt auch so Kisten, wo man einfach mit ins Feld gehen kann und lokal die Gravimetrie messen kann.

Warum würde man das machen?

Also warum würdest du wissen wollen, wie jetzt auf dem Acker in Brandenburg die Schwerkraft ist?

Acker in Brandenburg ist jetzt vielleicht nicht ganz so interessant, aber wir hatten im Studium, ich habe in Bonn studiert, wo unter der Hofgartenwiese ein U-Bahn-Tunnel durchgeht.

Und dann haben wir so eine Messreihe gemacht, also schwere Feld einmal quer über die Hofgartenwiese gemessen und da sieht man den U-Bahn-Tunnel.

Und da fehlt ja eine Masse, da ist ja ein Loch quasi, deswegen ist da weniger.

Das kann man eben messen und es wird zum Beispiel für die Exploration von Bodenschätzen genutzt.

Weil wenn da jetzt irgendwie Öl im Untergrund ist, dass es eine andere Dichte hat als die Erde daneben, Boden halt daneben.

Und dann kann man solche Sachen vermessen.

Als du das studiert hast, hattest du da schon vor gehabt, mit Satelliten dir die Hydrologie anzugucken?

Die Hydrologie des Planeten, ich finde das immer völlig wahnsinnig.

Ich glaube ja.

Das ist auch ein bisschen wahnsinnig hier.

Doch, ich glaube mir war schon relativ früh im Studium klar, dass ich mich nicht in der Landesvermessung sehe.

Also ich sehe mich nicht mit den rot-weißen Stangen draußen rumrennen, bin ich zu ungefügt für.

Meine Kommilitonen haben das relativ schnell kapiert.

Okay, Eva geben wir das Messbuch in die Hand.

Schauen Sie mal auf.

Die macht am Ende die Mathematik für Auswertung, aber ans Gerät lassen wir sie nicht ran.

Ich habe mir im Anfängerpraktikum zweimal über das Gerät gestolpert, dann war das dann auch erledigt.

Also ich habe mich eigentlich immer eher hinter dem Rechner wohlfühlt.

Das ist Mathematik was du machst.

Das ist sehr viel Mathematik, ja.

Hättest du das auch mit einem Mathematikstudium?

Ist das was für Mathematiker oder will man Geodätin sein?

Ich habe lange als Schülerin überlegt, Mathe zu studieren, weil ich da doch auch eine Affinität zu hatte.

Ja, sagen wir es so, es gibt zu viele Mathematiker bei mir in der Familie, ich wollte was anderes machen.

Und es war mir auch zu wenig praktisch.

Und ich bin sehr froh, dass ich es nicht studiert habe, weil ich eben, also ich finde es auch schön diese praktische Anwendung zu haben.

Also sagen zu können, naja, ich kann eben, was dann doch für die Leute von Relevanz ist, beobachten und Aussagen über den Klimawandel treffen.

Und das ist schon auch spannend, finde ich.

Also als jetzt nur Mathematik zu machen.

Wie sieht deine Zukunft aus?

Hast du da, also abgesehen davon, dass du im deutschen Wissenschaftsbetrieb befristet beschäftigt bist und man also quasi gar keine Zukunft hat, haben wir auch schon Sendungen drüber gemacht, gibt es wie in deinem Metier, also die Hydrologie des Planeten sich anzugeben, gibt es da irgendwie so ein Fernziel, so einen Traum, den man hat, wo du sagst, okay, da will ich darauf hinarbeiten?

Oder ist es letztendlich der Weg, das Ziel, dass du halt irgendwann mal 50 Jahre Daten hast und noch präzisere Aussagen treffen kannst?

Ja, und es ist ja auch, man braucht ja auch die Langfristbeobachtungen, damit unsere Kinder noch Aussagen dann treffen können, wie hat sich durch den Klimawandel die Erde verändert?

Also wir sind ja auch sehr dankbar, dass wir zum Beispiel Pegelmessungen, in Pegel Amsterdam fängt glaube ich 1804 oder 1805, so die Ecke rum, an.

Dadurch haben wir in Amsterdam jetzt über 200 Jahre Meeresspiegeländerungsmessungen, weil aber damals jemand angefangen hat zu messen und bei GRACE, also bei den Schweremessungen, sind wir jetzt quasi am Anfang.

Und natürlich irgendwann, unsere Kinder können dann eben sagen, okay, in 50 Jahren ist so viel Eismasse verloren gegangen, aber dafür muss man jetzt ja messen.

Aber ein Ziel ist durchaus schon auch immer genauer oder immer mehr Aussagen treffen zu können.

Also gerade Wasser ist ja auch ein sehr politisches Thema global gesehen.

Also ganz viele Staaten geben keine Informationen über ihre Gewässer raus.

Das ist Politik.

Also gerade in Afrika mit den Stauseen, da wird nicht verraten, wie viel da aufgestaut wird und was passiert.

Aber ist ja selbst in der Bundesrepublik Deutschland, wissen wir viel zu wenig über unser Wasser.

Also ich habe kürzlich mit dem Kollegen vom Dürre Monitor gesprochen, der sagte, wir könnten ja Wassermanagement betreiben, wenn wir wüssten, wie viel Wasser die Industrie entnimmt.

Aber die sagt es halt nicht.

Ja, Deutschland geht die Datenlage ja noch mal, kommt auch noch an viele Daten ran.

Aber ganz viele Staaten ist das ein Staatsgeheimnis.

Aber das hebelst du dann ja aus.

Ja, weil Wasser ist was Globales.

Und eigentlich hat ja die Menschheit allgemein ein Anrecht darauf zu wissen, wann wo wie viel Wasser ist, weil es ja für uns überlebenswichtig ist.

Und da sind wir eben in der Lage dazu, globale Aussagen auch treffen zu können.

Das ist so, finde ich auch schön, dass man eben diesen globalen Ansatz hat, nicht nur das Regionale.

Das Regionale ist schön, wenn man hier mit Politikern spricht oder wenn man sie davon überzeugen möchte, dass sie doch jetzt bitte das Geld rausrücken sollen für Grace C.

Da muss man dann auch mehr regional, aber insgesamt also global die Veränderungen zu beobachten, ist schon auch spannend.

Eva Börgens, vielen Dank.

Gerne.

[Musik] [Musik] [Ende]