



Den etwa 2500 Lichtjahren entfernten Ringnebel im Sternbild Leier hat das James-Webb-Teleskop Mitte August aufgenommen. Der Nebel ist der Überrest eines Sterns, der vor etwa 20 000 Jahren seine äußere Gashülle abgestoßen hat. Im Zentrum des Nebels befindet sich ein weißer Zwergstern. FOTO: ESA/JWST, NASA, CSA, M. BARLOW

Alles so schön bunt hier

Was die Weltraumteleskope Hubble und Webb aufzeichnen, verwandeln NASA und ESA in farbenprächtige Bilder von fernen Galaxien und Sternen. Ist das Universum tatsächlich so kitschig?

Von Susanne Herresthal

Der Weltraum übt auf viele Menschen eine ungemeine Faszination aus – und seit es Weltraumteleskope gibt, reicht der Blick scheinbar immer weiter hinein in die Dunkelheit. Die Bilder, die das Hubble-Teleskop und auch das 2022 gestartete James-Webb-Teleskop aufzeichnen, werden immer detaillierter und farbenprächtiger. Das erste Foto von Hubble war noch vergleichsweise unscharf und schwarz-weiß. Heutige Aufnahmen sind digital nachbearbeitet, sie zeigen in lila, pink, rot und orangen Farbtönen leuchtende, weit entfernte Sterne und schwarze Löcher. Hin und wieder ist die Grenze zum Kitsch nicht mehr fern.

Doch sieht das All wirklich so aus? Sind die dargestellten Farben tatsächlich authentisch? Diese Frage sei nicht einfach zu beantworten, sagt Kai Noeske von der Europäischen Raumfahrtagentur ESA. „Oft werde ich gefragt, ob das nicht alles fake ist. Dann wird gesagt: So etwas kann man doch gar nicht sehen. Dabei sind es ganz echte Daten. Allerdings Daten, bei denen man sich überlegen muss, wie man sie darstellt.“ Letztlich mache auch ein Handy oder eine digitale Spiegelreflexkamera nichts anderes, betont Noeske. Mit dem kleinen Unterschied, dass die Menschen das, was ein Handy abbildet, in der Regel auch mit dem bloßen Auge sehen können.

Auf der Erde werden mehrere mit Filtern aufgenommene Bilder kombiniert

Weltraumteleskope wie Webb oder Hubble hingegen zeigen Himmelsobjekte, die Menschen nicht sehen können; ihre Augen sind einfach zu schwach dafür. Hubble arbeitet vor allem mit ultraviolettem Licht. Das jüngere, überlegene James-Webb-Teleskop ist sensibel für Infrarotlicht. Damit ist es besonders geeignet, um in die Vergangenheit des Alls zu schauen. Denn je weiter ein Objekt entfernt ist, desto stärker wird sein Licht durch die Ausdehnung des Raumes in den Infrarotbereich verzerrt.

Die vom Teleskop gesendeten Rohdaten bilden dabei zunächst ein schwarz-weißes Bild. Auf dem Boden werden diese Werte

dann in Tonwerte auf dem Bildschirm übersetzt. Schwächere Werte werden hervorgehoben, und verschiedene monochrome Bilder, die jeweils durch Filter aufgenommen wurden, werden zu einem Farbbild kombiniert. Dabei wird die chromatische Ordnung angewendet, die die Farberkennung des menschlichen Auges nachahmt. Das heißt: Die Motive werden so dargestellt, wie der Mensch sie sehen würde, wenn er denn UV-Licht oder Infrarotlicht wahrnehmen könnte. Bestimmte Wellenlängen werden einem bestimmten Teil un-

terer Farbpalette zugewiesen: Kurzwellige Strahlen werden blau, mittelwellige grün und langwellige Strahlen rot dargestellt.

„Die eingesetzte Technik, mit welcher es gelingt, überhaupt etwas in der Dunkelheit sichtbar zu machen, bringt die Ästhetik der Fotos in gewisser Weise schon mit“, sagt Bildtheoretikerin Lena Geuer von der Technischen Universität Dresden. Die Farben werden nicht willkürlich ausgewählt, beinhalten aber dennoch eine gewisse gestalterische Freiheit. Farbigeit und Kontrast können angepasst werden. Kai Noes-

ke von der ESA erklärt, im Zentrum dieser Wahl stehe immer die Frage: Was möchte ich im Bild zeigen?

Zoltan Levay war vor seinem Ruhestand Bildbearbeiter beim Hubble Teleskop, nun geht er der Fotografie nach. Bei der Interpretation der Daten bleibe ein Spielraum, bestätigt er – vor allem bei der Nachbearbeitung der rohen astronomischen Farbbilder. „Dies ist der viel subjektivere Teil, der es ermöglicht, ein ästhetisch ansprechenderes, aber auch dramatischeres oder aussagekräftigeres Bild zu erzeugen.“ Künstliche Inspiration dafür habe er beim US-amerikanischen Landschaftsfotograf Ansel Adams mit seinen dramatischen, stark kontrastierten Aufnahmen gefunden. Allerdings hätten er und sein Team sich immer an einige Grundprinzipien gehalten: Die Informationen in den Daten dürfen nicht falsch dargestellt werden. Es darf nicht zu viel verarbeitet werden. Und es darf nichts hinzugefügt werden, was nicht in den Daten enthalten ist.

Es ist eine Gratwanderung zwischen Wissenschaft und Ästhetik

Was wäre, wenn die Fotos stattdessen in schwarz-weiß veröffentlicht würden? Lena Geuer glaubt, dass die Menschen dann eine andere Beziehung zu den Bildern hätten: „Wir sehen immer nur in Farbe und können uns mit farbigen Bildern besser emotional verknüpfen. In schwarz-weiß sehen wir eher ein Konzept, ein Schema.“

Für sie können solche Bilder den Blick auf den Kosmos weiten und uns fühlen lassen, wie unendlich klein wir sind – so wie schon das von Astronauten des Apollo-Programms 1972 aufgenommene „Blue Marble“-Bild der Erde. Auch für Levay zeigen gerade die bunten Bilder, dass wir Teil eines viel größeren Universums sind. „Ich fühle mich geehrt, einen Teil dazu beigetragen zu haben, die Bilder von Hubble in die Welt zu setzen. Sie lassen mich immer wieder über die Weite, Vielfalt und Schönheit des Universums staunen“, sagt er. „Und natürlich hoffe ich, dass die Fotos ebenso bei anderen die Neugierde wecken, mehr über das Universum und auch über Hubble zu lernen.“

Susanne Herresthal



Der Tarantelnebel im Sternbild Schwertfisch (oben) und ein Geburtsort neuer Sterne etwa 390 Lichtjahren von der Erde entfernt (unten). FOTOS: NASA, ESA, CSA, STSC, K. PONTOP

„Jedes einzelne Krankenhaus ist eine gigantische Dreckschleuder“

Das Gesundheitswesen verursacht weltweit mehr Emissionen als der Flugverkehr. Manager Jochen Werner will gegensteuern

SZ: Herr Werner, Sie haben als Vorstandsvorsitzender der Universitätsmedizin Essen (UME) vor drei Jahren das Ziel ausgerufen, Ihre Kliniken in ein „Green Hospital“ umzubauen. Haben Sie angesichts von Spardruck und Personalnot keine anderen Probleme als die Sorge um die Klimabilanz?

Jochen Werner: Studien zeigen, dass das Betreiben eines einzigen Klinikbettes jährlich so viel Strom wie vier Einfamilienhäuser braucht, eine Klinik so viel wie ein 25 000-Einwohner-Ort. 4,4 Prozent der Emissionen weltweit emittiert das Gesundheitswesen – mehr als der globale Flugverkehr und die Schifffahrt zusammen. 500 Liter Wasser werden in deutschen Krankenhäusern täglich pro Patientin und Patient verbraucht und mehrere Kilogramm teils schädlicher Müll produziert. Im Grunde ist jedes einzelne Krankenhaus eine gigantische Dreckschleuder, der Klimaschutz im Gesundheitswesen damit ist eine Herausforderung, der sich über kurz oder lang alle Kliniken stellen müssen.

Trotzdem, und so wichtig Klimaschutz ist, sollte in einer Klinik, in der es für viele Patientinnen und Patienten um Leben

und Tod geht, nicht die Versorgung derselben im Vordergrund stehen?

Natürlich hat die Versorgung der Patientinnen und Patienten höchste Priorität. Aber dabei nachhaltig und klimafreundlich zu agieren, steht dazu ja nicht im Widerspruch. In einigen Aspekten verbessert sich dadurch die Versorgung der Patientinnen und Patienten sogar.

Können Sie ein Beispiel nennen, wie sich Klimaschutz und Patientenwohl miteinander vereinbaren lassen?

Das Krankenhausessen schmeckt vielen Menschen nicht und ist außerdem ungesund – das sind Klischees, die leider auch zu einem großen Teil wahr sind. Wir wollen sowohl das Essensangebot in der Kantine als auch das für die Patienten auf das Konzept der „Planetary Health Diet“ umstellen. Das bedeutet so viel wie „Gesunde Ernährung für den Menschen und den Planeten“. Es ist eine vor allem pflanzliche Ernährung mit dem Fokus auf Obst, Gemüse und Hülsenfrüchten, weniger Fleisch, weniger hochverarbeiteten Lebensmitteln. Richtig zubereitet sind solche Gerichte lecker – und sie unterstützen die Genesung der Patienten.

Und sind sehr teuer.

Das Krankenhausessen in Deutschland kostet laut einer aktuellen Studie im Durchschnitt 5,32 Euro pro Patient und Tag. Inflation bereinigt haben die Kosten in den vergangenen 18 Jahren sogar abgenommen. Das klingt erst einmal gut, aber in Wahrheit ist es ein weiteres Sparen auf Kosten der Qualität. Das liegt unter anderem am Abrechnungssystem der Krankenkassen: Dort konkurriert die Speiseversorgung bei den nicht-medizinischen Leistungen mit Posten wie Verwaltung, IT, Wäsche und Reinigungsdienst. Wir stehen im Austausch mit der Politik, damit sich hier etwas ändert.

Auch ohne Hilfe der Politik haben Sie einiges vor. Wie weit sind Sie mit dem Ziel, zu einem grünen Krankenhaus zu werden, bislang gekommen?

Wir haben unsere etwa 11 000 Beschäftigten über die Pläne informiert, der Rücklauf und die Unterstützung waren enorm. 130 Angestellte aus allen Bereichen haben sich bereit erklärt, als Nachhaltigkeitsbeauftragte in ihren Abteilungen daran zu arbeiten, unser Haus grüner zu machen – freiwillig und zusätzlich zu deren Arbeitszeit.

Wie sieht dieses Engagement konkret aus?

Das Team Green erhält von den Mitarbeitern einen ständigen Strom an Ideen. Da ging es kürzlich unter anderem um eine bessere Mülltrennung, um Kaffeekegelpflicht in den Abteilungen, um die Einsparung von Plastiktüchern beim Transport



Jochen Werner ist Ärztlicher Direktor des Universitätsklinikums Essen. Die Universitätsmedizin Essen umfasst 32 Kliniken und 24 Institute, in denen jährlich etwa 70 000 Patienten stationär behandelt werden. UNIVERSITÄTSMEDIZIN ESSEN

der Blut- und Gewebepfropfen ins Labor durch die Einführung von leicht zu reinigenden Transportbehältern. Andere Vorschläge wie das Recycling von Narkosegas befinden sich gerade in der Umsetzung, ein neuer Fahrradparkplatz mit 230 Stellflächen auf dem Gelände der UME ist

Die Tiefkühltruhe am Meeresgrund taut ab

Setzt der Klimawandel schlagartig Treibhausgase frei?

In der menschenleeren Tundra auf der Yamal-Halbinsel im Norden Sibiriens tauchten vor fast zehn Jahren mysteriöse Krater auf. Wie sich später herausstellte, hatte Methangas diese bis zu 60 Meter tiefen Löcher in die Landschaft gesprengt. Bei Auftauprozessen staute sich das Gas an Schwachstellen im gefrorenen Untergrund und brach schließlich aus.

Doch nicht nur im Permafrostboden an Land schlummern große Mengen Treibhausgase, sondern auch im eisigen Meeresboden vor den Küsten rund um den arktischen Ozean. Die Gase sind dort in submarinem Permafrost gebunden, also in gefrorenem Meeresboden. Anhand von Echolot- und Sonarmessungen entdeckten Wissenschaftler auch dort an verschiedenen Stellen immer wieder Gruppen von großen und kleinen Kratern, aus denen Schleier aus Methan-Gasblasen zur Meeresoberfläche blubbern. Manche Wissenschaftler sehen im submarinen Permafrost daher eine tickende Zeitbombe. Plötzliche Ausbrüche könnten, so befürchten sie, die globale Erwärmung katastrophal anheizen.

Noch weiß man wenig über den von Eis durchsetzten Meeresboden. Sogar seine Verbreitung ist noch nicht überall kartiert. Bekannt ist lediglich, dass von den insgesamt 2,5 Millionen Quadratkilometern submarinem Permafrost etwa 80 Prozent unter dem flachen Meer auf dem Kontinentalschelf vor Nord- und Ostsibirien liegen, 20 Prozent vor den Küsten Alaskas und Kanadas. Es wird geschätzt, dass dort derzeit zwischen drei und 17 Millionen Tonnen Methan pro Jahr ausströmen. Zum Vergleich: Der vom Menschen verursachte Methanausstoß lag 2017 weltweit bei etwa 272 Millionen Tonnen. „Nach neueren Erkenntnissen treten die Gase bisher nur langsam aus“, sagt Paul Overduin, Permafrost-Spezialist am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Potsdam. So beschreibt es Overduin zusammen mit Kollegen auch in einer kürzlich erschienenen Studie. Die Frage ist jedoch, ob es bei diesem gemächlichen Tempoleibt.

Der submarine Permafrost bildete sich ebenso wie der Permafrostboden an Land während der letzten Eiszeit. Damals war viel Wasser in den Gletschern auf den Polen gebunden. Der Meeresspiegel lag deshalb 120 Meter tiefer als heute. An Land breitete sich eine eiskalte Tundra aus – eine Mammusteppe mit Temperaturen von minus 15 Grad Celsius im Jahresdurchschnitt. So ist der Boden mit allen Überresten von abgestorbenen Pflanzen und Tieren durchgefroren, stellenweise über einen Kilometer tief. Am Ende der Eiszeit, als der Meeresspiegel wieder um 120 Meter stieg, überspülte Meerwasser diese Kältesteppe entlang der arktischen Küste viele Kilometer, in Sibirien sogar Hunderte Kilometer weit ins Landesinnere hinein. Seither liegt ein großes Stück Permafrostboden unter dem Meer.

Für Paul Overduin hat der submarine Permafrost im globalen Klimasystem zwei Funktionen: Zum einen wirkt er wie eine Kühltruhe, in der organisches Material sicher verwahrt ist, solange die Temperaturen am Meeresboden unter dem Gefrierpunkt liegen. Die Reste können so nicht –

wie beim Permafrost an Land – im Sommer bei höheren Temperaturen von Mikroorganismen zersetzt werden, die dabei Treibhausgase freisetzen.

Zum anderen funktioniert der untermeerische Permafrost wie ein Deckel, der einen für das Klima noch problematischeren Untergrund überspannt: Methanhydrate. Dieses Gemisch aus gefrorenem Wasser und Methangas kommt nicht nur im tiefen Permafrostboden, sondern auch in den Sedimenten darunter vor. Das Methangas ist aus großen Erdtiefen allmählich durch Risse und Poren aufgestiegen und hat sich unter hohem Druck und tiefen Temperaturen mit Wasser zu Methanhydrat verbunden. Dieses sieht zwar aus wie Eis, ist aber nur unter hohem Druck stabil. Sobald es zum Beispiel bei Bohrungen an die Erdoberfläche gelangt, zerfällt es sofort. Aus einem Liter Methanhydrat entweichen dabei 160 Liter Methan. In dem Eis steckt so viel Energie, dass es brennt, wenn man es anzündet.

In Methanhydrat steckt so viel Energie, dass man dieses Eis anzünden kann

Vor Kurzem hat ein deutsch-kanadisch-koreanisches Wissenschaftlerteam den submarinen Permafrost während einer Expedition auf dem Eisbrecher *Araon* in einem 100 mal 200 Kilometer großen Bereich der Beaufortsee vor der kanadischen Küste mit seismischen Methoden durchleuchtet. Demnach ist der Permafrost-Deckel etwa 350 Meter dick, wird jedoch Richtung Kontinentalabhang, wo das flache Meer in die Tiefsee abfällt, immer dünner. Erst 600 Meter unter dem Meeresboden konnten Methangashydrate identifiziert werden. Sind die an anderer Stelle auf dem Meeresboden in der Beaufortsee entdeckten Krater ein Zeichen dafür, dass der untermeerische Permafrost instabil wird? „Das wissen wir nicht“, sagt Overduin. Sie seien aber „ein Zeichen der allgemeinen globalen Erwärmung des Permafrosts“. Entscheidend für die Stabilität des untermeerischen Permafrosts sei die Meeresdecke. Diese Eisschicht an der Wasseroberfläche schützt den untermeerischen Permafrost die längste Zeit des Jahres vor der Sonne. Doch im Sommer zieht sie sich aufgrund des Klimawandels immer schneller und immer weiter zurück, und sie wird auch immer dünner. „Weniger Meeresdecke bedeutet höhere Temperaturen auf dem Meeresboden“, erklärt Overduin. Denn die dunkle Meerwasser absorbiert mehr Sonnenstrahlung als Eis. Die Folge: Wie beim Permafrost an Land könnte sich der Permafrost im Meeresboden aufwärmen und immer tiefer auftauen, sodass Mikroorganismen vermehrt Klimagase freisetzen.

Noch sind viele Fragen offen. Wie schnell wird das aufgetaute Material submarine zersetzt, wie viel klimaschädliches Gas wird nach dem Austritt schon im Meerwasser absorbiert, wie viel gelangt in die Atmosphäre? Sicher ist nur: Die Gefriertruhen-Funktion des untermeerischen Permafrosts nimmt unweigerlich ab. Doch niemand kann sagen, wann der Deckel zerbricht. Angelika Jung-Hüttl



Ein Nebelbogen über der Arktis: Das Meereis im hohen Norden ist vergleichsweise dünn und fragil. FOTO: IMAGO IMAGES/ARDEA

sprechend kleiner waren die Investitionen im Jahr davor und danach, wir gehen das Schritt für Schritt an. Der Vorteil beim Strom ist, dass wir es direkt messen und den Erfolg sehen können – anderswo fehlen uns noch viele Kennzahlen. Deshalb arbeiten wir intensiv daran, genauer zu erfahren, was die Uniklinik verbraucht, produziert und emittiert. Zum Beispiel geht es darum, den Verbrauch von Einmalverpackungen aus Plastik zu reduzieren – dazu müssen wir erst einmal erfassen, wo es wie viele solcher Verpackungen gibt.

Bleiben wir bei diesem Beispiel – wie weit sind Sie damit?

Es geht häufig erst einmal darum, die großen, übergeordneten Bereiche in Unterbereiche zu zerlegen und zu gliedern. Die Einführung von Nachfüllsystemen für sterile Pipettenspitzen, die wiederum seit Kurzem aus vollständig recycelbarem Plastik bestehen – bringt eine Einsparung von rund 65 Prozent Plastikabfall. Ein anderes Beispiel ist der Teilbereich Papier: Zum Beispiel befüllen wir im UME die Drucker nur noch mit Recycling-Papier – so können wir zehn Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen.

Interview: Christian Heinrich