



Leuchtende Wolken am Nachthimmel

VON JÜRGEN WENDLER

Das Wettergeschehen spielt sich in der untersten Schicht der Erdatmosphäre ab, der sogenannten Troposphäre, die an den Polen bis in etwa acht und am Äquator bis in 17 Kilometer Höhe reicht. Die Unterschiede hängen mit der Sonneneinstrahlung zusammen, das heißt damit, wie viel Energie zur Verfügung steht. Am Äquator ist die Sonneneinstrahlung besonders intensiv. Ob es eine Cirruswolke mit ihren zarten weißen Fäden und Flecken ist – das lateinische Wort cirrus bedeutet Haarlocke – oder eine Gewitterwolke, die auch als Cumulonimbus bezeichnet wird: Solche Wolken entstehen immer in der Troposphäre. Ganz anders verhält es sich mit den Nachtleuchtenden Wolken, kurz NLC, auch Leuchtende Nachtwolken genannt. Sie bilden sich in mehr als 80 Kilometern Höhe, in einem Bereich, der als Mesopause bezeichnet wird und mit Temperaturen von deutlich unter minus 100 Grad Celsius wesentlich kälter ist als andere Teile der Atmosphäre. Gute Chancen, solche Wolken zu Gesicht zu bekommen, bestehen einige Wochen vor und nach der Sommersonnenwende.

Grundsätzlich gilt, dass Wolken nur deshalb entstehen können, weil sich in der Luft Was-

„Leuchtende Nachtwolken erscheinen überwiegend in silbrigen Blautönen.“

Meteorologe Björn Goldhausen

serdampf befindet. Kühlt sie sich ab, bedeutet das, dass sie weniger davon aufnehmen kann. An einem bestimmten Punkt ist sie übersättigt, und der Wasserdampf kondensiert: Aus ihm wird flüssiges Wasser, das sich an schwebenden Teilchen wie Staub oder auch Pollen sammeln und nach und nach immer größere Tropfen bilden kann. Die Teilchen dienen als sogenannte Kondensationskerne oder -keime. Bei sehr niedrigen Temperaturen kann sich flüssiges Wasser in Eis verwandeln. Manche Wolken bestehen aus Wassertröpfchen, andere enthalten neben solchen Tröpfchen auch Eiskristalle.

Bei den Nachtleuchtenden Wolken handelt es sich um Ansammlungen von Eiskristallen. Wie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt erklärt, sind Beobachtungen von Nachtleuchtenden Wolken von großem wissenschaftlichen Interesse, weil sie helfen können, Luftbewegungen sichtbar zu machen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Dynamik der Atmosphäre in diesem Höhenbereich ziehen, der für wissenschaftliche Untersuchungen ansonsten kaum zugänglich sei.



FOTO: MICHAEL THEUSNER/KIMAMAHUS BREMERHAFENPOST

Leuchtende Nachtwolken wie die auf diesem Bild treten in Höhen von etwa 80 bis 85 Kilometern auf. Dies unterscheidet sie von anderen Wolken, die am Himmel zu sehen sind. Letztere werden laut Deutschem Wetterdienst in mittleren Breiten in Höhen bis zu 13 Kilometern gebildet.



Küstennahe Meeresgebiete zeichnen sich durch einen großen Nährstoffreichtum aus. Dieses Bild ist vor der nordenglischen Stadt Tynemouth entstanden.

FOTO: OWEN HUMPHREYS

VON JÜRGEN WENDLER

Böden, die auch als lebende Haut der Erde bezeichnet werden, entstehen dadurch, dass Überreste von Lebewesen wie Pflanzen zersetzt werden und Gestein verwittert, das heißt: Unter dem Einfluss von Wind und Regen sowie aufgrund des Wechselspiels von Kälte und Wärme werden mineralische Bestandteile aus dem Gestein herausgelöst. Weil Böden viele Nährstoffe enthalten, können Pflanzen gedeihen, die anderen Lebewesen als Nahrungsgrundlage dienen. Im Vergleich zu ihnen sind die Meere, die 71 Prozent der Erdoberfläche bedecken, global betrachtet äußerst arm an Nährstoffen. Zu den Forschungsrichtungen, die immer wieder mit neuen Erkenntnissen über die Stoffkreisläufe in den Meeren und darüber aufwarten, wo dort besonders viel oder wenig Nahrung zur Verfügung steht, gehört das Bremer Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie.

Die Kontinente besitzen eine Art Saum, einen Sockel, der in Meeresgebiete hineinragt und dazu führt, dass das Meer dort vergleichsweise flach ist. Solche Gebiete werden als Schelfmeere bezeichnet. Sie sind in der Regel höchstens 200 Meter tief. An diese Randbereiche schließt sich der Kontinentalhang an, der mehr oder weniger stark geneigt sein kann. Die Wassertiefe nimmt in diesen Gebieten deutlich zu, gewöhnlich auf mehrere Tausend Meter.

Die Nordsee, ein Randmeer des Atlantischen Ozeans, liefert ein Beispiel für ein Schelfmeer. Weltweit machen solche Meeresgebiete etwa acht Prozent der Ozeanfläche aus. Ihr Anteil an der Gesamtmenge des Wassers in den Meeren beträgt lediglich 0,2 Prozent. Dennoch stammen die Meeresfische, die von Menschen gefangen werden, fast ausschließlich aus den Schelfmeeren vor

den Küsten. Dies hängt damit zusammen, dass dort wegen des Nährstoffreichtums, der auch auf die über Flüsse eingetragenen Phosphor- und Stickstoffverbindungen aus der Landwirtschaft zurückgeht, viele Lebewesen gedeihen, das heißt große Mengen an Biomasse entstehen.

Als besonders produktiv gelten die sogenannten Auftriebsgebiete, Bereiche, in denen Tiefenwasser das Wasser an der Oberfläche ersetzt. Ein Grund kann sein, dass küstennahes Oberflächenwasser aufgrund der Windverhältnisse aus offene Meer getrieben wird, sodass von unten Wasser nachströmen kann. Auftriebsgebiete gibt es zum Beispiel vor den Südküsten Südamerikas und Afrikas. Das kalte Wasser aus der Tiefe enthält große Mengen an Nährstoffen, die unter anderem aus den Ablagerungen am Meeresboden stammen. Von ihnen profitie-

ren die Algen, die dann anderen Lebewesen wie Ruderfußkrebsen oder auch Larven von Fischen als Nahrung dienen. Auch Schwarmfische wie Sardinen oder Anchovis finden dank des reichhaltigen Nahrungsangebots besonders gute Lebensbedingungen vor. Entsprechend groß ist die wirtschaftliche Bedeutung der Auftriebsgebiete für den Menschen.

Mikroorganismen wie Bakterien sind in der Lage, die zum Leben benötigte Energie an den unterschiedlichsten Orten aus den unterschiedlichsten Quellen zu gewinnen. Für die Lebensvorgänge und die Stoffkreisläufe auf der Erde spielen sie eine zentrale Rolle. Das Leben auf dem Blauen Planeten ist nur möglich, weil laufend chemische Verbindungen, also Stoffe aus Atomen verschiedener chemischer Elemente, umgewandelt werden. Fachleute sprechen in diesem Zu-

Der Meeresschnee und das Klima

reste abgestorbener Algen und Material für Marine Mikrobiologie.

Die Kontinente besitzen eine Art Saum, einen Sockel, der in Meeresgebiete hineinragt und dazu führt, dass das Meer dort vergleichsweise flach ist. Solche Gebiete werden als Schelfmeere bezeichnet. Sie sind in der Regel höchstens 200 Meter tief. An diese Randbereiche schließt sich der Kontinentalhang an, der mehr oder weniger stark geneigt sein kann. Die Wassertiefe nimmt in diesen Gebieten deutlich zu, gewöhnlich auf mehrere Tausend Meter.

Die Nordsee, ein Randmeer des Atlantischen Ozeans, liefert ein Beispiel für ein Schelfmeer. Weltweit machen solche Meeresgebiete etwa acht Prozent der Ozeanfläche aus. Ihr Anteil an der Gesamtmenge des Wassers in den Meeren beträgt lediglich 0,2 Prozent. Dennoch stammen die Meeresfische, die von Menschen gefangen werden, fast ausschließlich aus den Schelfmeeren vor

sammenhang von Stoffkreisläufen. Beispiele hierfür sind der Phosphor, der Stickstoff- und der Kohlenstoffkreislauf. Phosphor und Stickstoff sind lebenswichtige Nährstoffe, ohne die Pflanzen nicht wachsen könnten. Kohlenstoff zählt zu den

71

Prozent der Erdoberfläche sind von Meeren bedeckt.

Grundbausteinen von Lebewesen. So wird er zum Beispiel neben anderen chemischen Elementen für die Herstellung von Aminosäuren benötigt, aus denen Eiweißstoffe (Proteine) aufgebaut sind. Diese dienen als Baumaterial für Zellen.

Die Bedeutung der Bakterien für die Umwandlung von Stoffen zeigt sich auch im Meer, wo sie die Überreste von Organismen wie Algen zersetzen. Dazu produzieren sie Enzyme, das heißt Eiweißstoffe, die biochemische Reaktionen in Gang setzen. Um beispielsweise die Massen an Algenmaterial zu zersetzen, die bei Algenblüten in der Deutschen Bucht entstehen, bedarf es des Zusammenspiels verschiedener Arten von Bakterien, also unterschiedlicher Spezialisten, wie Forscher des Bremer Max-Planck-Instituts schon vor Jahren zeigen konnten.

Bei solchen Vorgängen wird Sauerstoff verbraucht – unter Umständen so viel, dass eine sogenannte Sauerstoffminimumzone entsteht, ein Bereich, der sich mit einer lebensfeindlichen Wüste vergleichen lässt. Solche sauerstoffarmen Zonen erweisen sich insbesondere in der Ostsee, in die aus den Anrainerstaaten sehr viele Nährstoffe gelangen, als großes Problem. Wie wichtig die Zusammenhänge bei den Stoffkreisläufen sind, unterstreicht eine Studie,

die eine Forschergruppe um Clarissa Kart-häuser und Soeren Ahmerkamp vom Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie kürzlich im Fachjournal „Nature Communications“ veröffentlicht hat. Darin verdeutlichen die Wissenschaftler am Beispiel der Sauerstoffminimumzone im östlichen Südpazifik vor Peru – einer der größten weltweit –, was mit aus Algenresten und anderen Materialien bestehenden Teilchen geschieht, die wie Schnee im Wasser absinken.

Infolge menschlicher Aktivitäten wird das Meer mit Ammonium und Nitrat gedüngt, zwei chemischen Verbindungen, die Stickstoffatome enthalten. Dies führt zu einem starken Wachstum von pflanzlichem Plankton. Beim Abbau der irgendwann abgestorbenen Kleinstlebewesen verbrauchen Bakterien so viel Sauerstoff, dass dieser immer knapper wird. Am Ende kommt es zu sogenannten anaeroben mikrobiellen Vorgängen, das heißt zu Prozessen, bei denen Mikroorganismen Verbindungen wie Ammonium und Nitrate ohne Sauerstoff in Luftstickstoff umwandeln. Dieser kann aus dem Meer in die Atmosphäre entweichen. Das bedeutet: Einblicke in solche Vorgänge tragen nicht zuletzt dazu bei, den Nährstoffhaushalt der Meere besser zu verstehen.

Wie die Forschergruppe feststellt hat, findet einer dieser wichtigen Umwandlungsprozesse, der sogenannte Anammoxprozess, vor allem dort statt, wo im Meerwasser viele kleine Teilchen vorhanden sind, das heißt Teilchen, die etwa so breit sind wie ein Haar. Zu ihren besonderen Eigenschaften gehört, dass das kohlenstoffhaltige Material, aus dem sie bestehen, eng verklebt ist und dass sie langsamer absinken als größere Teilchen. Dadurch und durch ihre hohe Anzahl erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Bakterien auf sie treffen. Nach den Erkenntnissen der Wissenschaftler ist die Ammoniumkonzentration um die Teilchen herum deutlich erhöht. Die spezialisierten Bakterien nutzen die Verbindung zur Energiegewinnung.

Welpen verstehen Menschen

VON ANJA GARMS

Die Fähigkeit, Blicke und Gesten von Menschen zu verstehen und darauf zu reagieren, besitzen Hunde bereits im Welpenalter. So sind sie beispielsweise in der Lage, ohne vorheriges Training auf einen Fingerzeig hin verstecktes Futter zu finden. Wie eine Forschergruppe um Emily Bray von der University of Arizona in Tucson im Fachjournal „Current Biology“ erklärt, haben Gene einen Einfluss darauf, wie gut die Tiere mit Menschen kommunizieren können.

Die Wissenschaftler erforschen seit Langem die sozialen Fähigkeiten von Hunden. Dazu arbeiten sie mit einer Organisation zusammen, die Begleithunde für Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen ausbildet. In ihren Experimenten testeten die Forscher insgesamt 375 acht Wochen alte Welpen. Diese hatten die meiste Zeit ihres Lebens mit ihren Geschwistern verbracht und erst wenige Erfahrungen mit Menschen gesammelt. In einer Serie von Experimenten wurde ein Leckerli unter einem von zwei umgedrehten Bechern versteckt. Mit Rufen weckten die Wissenschaftler das Interesse der Welpen; dann zeigten sie mit dem Finger auf den Becher mit der Belohnung oder blickten einfach in die Richtung. Um auszuschließen, dass die Welpen schlicht ihrer Nase folgten, führten sie die gleichen Experimente auch ohne Hinweis durch und prüften, wie oft die Welpen die Belohnung fanden. Das Ergebnis: Gesten und Blicke brachten die Welpen auf den richtigen Weg; in den Kontrollexperimenten gelang ihnen nur Zufallstreffer.

In einem weiteren Experiment stellten die Wissenschaftler die Welpen vor eine unlösbare Aufgabe. Sie versteckten die Belohnung in einem fest verschlossenen Behälter, den die Tiere nicht öffnen konnten. Dann beobachteten sie, ob die Hunde sich zum Beispiel mit Blicken hilflos suchend an die Menschen



Auch ohne entsprechendes Training sind Hundewelpen neuen Forschungsergebnissen zufolge in der Lage, Blicke und Gesten von Menschen zu deuten. FOTO: FLORIAN SCHUH/DPA

wandten. Dies geschah nur selten. Bei erwachsenen Hunden hingegen gebe es – anders als bei Wölfen – die Tendenz, Menschen in schwierigen Situationen um Hilfe zu bitten, erläutert Emily Bray. Dass Welpen dies zunächst nicht täten, hänge vermutlich mit ihrem Entwicklungsstand zusammen.

Etwa 40 Prozent der bei den Welpen festgestellten Unterschiede beim Verständnis von Gesten lassen sich nach Darstellung der Forschergruppe mit genetischen Faktoren erklären. Dieser Aussage liefern detaillierte Kenntnisse über die Stammäume und die Verwandtschaft der Welpen zugrunde.

Methanvorkommen auf Saturnmond

VON RAINER KAYSER

Mit einem Äquatordurchmesser von gut 120.500 Kilometern ist der Saturn nach dem Jupiter der zweitgrößte der acht Planeten des Sonnensystems. Zum Vergleich: Der Äquatordurchmesser der Erde beträgt 12.756 Kilometer. Enceladus mit seinem Durchmesser von rund 504 Kilometern ist einer von inzwischen mehr als bekannten Saturnmonden und besteht nach heutigem Kenntnisstand überwiegend aus Wassereis. Forscher gehen davon aus, dass es in manchen Bereichen Bedingungen gibt, die denen vergleichbar sind, die möglicherweise zur Entstehung des Lebens auf der Erde beitragen haben. Am Südpol des Mondes schießen Fontänen aus Eispartikeln und Wasserdampf mehrere Tausend Kilometer weit ins All hinaus. Wie Wissenschaftler aus Frankreich und den USA jetzt im Fachjournal „Nature Astronomy“ erklären, sehen sie die wahrscheinlichste Ur-

rsache für das darin enthaltene Methan in Mikroben. Am Boden des unter einer dicken Eisschicht verborgenen Ozeans gebe es heiße Quellen mit einer Umgebung, in der Leben vorstellbar sei – ähnlich wie bei den sogenannten Schwarzen Rauchern am Grund irdischer Meere.

Vom Methan auf der Erde ist bekannt, dass es entsteht, wenn Mikroorganismen in einer sauerstofffreien Umgebung Materialien wie beispielsweise Pflanzenreste zersetzen. Mit Blick auf den Saturnmond Enceladus schreiben die Wissenschaftler um Antonin Affholder von der Universität PSI in Paris: „Die beobachtete Menge an Methan lässt sich nicht allein durch nicht-biologische Veränderungen des felsigen Untergrunds erklären.“ Die Forscher schätzen, dass die lebensfreundlichen Bedingungen auf Enceladus bereits seit mehreren Milliarden Jahren existieren. Wenn dort kein Leben entstanden sein sollte, bedeute das, dass es auf dem Mond bislang unbekannte Vorgänge zur Erzeugung von Methan geben müsse.

Gewalt und Prävention

In diesem Jahr begeht die Universität Bremen ihren 50. Geburtstag. Aus diesem Anlass stellen wir 50 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen vor, die an der Hochschule forschen und lehren.

VON SIMON WILKE

Rund 17.000 Frauen suchen jährlich Schutz in deutschen Frauenhäusern. Viele von ihnen kommen mit ihren Töchtern und Söhnen, sie haben häusliche Gewalt erlebt oder sind davon unmittelbar bedroht. Zehn Jahre hat Iris Stahlke in einem solchen Frauenhaus gearbeitet und in dieser Zeit ein Konzept zur Gewaltprävention in Beziehungen von Jugendlichen und jungen Erwachsenen entwickelt. Heute ist die Psychologin als Lektorin an der Uni Bremen tätig, lehrt die Fächer Sozial- sowie Arbeits- und Organisationspsychologie und schreibt an einem Handbuch zum Hilfsangebot der psychosozialen Prozessbegleitung für Ver-

letzte von Sexual- und Gewaltstraftaten. Die Forschung zur Gewalt in Teenagerbeziehungen begleitet Stahlke seit Jahren: 2018 wurde sie für eine Schrift zu diesem Thema nominiert. „Meine Erfahrung aus dem Frauenhaus war, dass diejenigen Frauen, die schon als Kind mit ihrer Mutter bei uns waren, als Volljährige wieder Schutz bei uns suchen mussten“, sagt Stahlke. Sie zog den Schluss, dass Präventionsarbeit schon sehr früh ansetzen müsse, um aus den Herkunftsfamilien bekannte Rollenmodelle und Konfliktbewältigungsstrategien zu überwinden. Dazu arbeitete sie mit Schülerinnen und Schülern, ging der Frage nach, wann Gewalt in einer Beziehung beginnt und was zu tun ist, wenn sie einem begegnet. „Ganz wichtig sind Warnzeichen, sogenannte Red Flags“, sagt Stahlke. Das könne bereits das regelmäßige Abholen von der Schule sein, die Kontrolle des Handys bis hin zum Eingesperrwerden durch den Partner.



Iris Stahlke lehrt die Fächer Sozial- und Wirtschaftspsychologie. FOTO: FOTROSELIUS

In ihrer Arbeit hat Stahlke Faktoren gemacht, die Gewalt in Partnerschaften begünstigen. Ist bereits die Partnerschaft der Eltern gewalttätig gewesen oder werden Konflikte in der Familie mit Gewalt gelöst, habe das einen Einfluss auf eigene Handlungsmuster. Auch vermeintliche Geschlechterrollen spielten eine Rolle. Kommt es zu Gewalt, rät Stahlke dazu, Distanz zum Täter herzustellen und sich Hilfe zu suchen. „Hier sind Schulsozialpädagoginnen zentral“, sagt sie, denn Opfer von Gewalt suchen oft nicht direkt eine Fachberatungsstelle auf. Der Kontakt müsse stattdessen über die Schule hergestellt werden. Und warum blickt sie dabei vor allem auf die erste Partnerschaft? „Die ist zentral, da herrscht die ganz große Verliebtheit, in der es schwerfällt, mögliche Red Flags rechtzeitig zu erkennen.“ Und natürlich könnten Erfahrungen, die in der ersten Beziehung gemacht werden, auch in die folgenden einfließen.

