



Leitkuh Alma (rechts) und ihre kleine Herde grasen auf der Brunnenkopfmalm im Ammergebirge. Die Murnau-Werdenfelser Rinder halten die Vegetation kurz und schaffen Lücken im Grasfilz, in denen zum Beispiel seltene Orchideenarten wie das Kugel-Knabenkraut (kleines Bild) wachsen können.



DER BODEN ZIEHT UM

Text: TIM SCHRÖDER

Das Klima in Bayern könnte künftig wärmer und trockener werden. Experten befürchten, dass die Böden von Wiesen dadurch an fruchtbarem Humus verlieren. Um die Folgen besser abschätzen zu können, nehmen die Forscher den Klimawandel vorweg. Sie verpflanzen Grünlandböden aus den kühlen und feuchten Bergregionen ins wärmere Flachland - und beobachten die Veränderungen. Dabei arbeiteten Wissenschaftler und Bauern Seite an Seite.

Freiluftlabor: Die Umweltforscher um Projektleiter Michael Dannenmann haben an beweideten und unbeweideten Abschnitten der Brunnenkopfmalm Wasser- und Bodenproben genommen und untersuchen diese direkt noch auf der Alm auf ihren Nährstoffgehalt.



In kleinen Bodenkernen wird auf der Brunnenkopfmalm die Nitrifikation, also die Nitratproduktion durch Bodenmikroorganismen gemessen. Die extensiv beweideten Almböden weisen so gute Filtereigenschaften auf, dass das Grundwasser nicht nitratbelastet ist.

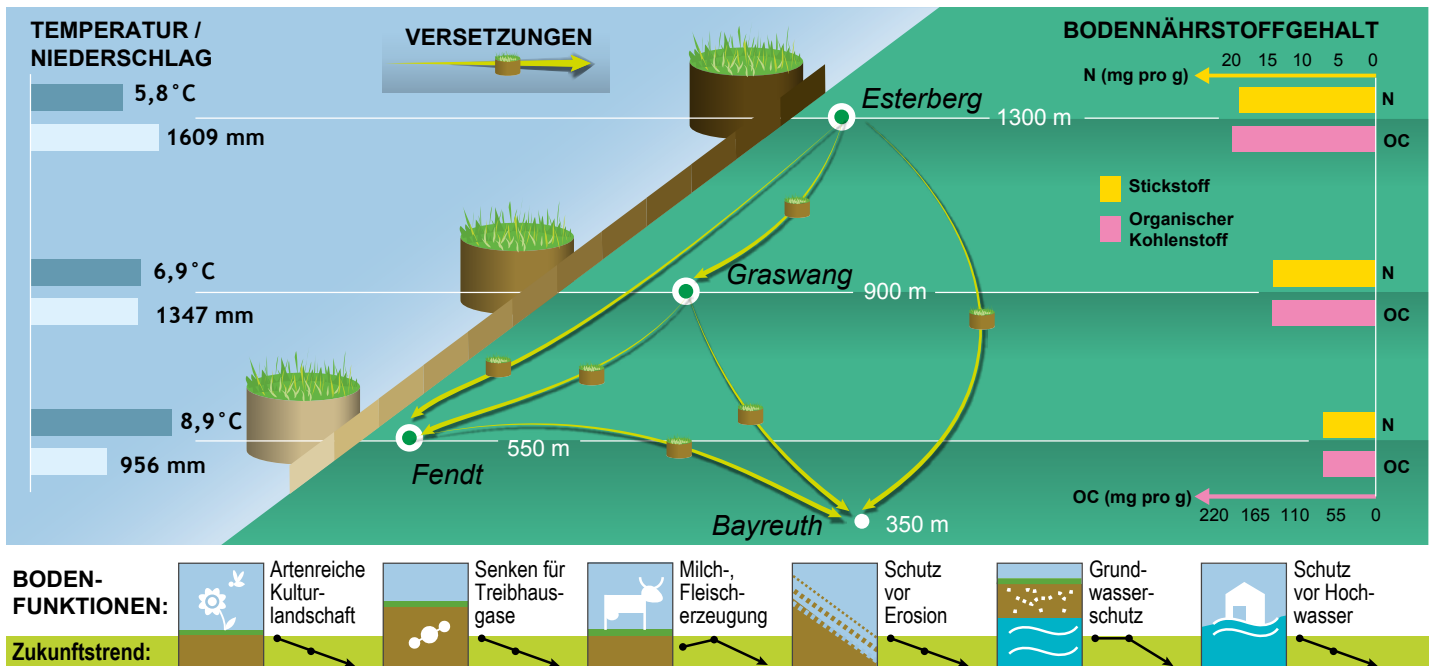
Alma ist ein ausgeruhter Typ. Wenn Michael Weiß die Kuh antreibt, dann spurt sie, ohne groß zu mucken. Und was noch wichtiger ist, die Jungtiere folgen ihr - und kommen nicht auf Abwege. Denn auf der steilen Brunnenkopfmalm könnten die unerfahrenen Rinder leicht stürzen. Alma ist 18 Jahre alt und so etwas wie eine Landschaftspflegerin. Gemeinsam mit den Jungtieren hält sie das Gras auf der Alm kurz. Sie hilft, die Blumen und Gräser auf der Brunnenkopfmalm im bayerischen Ammergebirge zu stützen und zu erhalten, was die Alm über Jahrhunderte war: eine pittoreske Wiesenlandschaft, auf der im Frühjahr die Blumen blühen.

Eine Tradition aufleben lassen

Die Brunnenkopfmalm war lange verwaist. Vor Jahrzehnten gab man die Weidewirtschaft an ihren Hängen auf - wie auf vielen anderen abgelegenen Almen. Zu beschwerlich und wenig einträglich war das Geschäft. Die Alm diente all die Jahre nur noch als Jagdrevier und drohte zu verbuschen und wieder zu Wald zu werden. Bauer Michael Weiß aus dem Dörfchen Schöffau aber will die Almlandschaft erhal-

ten; und mit ihr den Artenreichtum. Denn auf einer behutsam beweideten Alm gedeihen rund 250 Pflanzenarten. „Ich habe lange nach einer Alm gesucht, um mir einen Traum zu erfüllen“, sagt Michael Weiß. „Aber so ohne Weiteres wollten mir die Behörden kein Gebiet für die Beweidung überlassen.“ Erst als er Dr. Michael Dannenmann traf, wendete sich das Blatt.

Michael Dannenmann ist Bodenforscher am Garmisch-Partenkirchner Institut für Meteorologie und Klimaforschung, einer Außenstelle des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Dannenmann möchte herausfinden, wie der Klimawandel die Böden der bayerischen Wiesen verändert und wie sich die Bodenveränderungen auf Landwirtschaft, Artenvielfalt, Wasserqualität und Hochwasser- sowie Erosionsschutz auswirken. „Michael Dannenmann suchte eine Alm zum Beforschen und ich eine zum Beweiden“, sagt Michael Weiß und lacht. Und mit dem Ziel, Wege zur Rettung der verwaisten Almflächen vor den Folgen des Klimawandels zu erforschen, klappte es dann doch: Michael Weiß darf seine Rinder seit dem Jahr 2018 gleich auf zwei bayeri-



Ergebnisse der Boden-Umsetzungsstudie und erwartete Zukunftstrends der Bodenfunktionen, falls nicht durch klimaangepasste Bewirtschaftung gegengesteuert wird.

schen Almen weiden lassen - und Michael Dannenmann untersucht die Böden. Doch Michael Dannenmann hat nicht nur die Almen im Blick. Im Projekt SUSALPS untersucht der Bodenkundler zusammen mit Kollegen von anderen Forschungseinrichtungen gleich mehrere Standorte in Bayern, die unterschiedlich hoch gelegen sind - auf der beweideten Alm im Hochgebirge sowie auf vorwiegend gedüngten und gemähten Wiesen in mittleren Höhen und im relativ flachen Alpenvorland. „Bekannt ist inzwischen, dass sich die Alpenregion mit dem Klimawandel etwa doppelt so schnell erwärmt wie andere Regionen der Erde“, sagt Dannenmann. „Für die Zukunft erwarten wir, dass das Klima in Bayern noch deutlich wärmer wird. Wir wollen wissen, was das mit den Böden macht und welche Auswirkungen dies für den Boden und die Bewirtschaftung hat.“

Was die Almen betrifft, ergibt sich folgendes Bild: Wird es wärmer, verschiebt sich die Baumgrenze nach oben. Ohne Beweidung wachsen die vor Jahrhunderten dem Wald abgerungenen Almen immer schneller mit Büschen und Bäumen zu. Das ist auch be-

dauerlich, weil Wälder deutlich artenärmer als Wiesen sind. Hinzu kommen Probleme, die menschengemacht sind: Auf Almen, die seit vielen Jahren nicht mehr beweidet werden, haben sich längliche Gräser ausgebreitet, die kaum verrotten. Sie bilden dicke Strohmatte, die wie ein Grasdach verhindern, dass der Regen im Boden versickert. Bei Starkregen, der mit dem Klimawandel zunehmen könnte, rauscht das Wasser direkt zu Tal. Damit steigt die Gefahr von Hochwasser. An anderen Stellen reißt rutschender Schnee die schweren Grasmatten mit sich. Der Hang erodiert.

Humus schwindet bei Wärme

Für die Wiesen weiter unten erwarten die Forscher eine ganz andere Entwicklung: Die Klimaerwärmung dürfte den Böden auch dort nicht guttun, sagt Dannenmann, denn in den sich erwärmenden und trockeneren Böden dürfte der Humus schwinden. Insbesondere in kühlfeuchten Bereichen finden sich sehr große Humusmengen. Solche feuchten Böden sind schlecht durchlüftet und enthalten wenig Sauerstoff. In diesem kühlen und sauerstoffarmen Milieu können Mikroorga-

nismen abgestorbene Pflanzenmasse kaum abbauen, weil sie dazu Sauerstoff benötigen und die niedrige Temperatur ihre Aktivität hemmt. So reichern sich nach und nach die Pflanzenreste an, die wichtige Pflanzennährstoffe enthalten. Da die Pflanzenmasse nur langsam abgebaut wird, geben die humusreichen Böden die Nährstoffe nur langsam frei - und zwar in genau jenem Tempo, wie nachwachsende Jungpflanzen sie benötigen. Viele bayerische Grünland-Böden wurden über Jahrhunderte mit Mist gedüngt. Die Einstreu verrottete nur teilweise, reicherte sich in den feuchten Böden an und trug zur Humusbildung bei.

„Dass wir in Bayern teils Böden finden, die so reich an Pflanzennährstoffen sind, liegt also an der jahrhundertelangen klassischen Düngung“, sagt Dannenmann. „Im Grunde hat man eine für die Graspflanzen ideale Nährstoffreserve aufgebaut, die im feuchten und kalten Boden konserviert wurde.“ Mit dem Klimawandel könnte diese Reserve verloren gehen, denn in wärmeren Böden können nun jene Mikroorganismen verstärkt aktiv werden, die Humus abbauen. Nährstoffe gehen so für die Milch- und Fleischproduktion

VORAUSSAGEDACHT

In zehn Jahren wollen wir unser neues Verständnis zur Reaktion der Grünlandböden auf den Klimawandel in Form von klimaangepasster Bewirtschaftung in die Praxis übertragen sehen. Hierfür entwickeln wir u. a. Entscheidungshilfesysteme für Landwirte, die sich auf dem Smartphone betreiben lassen.

MICHAEL DANNENMANN
Umweltforscher am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



Im TERENO-Observatorium Fendt messen Roboter an Bodensäulen aus verschiedenen Höhenlagen, welche Treibhausgase ihre Mikroorganismen freisetzen.



Je mehr Regenwürmer im Erdreich leben, desto besser ist dessen Qualität. Daher erfassen die Umweltforscher in ihren Studien zur Veränderung des voralpinen Grünlandes auch die Zahl und den Artenreichtum der wertvollen Bodenorganismen.

aus der Grünlandwirtschaft verloren. Viele Bauern in Bayern düngen ihre Wiesen mit Gülle. „Doch mit dem Klimawandel werden nach unseren Untersuchungen mehr Nährstoffe verloren gehen, als man durch Düngung aufbringen kann“, sagt Dannenmann. „Dies ist nicht das einzige Problem - Verlust an Bodenhumus bedeutet gleichzeitig erhöhte Emission von Treibhausgasen aus den Böden, verringerte Boden-Filterkapazität für Schadstoffe und somit die Gefahr von Gewässerverunreinigungen z. B. durch Nitrat.“ Zudem könne ein Boden mit weniger Humusgehalt weniger Wasser aufnehmen und verlore somit seine Funktion für den Hochwasser- und Erosionsschutz. Der Klimawandel gefährdet also die wichtigsten Bodenfunktionen der voralpinen Weiden und Wiesen.

Neue Heimat für Gebirgsböden

Dass er die Zukunft der Böden so gut abschätzen kann, ist einer enormen Anstrengung zu verdanken. Zusammen mit vielen Kollegen hat er Böden gewissermaßen umgesiedelt, Böden in höheren Lagen ausgegraben und sie in tiefe Lagen verfrachtet. Damit nimmt er den Klimawandel ein Stück

weit vorweg. Denn oben ist es kälter. Wer einen Boden von oben einige Hundert Höhenmeter weiter talwärts einpflanzt, simuliert folglich ein wärmeres und trockeneres Klima. Der Aufwand war immens, denn das Ausgraben der Bodenproben hatte es in sich. Die Forscher trieben mehr als 800 etwa 30 Zentimeter breite Kunststoffrohre einen halben Meter tief in den Boden und stanzten so wie mit einem Stechheber das Material aus. Dann buddelten sie die Rohre frei, um sie an anderer Stelle mitsamt ihrem Inhalt in wärmeren Boden zu setzen. „Wir können damit sehr gut messen, wie sich der Boden entwickelt“, sagt Dannenmann. „Zum einen, wie er auf das wärmere Klima weiter unten reagiert, zum anderen, welche Art, Menge und Form der Düngung im Klimawandel geeignet ist, den Humus und damit die Bodenfunktionen zu erhalten.“ Manche der verpflanzten Rohre sind in vier verschiedenen Tiefen mit kleinen Schläuchen ausgestattet, die Wasser absaugen, das im Boden versickert. Die Forscher können so analysieren, wie viel Wasser in den Boden eindringt und wie sich die Konzentration an Nährstoffen verändert. Lysimeter nennen Experten solche Anlagen.



Die Gülle, mit der die Wissenschaftler den Boden in den Lysimetern düngen, ist mit stabilen Stickstoffisotopen angereichert. Mit deren Hilfe können die Umweltforscher genau verfolgen, welcher Anteil der Gülle von Pflanzen aufgenommen wird und was mit dem Rest in der Bodensäule geschieht.

Darüber hinaus konnten Michael Dannemann und Kollegen auf mehrere Dutzend Großlysimeter zurückgreifen, die bereits vor dem Start von SUSALPS im Helmholtz-Großprojekt TERENO an verschiedenen Stellen in Bayern und Deutschland in den Boden eingelassen worden waren. Diese Großlysimeter sind mehr als drei Tonnen schwer und stecken voll mit Messinstrumenten. 800 kleine und viele große Lysimeter liefern eine Unmenge an Daten, die zunächst einmal ausgewertet werden müssen.

Die Ergebnisse dieser Analysen sind nicht nur für Michael Dannemann und viele REKLIM-Wissenschaftler eine wahre Fundgrube. Auch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) nutzt sie. „Wir betreiben seit 30 Jahren in Bayern Boden-Dauerbeobachtungsflächen, die wir alle fünf Jahre auf Veränderungen, insbesondere hinsichtlich Humus, untersuchen“, sagt Martin Wiesmeier vom LfL-Institut für ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz. „Die Arbeiten aus SUSALPS ergänzen diese Flächen sehr gut, da sich in den verpflanzten Bodenkernen die Auswirkungen des Klimawandels sehr viel besser untersuchen lassen als unter

normalen Bedingungen. Veränderungen von Humusmengen in Böden lassen sich ansonsten nur mit großem Aufwand und nach sehr langen Zeiträumen eindeutig nachweisen.“

Zurück zum Misthaufen?

Für Martin Wiesmeier stellt sich die Frage, wie sich der Klimawandel und die Bewirtschaftung auf den Boden auswirken und welche Empfehlung man Landwirten künftig für eine klimaangepasste Nutzung geben kann. „Von unseren eigenen Beobachtungsflächen wissen wir, dass die Böden durch den Klimawandel und die Bewirtschaftung nicht überall an Humus verarmen. Dort, wo dies der Fall ist, muss man aber eventuell durch Düngung gezielt gegensteuern.“ Sicher sei,

dass vor allem mineralischer Kunstdünger wenig effizient sei. Er werde leicht aus dem Boden ausgewaschen oder verflüchtigt sich als Ammoniak und in Form des starken Treibhausgases Lachgas. Gülle setze Nährstoffe etwas langsamer frei, sei aber auch kein dauerhafter Nährstoffspeicher. „Es ist gut möglich, dass man mit dem Klimawandel in manchen Gebieten tatsächlich wieder auf Stallmist umsteigen sollte, um die Verarmung der Böden aufzuhalten“, zieht Martin Wiesmeier eine Zwischenbilanz. Und damit hieße es für manche Regionen „zurück zu den Wurzeln“. So ähnlich, wie Michael Weiß es macht, der auf der Brunnenkopfmalm die Beweidung wiederaufleben lässt - eine Jahrhunderte alte Tradition.

KOMPAKT

- Im Zuge des Klimawandels wird es auch in Bayern künftig wärmer werden. Die Böden von Weiden und Wiesen könnten dadurch wertvollen Humus verlieren. Die Düngung und Beweidung müssen daran angepasst werden.
- Um die Folgen des Klimawandels für die Böden schon heute vorhersehen zu können, wurden Böden aus kühlen Höhenlagen in wärmere, tieferliegende Gebiete verpflanzt. Die Veränderungen werden im Detail untersucht.
- Mit der Erwärmung wird sich die Baumgrenze weiter nach oben verschieben. Artenreiche Almen könnten verwalden. Deshalb wird erforscht, wie sich die Beweidung von Almen im Sinne des Landschaftsschutzes fördern lässt.