

Der Acker als Mine

PHYTOMINING: Mit Pflanzen Seltene Erden und andere strategisch wichtige Elemente umweltfreundlich aus dem Boden zu gewinnen, klingt verlockend. Aber ist das Verfahren auch wirtschaftlich?



VON KLAUS SIEG

Die Technische Universität Bergakademie Freiberg blickt auf eine lange, vom Bergbau in der Region geprägte Geschichte zurück. Doch nun soll hier der Bergmann ersetzt werden – und zwar durch Pflanzen. Phytomining heißt das Zauberwort. „Wenn das Verfahren wirtschaftlich angewendet wird, könnten wir mit Phytomining einen Großteil unseres Bedarfs an Seltenen Erden und anderen strategisch wichtigen Elementen in Deutschland decken“, ist der Geochemiker Oliver Wiche vom Institut für Biowissenschaften überzeugt.

Phyto kommt aus dem Griechischen und bedeutet Pflanze. Mit ihren Wurzeln zieht diese die gewünschten Elemente aus dem Boden und nimmt sie auf. Aus der Pflanze wiederum lassen sich mit verschiedenen Methoden die Elemente für eine industrielle Nutzung gewinnen. Dafür die wissenschaftlichen Voraussetzungen zu schaffen, ist das Ziel der Forschungen von Wiche und seinem Team, die zudem mit Fachleuten der Deutschen Saatveredlung AG kooperieren.

Angewendet wird Phytomining bisher kaum irgendwo auf der Welt, ebenso selten wird dazu geforscht. Obwohl man so Seltene Erden und andere wichtige Elemente ohne die sonst häufig katastrophalen Folgen für Mensch und Umwelt gewinnen könnte. In China etwa, dem mit 70 % weltweiten Hauptproduzenten Seltener Erden, verursacht deren Gewinnung im Tagebau Verwüstung, radioaktive Belastung sowie Verteilungen durch den Landschaftsverbrauch. Und was

ist, wenn die zweitgrößte Volkswirtschaft der Welt beschließt, die Vorkommen nur noch für sich selbst auszubauen?

Phytomining dagegen kann belastete Böden sogar entsorgen. So ließen sich auch Äcker wieder bewirtschaften, deren Bebauung sich sonst nicht lohnen würde. In Albanien zum Beispiel wird an den Ufern des Orchidsees Nickel aus Pflanzen gewonnen, die auf kargen und belasteten Böden gedeihen.

Aber wie funktioniert Phytomining überhaupt? Gräser zum Beispiel suchen mit ihren Wurzeln im Boden nach Silizium. Der Elementhalbleiter fördert ihr Wachstum, stärkt Stängel und Blätter. Vor allem aber dient er als Fressschutz. Zu spüren sind die Ablagerungen von Silizium an der rauhen, häufig scharfen Oberfläche eines Grashalmes, an der man sich sogar schneiden kann.

Silizium aber ist als zweithäufigstes Element der Erdkruste ausreichend vorhanden. Anders verhält es sich mit Germanium, das immer mehr Anwendung in der Technik findet – zwar in klei-



Biogasanlage: Durch Fermentation von Biomasse entsteht nicht nur wertvolles Methan. Es erhöht sich auch der Gehalt wirtschaftlich interessanter Elemente in der Trockenmasse der Pflanzen – und damit die Ausbeute des Phytominings. Foto: Martin Egbert

Nicht jede Pflanze nimmt auch jedes Element auf. Als besonders produktiv bei der Gewinnung von Germanium gilt Rohrglanzgras, wohingegen Farne und Buchweizen sich bei Seltenen Erden hervortun. Auf einer Versuchsfläche haben Wiche und sein Team deshalb verschiedene Sorten Rohrglanzgras angepflanzt. In einem Massenspektrometer analysieren sie, welche Genotypen mehr Germanium speichern und welche vielleicht Seltene Erden. Von diesen Ergebnissen ausgehend, züchten die Experten der Deutschen Saatveredlung AG

Geochemiker Oliver Wiche ist überzeugt, dass Phytomining den Großteil des Bedarfs an Seltenen Erden und anderen strategisch wichtigen Elementen in Deutschland decken könnte. Foto: Martin Egbert

nen Mengen, doch unverzichtbar etwa bei der Herstellung von Infrarotsensoren, Strahlenschutzgeräten, Glasfaserkabeln oder Handylaptops.

„Germanium ist dem Silizium chemisch sehr ähnlich.“ Oliver Wiche zeigt auf zwei der hellgrünen Quadrate auf der Tafel des Periodensystems der Elemente über seinem Schreibtisch. „Da die Gräser wahrscheinlich nicht unterscheiden können zwischen den Elementen, nehmen sie neben dem Silizium auch Germanium auf.“ So kann es sich auch mit anderen gewünschten Elementen verhalten, etwa mit Lanthan, Cerium, Neodym, Cadmium oder Nickel.

„Wir schauen auf das gesamte Spektrum der Elemente, um alle eventuellen Nutzungen im Blick zu behalten und eine Wirtschaftlichkeit zu erreichen“, erklärt Wiche. Ob die Pflanzen diese Elemente neben den für sie notwendigen Nährstoffen als ungenutztes Nebenprodukt fördern, sozusagen aus einem Irrtum heraus, oder ob diese doch eine Funktion für sie erfüllen, ist ebenfalls Teil der Fragestellung fürs Forschungsteam.

besonders tüchtige Phytominer. Mittlerweile bauen sie auf dem Gelände der Saatgutveredlung 80 Sorten Rohrglanzgras an. Die Pflanze hat den züchterischen Vorteil, dass sie sich über Triebe vermehrt, die genetisch vollständig der Mutterpflanze gleichen.

Auch Germanium kommt in fast allen Böden dieser Welt vor, jedoch nur in winzigen Mengen und in unterschiedlichen Konzentrationen. Oliver Wiche zeigt jetzt auf den Atlas für geochemische Vorkommen, der auf seinem Schreibtisch liegt. Der Durchschnittsgehalt von Germanium in der Erdkruste beträgt in etwa 1,5 g/t. In Freiberg sind es 2 g/t bis 5 g/t, in Norwegen immerhin bis zu 15 g/t. Weil es bis zu 2 m tief wurzelt, kommt das Rohrglanzgras auch an tiefer gelegene Vorkommen.

„Trotzdem lacht der Bergmann natürlich über solche Mengen“, weiß Wiche. Umso wichtiger ist es herauszufinden, wie viel Germanium der jeweilige Pflanzgenotyp speichern kann. Wiche und sein Team konnten Genotypen ausmachen, die das Dreifache anderer Rohrglanzgraspflanzen anlagern konnten. Das lässt sich züchterisch nutzen. Trotzdem beträgt die Menge angelagerter Germaniums nur wenige Milligramm pro Kilogramm getrocknete Biomasse.

Deshalb ist es so wichtig, eine möglichst hohe Ausbeute zu erreichen. Zum einen gibt es dafür die Möglichkeit, die Trockenmasse zu verbrennen. Dabei wird die Konzentration um den Faktor 10 bis 40 erhöht. Die andere Möglichkeit ist die Fermentation in einer Biogasanlage. Dabei liegt die Konzentration mit 40 % bis 60 % im Vergleich zur eingesetzten Biomasse deutlich unter der bei der Verbrennung. Doch der Weg durch die Biogasanlage hat einen anderen entscheidenden Vorteil: Das dabei gewonnene Methan und die als Dünger verwendbaren Gärreste erhöhen die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Herausgefunden hat das Diplomingenieur Erik Ferchau mithilfe seiner drei Forschungsfertiger, die im Keller des Freiburger Instituts stehen und mit 24 l kaum größer als eine Wäscheschüssel sind. Plastikschläuche schlingen sich zwischen Fermentern, Gaszählern, anderen Messgeräten und Filtern. Eine Lüftung brummt. Heizdecken, die um die am Institut entworfenen Minianlagen gewickelt sind, sorgen für die notwendige Prozesswärme von 35 °C bis 38 °C.

Auf den Regalen des Versuchsraumes stehen Gläser und Dosen mit Proben von Substraten, die Ferchau getestet hat: Kaffeesatz, Wildblumen, Algen, Seifenwasser – und natürlich getrocknetes Rohrglanzgras, mit dem er alle diese Stoffe zusammen gemischt hat, wobei die Kombination mit Gülle oder Kaffeesatz zu den besten Ergebnissen führte. Vom Rohrglanzgras als Substrat ist Fer-



In den Bioreaktoren erfolgt die mikrobielle Laugung von Erzen. Doktorand Benjamin Monneron-Enaud von der TU Freiberg sorgt mit dafür, dass die Elemente in Lösung gebracht und anschließend abgetrennt werden. Foto: Martin Egbert



Pellets aus Rohrglanzgrasheu: Das Gras gilt als sehr produktiv bei der Gewinnung von Germanium, Farne und Buchweizen hingegen eher bei Seltenen Erden. Foto: M. Egbert

überzeugt. „Es wächst auf nährstoffarmen Böden, ist mehrjährig und lässt sich zweimal im Jahr ernten“, sagt Ferchau, der auch Vorstand im Sächsischen Netzwerk Biomasse ist. „Zudem lässt es sich bestens auf wiedervernässten Mooren anbauen, die dadurch weiterhin wirtschaftlich genutzt werden können.“

Aber genügt auch der Ertrag an Biogas? Ferchau nickt. Mit 520 l bis 575 l/kg Trockenmasse liegt die Ausbeute an Biogas nicht allzu niedrig unter dem von Mais mit 650 l bis 700 l. Auch der mittlere Methangehalt von 60 % ist zufriedenstellend. Ferchau musste bei seinen Versuchen zwei Ziele vereinbaren. Einerseits wollte er das Substrat so zusammensetzen, dass es einen möglichst hohen Methanertrag erzielt. Auf der anderen Seite sollte soviel Rohrglanzgras in den Fermenter wie möglich, um die Ausbeute an Seltenen Erden und Germanium zu steigern.

Auch was die Verweildauer des Substrates angeht, muss bei der Verwendung von Phytominern in der Biogasanlage zwischen zwei Zielen abgewogen werden. Je länger das Rohrglanzgras im Fermenter verweilt, desto höher die Konzentration der gewünschten Elemente. Andererseits sinkt mit der Zeit der Ertrag an Biogas. Ferchau hat seine Experimente deshalb mit einer Verweildauer von jeweils 30 bis 40 Tagen durchgeführt.

Oben im Labor bekommt derweil Oliver Lücke von einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin einen Zettel mit einer Zahl gereicht. „Das haben wir jetzt wirklich nicht für Ihren Besuch gestellt“, sagt Wiche und lacht. 71 % steht auf dem Zettel. So viel des in den Gärresten enthaltenen Germaniums konnten die Mitarbeiter bei ihren letzten Versuchen gewinnen. „Das ist eine wirklich sehr gute Zahl, die uns nicht vor unser Ziel von 80 % bringt.“

Ermöglicht hat diesen Erfolg die Nutzung des sogenannten Bio-Leaching. Dabei werden bestimmte Bakterienstämme zu Hilfe genommen, die das Germanium und andere gewünschte Elemente aus den Gärresten lösen.

Die Biogasanlage der Zukunft könnte dieses Verfahren in einem zweiten Fermenter mit diesen Bakterienstämmen nutzen – und damit zur Mine werden. Diese Doppelnutzung könnte zur Wirtschaftlichkeit von Phytomining beitragen. Eine 2016 veröffentlichte Wirtschaftlichkeitsstudie geht davon aus, dass sich Phytomining zur Gewinnung von Germanium ab einer Konzentration von 10 mg/kg Trockenbiomasse und einer Verdoppelung des Marktpreises lohnt. Zurzeit kostet 1 kg Germanium rund 1900 €. Beim Erscheinen der Studie waren es noch 300 € weniger. Das ist jedoch längst keine Verdoppelung. Auch lag einige Jahre davor der Preis mit 2400 € schon einmal deutlich höher.

Fachleute rechnen aber mit einer erheblichen Steigerung der Nachfrage, vor allem aufgrund des Ausbaus von Glasfasernetzen, und somit auch mit einem deutlichen Anstieg der Preise. Trotzdem wird Phytomining zusätzliche Einnahmequellen durch Biogas und die Gewinnung weiterer Elemente aus den Gärresten brauchen. Die sind vorhanden. Oliver Wiche und sein Team konnten in Rohrglanzgras bis zu 2,8 mg Seltene Erden pro Kilogramm Trockenbiomasse nachweisen.

Aber gäbe es überhaupt genug Anbauflächen für Phytomining? Die weltweite Produktion von Germanium lag 2020 bei gerade einmal knapp 140 t. Das klingt nach wenig. Angesichts von nur einigen Gramm Ertrag pro Hektar aber auch wieder nicht. Die Nutzung von Phytomining-Pflanzen in einer Biogasanlage erlaubt auch bei dieser Frage einen neuen Blick.

Mais zum Beispiel lagert ebenfalls Silizium an – und somit auch Germanium. Ausgehend von 10 t Trockenbiomasse Mais pro Hektar hält Oliver Wiche einen Ertrag von 5 g bis 8 g Germanium auf einen Hektar Mais für möglich. 2021 wurden nach Angaben der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe 80000 ha Mais für Biogasanlagen angebaut. Wenn jeder Hektar nur 5 g Germanium ergibt, wären das schon mal fast 4,5 t. Dafür muss ein Bergmann schon einige Male einfahren.

Foto: Martin Egbert