

# Es geht rund im Schülerlabor

Circular Economy vermitteln



## Impressum

1. Auflage  
ISBN 978-3-946709-11-4  
©LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V., 2024

### Redaktion

Olaf J. Haupt

### Gestaltung

Ulrike Heinichen, grafitypus.de

### Fotos

Sofern nicht anders angegeben LernortLabor  
Titelseite: Adobe Stock/Liza  
Rückseite: Adobe Stock/Мария Фадеева

### Druck

WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

Printed in Germany 2024  
Alle Rechte vorbehalten!

### Verlag

LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V.  
Geschäftsstelle  
Tentenbrook 9  
24229 Dänischenhagen  
Telefon + 49 (0)4349 7992971  
E-Mail [office@lernortlabor.de](mailto:office@lernortlabor.de)  
[www.lernortlabor.de](http://www.lernortlabor.de)

### Herausgeber

LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V.  
Geschäftsstelle  
Tentenbrook 9  
24229 Dänischenhagen  
Telefon + 49 (0)4349 7992971  
E-Mail [office@lernortlabor.de](mailto:office@lernortlabor.de)  
[www.lernortlabor.de](http://www.lernortlabor.de)

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Telefon + 49 (0)431 880 5084  
E-Mail [info@leibniz-ipn.de](mailto:info@leibniz-ipn.de)  
[www.ipn.uni-kiel.de](http://www.ipn.uni-kiel.de)

Weitere Publikationen aus dem Eigenverlag von LernortLabor finden Sie unter [www.lernortlabor.de](http://www.lernortlabor.de).

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Diese Veröffentlichung wurde unterstützt mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU).



# Rohstoffretter und Recycler der Zukunft-HELDEN

Ziel des Projektes „Helden – Rohstoffretter und Recycler der Zukunft“ ist es, den nächsten Generationen Problematiken und Lösungsansätze für unsere Gesellschaft und Wirtschaft im Wandel nahezubringen und sie zu motivieren, sich hier auch zu engagieren. Mit dem Projekt soll in Schülerlaboren ein Programm mit partizipativem Bildungsformat für Schülerinnen und Schüler gestaltet und über das Leitthema Circular Economy (CE) aufgeklärt werden. Im Speziellen soll über den Rohstoff Gips in seinen Varianten als regional gewonnener Naturgips und als aus dem Gebäuderückbau gewinnbarer Sekundärrohstoff informiert werden, sodass insbesondere eine Bewusstseinschärfung und Sensibilisierung primär bei jungen Erwachsenen ermöglicht wird, die zu einer längerfristigen Verhaltensänderung im gesamtgesellschaftlichen Kontext für eine nachhaltige Transformation unserer Gesellschaft hin zu einer Circular Society beitragen.

## Änderung der Rohstoffbasis von Gips durch den Kohleausstieg

Gips ist ein unverzichtbarer Baustoff, der primär abgebaut oder aus Nebenprodukten und Abfällen zurückgewonnen werden kann. Der Abbau primärer Gipslagerstätten erfolgt häufig in Tagebauen, die allerdings z. T. schützenswerte Biosphären-Reservate tangieren. Hauptgipsquelle war in den letzten Jahrzehnten daher der bei der Kohleverstromung als Nebenprodukt anfallende REA-Gips. Lag die Fördermenge an Naturgips und Anhydritstein im Jahre 2016 bei 4,7 Mio. Tonnen in Deutschland, fielen im gleichen Zeitraum durch Rauchgasentschwefelungsanlagen etwa 6,5 Mio. Tonnen REA-Gips an. Bei einem derzeitigen Gipsmix in Deutschland von etwa 45 % Naturgips, 55 % REA-Gips und derzeit noch weniger als 5 % Recycling-Gips (RC-Gips), leistet der anfallende REA-Gips einen wesentlichen Beitrag zur Schonung natürlicher Gipsvorkommen und zur Bewahrung



wertvoller Ökosysteme [2, 6]. Mit der Verabschiedung des Energiekonzeptes der Bundesregierung im Jahr 2010 wurde der Grundstein für einen Wandel in der deutschen Energiepolitik gelegt [1]. Durch den geplanten Ausstieg aus der Kohleverstromung wird das Angebot an Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen in der bisherigen Form weitestgehend wegfallen [2]. Es ist davon auszugehen, dass die Menge des in Rauchgasentschwefelungsanlagen entstehenden REA-Gips bis spätestens 2038 auf 1 Mio. Tonnen oder weniger zurückgeht [1 bis 3]. Unter Berücksichtigung der perspektivischen Entwicklung der Baubranche ist davon auszugehen, dass im Vergleich zum Jahr 2016, im Jahr 2035 zwischen 70 % und 100 % mehr Naturgips und Anhydritstein gefördert oder über RC-Gips ersetzt werden müssen [2]. Dies entspräche etwa 3,6 bis 4,5 Mio. Tonnen jährlich. Da bisher lediglich 5 % des Potentials an Gips dem stofflichen Gipsrecycling zugeführt werden konnten, ist hier noch ein erhebliches Potential zu heben, auch wenn der Wegfall an REA-Gips nicht allein mit RC-Gips zu decken sein wird [2, 7].

## Anwendung und Aufbereitung von Gips

Als Gips bezeichnet man Calciumsulfat-Dihydrat, welches in seinen Hydratationsstufen sowohl natürlich als auch als das Produkt aus industriellen Prozessen vorliegen kann [4]. Gips gilt dabei als wichtiger Werkstoff für moderne und flexible Baulösungen für Wände, Decken und Böden in Wohnhäusern und Wirtschafts-

gebäuden. Aufgrund der Trennung von tragendem, beständigem Rohbau und zeitgemäßem Innenausbau ermöglicht der Werkstoff Gips die bestehende Gebäudesubstanz individuell anzupassen und zu gestalten [4, 5]. Der bergbaulich gewonnene Gips wird im industriellen Prozess zunächst einer mechanischen Zerkleinerung unterzogen. Im Anschluss findet das Austreiben des Kristallwassers, die Calciniierung, statt. Hierdurch wird aus dem ursprünglichen Gipsstein ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ein Halbhydrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ ). Das entstandene Halbhydrat wird im Handel in Pulverform angeboten. Bei dem Anmischen mit Wasser wird der zuvor durchgeführte Calciniierungsprozess umgekehrt, ein Teil des Anmischwassers wird im Zuge der Hydratation als Kristallwasser eingelagert, wodurch wieder der ursprüngliche Gipsstein entsteht. Dieser Prozess ist theoretisch beliebig oft wiederholbar, weshalb Gips als nachhaltiger Rohstoff betrachtet werden kann. In der praktischen Umsetzung stellen sich für einen kontinuierlichen Kreislauf des Gipses jedoch einige Herausforderungen. Diese werden in erster Linie durch Fremdstoffe und Verunreinigungen hervorgerufen, welche eine aufwendige Aufbereitung von Abbruchgips erfordern. Auf Grund der bisher leichten und relativ kostengünstigen Verfügbarkeit von REA-Gips, wurde eine solche Aufbereitung bisher nur in sehr begrenztem Umfang durchgeführt. Mittlerweile kann konstatiert werden, dass Sekundärrohstoffquellen vorhanden sind, es fehlt nun aber an qualifiziertem Personal/Nachwuchs, der sich der Problematik widmet.

## Angebotenes Programm im Projekt „Helden“

An dieser Stelle setzt das Projekt „Helden“ an. Es zielt darauf ab, Schülerinnen und Schülern die Problematik aber auch die Technik für Lösungen im Rahmen einer Circular Economy in drei aufeinander aufbauenden Teilen näher zu bringen und ist für Klassen- bzw. Kursgrößen konzipiert. Der erste Teil vermittelt einen Einstieg in die zu behandelnde Thematik. Hierbei werden mit modernen Lehrmethoden die notwendigen Grundlagen vermittelt. Diese beinhalten eine Einführung in den gesellschaftlichen Kontext und behandeln insbesondere das Thema des Kohleausstiegs und den damit verbundenen Wegfall von REA-Gips. Im wei-

teren Verlauf wird vertieft auf Gips als Gestein und den Gipskreislauf eingegangen, wobei relevante Kennzahlen vermittelt werden sollen. Der dritte theoretische Abschnitt beinhaltet die Vermittlung von Wissen über die in der Verarbeitung angewendeten Maschinen und Anlagen und deren Wirkweise. Hierbei wird insbesondere auf relevante verfahrenstechnische Begriffe, Kenngrößen und Zusammenhänge eingegangen. Der theoretische Abschnitt endet mit einer Sicherheitsunterweisung und einer Einteilung in Gruppen für die Durchführung der praktischen Versuche. Zur Darstellung der Unterschiede zwischen der Aufbereitung von Primärgips und Sekundärgips stehen zwei Materialien zur Verfügung, wobei jeweils eine Gruppe ein Material bearbeiten soll. Die Ge-

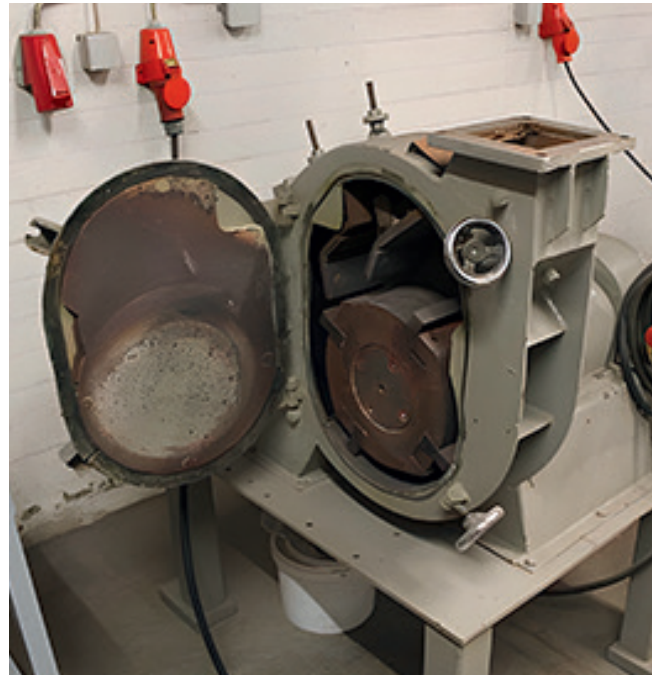


Schema der Nutzung des Gipses

Foto: Eigene Darstellung

staltung der praktischen Versuchsreihen ist dabei so geregelt, dass es zu keinen Wartezeiten kommt.

Die grundsätzliche Vorgehensweise für die praktischen Versuche wird anhand eines Naturgipses beschrieben, welcher von einem lokalen Steinbruch zur Verfügung gestellt wurde. Der Gipsstein wird zunächst in einem Backenbrecher vorzerkleinert. Gips hat eine Mohshärte von 2 und ist damit recht gut zu zerkleinern. Der spezifische Energiebedarf für die Zerkleinerung von Gips kann mittels Bond Index bestimmt werden. Für die weitere Zerkleinerung werden zwei grundsätzlich verschiedene Aggregate betrachtet. Die Probe wird zunächst mittels Riffelteiler geteilt, um repräsentative Proben zu erzeugen. Die erste Hälfte wird in einem Backenbrecher mit einstellbarer Spaltweite energetisch schonend zerkleinert. Aufgrund weniger bewegter Teile verbraucht der Brecher vergleichsweise wenig Energie und trägt so zu einem geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei. Hier ist jedoch auch der Durchsatz stark begrenzt. Die zweite Probe des Materials wird mittels einer schnelllaufenden Prallmühle zerkleinert. Aufgrund hoher Rotorgeschwindigkeiten benötigt eine Prallmühle deutlich mehr Energie, erreicht jedoch auch einen deutlich höheren Durchsatz als ein Backenbrecher. Bei diesen Versuchen soll das wichtige Denken vermittelt werden, dass bei industriellen Prozessen neben einer möglichst geringen ökologischen Belastung auch stets die Wirtschaftlichkeit eine Rolle spielt. Der direkte Vergleich zwischen beiden Verfahren wird im Anschluss über eine Siebanalyse untersucht. Die Siebmaschine verfügt über zwei übereinander gelegte Siebroste,



*Prallmühle für die Zerkleinerung von weichem bis mittelhartem Material, das erreichbare Zerkleinerungsverhältnis beträgt 4 – 10.*

Foto: tu-clausthal.de

wodurch 3 Fraktionen erzeugt werden können. Anhand der quantitativen Anteile von Unterkorn und Überkorn sollen so die unterschiedlichen Betriebsweisen von Backenbrecher und Prallmühle verdeutlicht werden. Um den Gipskreislauf weiter zu vervollständigen, wird das Überkorn im Anschluss mittels einer Laborstammühle auf weniger als 100 Mikrometer zerkleinert. Die so entstandenen Fraktionen werden homogenisiert. Aus dem homogenisierten Material wird eine Teilprobe gezogen und im Anschluss einer Calcination im Muffelofen unterzogen, um den letzten Schritt der Prozesskette nachzubilden. Durch ein anschließendes Anmischen mit Wasser und ein damit verbundenes Abbinden wird der Gipskreislauf geschlossen. Die entsprechenden Versuche

sollen von der zweiten Gruppe für einen simulierten RC-Gips durchgeführt werden. Hierzu wird Halbhydrat aus dem Baumarkt verwendet, welches beim Anmischen mit simulierten gesundheitsunbedenklichen Verunreinigungen wie Holzstücken und Verpackungsresten versetzt wurde. Bei der Bearbeitung des RC-Gips wird auffallen, dass sowohl der Durchsatz als auch die Reinheit der erzeugten Siebfractionen stark abnehmen wird. Die Verunreinigungen können nach dem Abbinden an der Struktur und Farbe des erzeugten Produkts erkannt werden.

An diesen praktischen Teil schließt sich als dritter Programmabschnitt eine Präsentation und Diskussion der Ergebnisse an. Nach einem Austausch über die Beobachtungen sollen von mehreren Gruppen Kurzvorträge zu drei Teilbereichen mit einer Dauer von maximal sechs Minuten gehalten werden. Der Vortrag zum ersten Teilbereich soll eine Zusammenfassung der verfahrenstechnischen Ansätze geben. Hierzu soll insbesondere auf die unterschiedlichen Beobachtungen zwischen Backenbrecher und Prallmühle eingegangen werden. Hierdurch soll das Interesse an verfahrenstechnischen Prozessen und das Erlernen einer präzisen Art der Ergebniswiedergabe gefördert werden. Der zweite Vortrag befasst sich mit dem direkten Unterschied zwischen den beiden Materialien. Dabei soll insbesondere auf Komplikationen, welche durch die Verunreinigungen hervorgerufen wurden, eingegangen werden. Das Ziel hierbei ist es, eine Sensibilisierung zu schaffen, dass jedes Material ein anderes Verhalten aufweist, worauf flexibel reagiert werden muss. Weiterhin sollen mit Hilfestellung Lösungs-

vorschläge für ein Entfernen der Fremdkörper entwickelt werden. Hierbei soll der Fokus auf einer Vermeidung von Verschleppungen von Verunreinigungen liegen. Der dritte Vortrag behandelt ebenfalls mit Hilfestellung den gesamtgesellschaftlichen Kontext und soll dabei insbesondere auf Lösungsvorschläge zur Vermeidung von Rohstoffengpässen eingehen. Über die Unterteilung in drei Gruppen soll so die Möglichkeit gegeben werden, die jeweiligen Interessen zu abzudecken und persönliche Stärken einzusetzen.

#### Literatur

- [1] Der Rohstoff Gips im Wandel der Zeit. unter dem Gesichtspunkt erneuerbarer Energien, Demmich, J. u. Schmitt, H., Hannover 2017
- [2] Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland, Basten, M., Berlin 2019
- [3] Umweltverträgliche Alternativen zum Abbau von Naturgips. Gutachten:, Alwast, H., Berlin 2020
- [4] GIPS-Datenbuch, Bundesverband der Gipsindustrie e. V., Berlin 2013
- [5] Radeloff, D.: Herstellung und Entsorgung von Gipsplatten. Umwelt-Spezial. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt 2007
- [6] Recycling von Gipskartonplatten. LANUV-Info 34. LANUV-Info Nr. 34, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
- [7] Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016, Schäfer, B., Berlin 2018



*Technikum des Instituts für Aufbereitung, Recycling und Kreislaufwirtschaftssysteme Luftaufnahme*

Foto: Archiv Institut

**Name des Schülerlabors:** Recycle-Tech

**Institution:** TU-Clausthal

**Kontakt:** Julius Luh, [julius.luh@tu-clausthal.de](mailto:julius.luh@tu-clausthal.de)  
Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann

**Schülerlabor-Kategorie:** SchüLerLabor<sup>KLWM</sup>

**Projeklaufzeit:** 01.03.2023 bis 29.02.2026

**Fachgebiet(e):** Baustoffrecycling

**Zielgruppen:** Klassenstufen 11 bis 13, Lehrkräfte, Studierende

**Schularten:** Gymnasien, Fachoberschulen

**Didaktische Methoden:**

- Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülerinnen und Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt.
- Geführt forschendes Experimentieren. Schülerinnen und Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt.
- „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center
- Einblicke in die Berufswelt