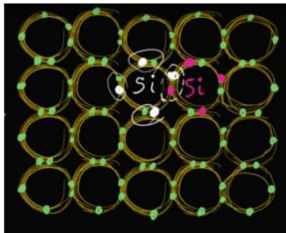


6.	Was sind Halbleiter?
Zielgruppe	Schüler, optional Lehrkräfte
Alter der Schüler	14–18
Dauer	2 Stunden (Endergebnis des Experiments nach 24 Stunden)
Überblick	Die Schüler züchten und beobachten Kupfersulfat-Kristalle, erstellen anschließend ein Modell der Vorgänge auf molekularer Ebene und übertragen diese Erkenntnisse auf andere Stoffe. Die Schüler lernen, wie Halbleiter hergestellt werden, und erfahren mehr über weitere industrielle und kommerzielle Anwendungen dieser Materialien.
Materialien	• Becherglas • Computer mit Zugang zu YouTube und Flipgrid • Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat (70 g) • Präpariermikroskop (zur Beobachtung der Kristalle; falls nicht vorhanden, kann ein Bild aus dem Internet gezeigt werden) • Erlenmeyerkolben • Folie • Trichter mit Watte • Heißes Wasser (100 mL) • Kunststoffschnur • Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter
Leitfragen	1. Wie können wir natürlich vorkommende Materialien zur Herstellung von Elektronik nutzen? 2. Wie wächst eine Kristallstruktur? 3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Halbleitern und Kristallen?
Einstieg	Vorwissen aktivieren • Die Schüler teilen ihr Wissen über Kristalle, molekulare Gitterstrukturen und Halbleiter, indem sie einzeln Abschnitt A auf dem Schüler-Arbeitsblatt • Die Schüler vergleichen ihre Beobachtungen mit einem Partner und bearbeiten Abschnitt B auf dem Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter. (NGSS SEP: Fragen stellen und Probleme definieren) • Jedes Schülerpaar teilt mindestens eine Antwort, und die Lehrkraft erstellt daraus eine Klassenliste mit Wissen, Beobachtungen und Fragen. (Kulturell responsive Praxis: Die Lehrkraft ermutigt zu und akzeptiert alle Antworten der Klasse und würdigt die unterschiedlichen Ideen und Vorkenntnisse, die die Schüler in diese Stunde einbringen)
Erkunden	• Kristalle erkunden und herstellen • Die Lehrkraft leitet den Erkundungsteil ein, indem sie den Schülern folgende zentrale Ideen vermittelt: • Video zeigen: „You are the future in semiconductors!“ • → https://vimeo.com/639743392 • Halbleiter werden im Grunde in der gesamten Technik eingesetzt. • Der Herstellungsprozess eines Halbleiters umfasst Sand und Kristalle • Wir werden den Kristallisationsprozess anhand eines anderen Stoffes (Kupfersulfat) modellieren • Die Schüler arbeiten in Gruppen, beobachten die Kupfersulfat-Kristalle (von der Lehrkraft mindestens 24 Stunden zuvor angesetzt) und bearbeiten Abschnitt C auf dem Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter. (NGSS SEP: Fragen stellen und Probleme definieren) • Die Schüler arbeiten in Gruppen, züchten Kupfersulfat-Kristalle und beobachten die Kristallgitterstruktur unter einem Präpariermikroskop. Die Schüler bearbeiten

	Abschnitt D auf dem Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter. (NGSS SEP: Untersuchungen planen und durchführen)
Anleitung	Die Schüler beginnen hier und schauen sich ein kurzes Video des Experiments „<i>How to grow a copper sulfate crystal (simple experiment)</i>“ an, bevor sie selbst beginnen. → https://www.youtube.com/watch?v=FFR4nei9qv8 Vorgehensweise: • Gib 70 Gramm Kupfersulfat-Pentahydrat in ein Becherglas. • Gieße 100 mL heißes Wasser darüber und rühre 10-15 Minuten (oder bis sich das Pulver aufgelöst hat). • Sobald sich das Pulver aufgelöst hat, filtere die Lösung mit dem Trichter mit Watte in einen Erlenmeyerkolben. • Gib die Flüssigkeit aus dem Erlenmeyerkolben in ein Becherglas und decke es 24 Stunden lang mit Folie ab. • Nach 24 Stunden: Gieße die Flüssigkeit vorsichtig aus dem Becherglas in einen Erlenmeyerkolben, um die entstandenen Kristalle freizulegen.
Erklären	• Kupfersulfat-Kristalle mit Silizium-Kristallen verbinden • Nachdem die Schüler die Kupfersulfat-Kristalle verglichen, beobachtet und selbst hergestellt haben, führt die Lehrkraft sie durch eine Klassendiskussion, die die Kupfersulfat-Kristalle mit Silizium-Kristallen verbindet. Die Schüler schauen sich ein kurzes Video „<i>From Sand To Silicon: The Making of a chip / Intel</i>“ über Halbleiter an und füllen die Lückentexte in Abschnitt E auf dem <i>Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter</i> aus. (NGSS SEP: Modelle entwickeln und verwenden) → https://www.youtube.com/watch?v=Q5paWn7bFg4 • Lösung für den Abschnitt „Erklären“: ○ Teacher Research Consultants, LLC ○ Die Kristallbildung von Kupfersulfat ähnelt der Kristallbildung von Silizium-Kristallen. Silizium findet sich in Quarzsand, nachdem dieser in Silizium und Sauerstoff aufgetrennt wurde. ○ Silizium-Kristalle können zur Herstellung des Substrats für Halbleiter verwendet werden. ○ Halbleiter werden in einer Vielzahl von Technologien eingesetzt, etwa in Mobiltelefonen, Computern und künstlicher Intelligenz. ○ Wie würde es aussehen, wenn wir in Silizium-Kristalle hineinzoomen? Übertrage das Diagramm von der Tafel: Schema eines Silizium-Kristalls:  • Wir können im Unterricht keine Kristalle aus Sand herstellen, weil dies deutlich mehr Hitze erfordert (über 3000 Grad Fahrenheit). • Wir haben Kupfersulfat verwendet, um Kristalle herzustellen, weil es einfach und sicher in der Handhabung ist. Wissenschaftler • bearbeiten Silizium im Labor, das anschließend in der Technik verwendet werden kann. • Lass uns nun mehr über diesen Prozess erfahren.
Vertiefen	Von Silizium-Kristallen zu Halbleitern • Die Schüler schauen sich einen Abschnitt (Anfang bis 7:30) des Khan-Academy-Videos Khan Academy Semiconductor „<i>Semiconductor introduction</i>“ → https://www.youtube.com/watch?v=60Qz051rD_w

	Introduction an und bearbeiten gemeinsam als Klasse Abschnitt F auf dem <i>Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter</i>. (NGSS SEP: Erklärungen konstruieren und Lösungen entwerfen) - Die Lehrkraft stellt den Schülern die Vielfalt der Menschen vor, die an der Herstellung von Halbleitern beteiligt sind, und hebt Dr. Anuja DaSilva, eine Materialwissenschaftlerin, hervor. → https://docs.google.com/document/d/1xfX8QJTI9cqsqw_BWl3lPczvTEZ_wGOZR_mid_QY2v8E/edit?tab=t.0 (Berufs-Highlight: Materialwissenschaftler untersuchen die Strukturen und chemischen Eigenschaften verschiedener natürlicher, synthetischer oder verbundener Materialien und arbeiten daran, Wege zu finden, um Materialien zu verstärken oder neue Materialien für vielfältige Produkte zu entwickeln.) - Lösung für den Abschnitt „Vertiefen“: - Wie viele Valenzelektronen hat Silizium? Was ist an diesen Elektronen wichtig? -> 4 Valenzelektronen, und sie sind wichtig, weil sie mit anderen Elementen reagieren können - Welches Element hätte mehr freie Elektronen: Kupfer oder Silizium? -> Kupfer - Welches ist der bessere elektrische Leiter, Kupfer oder Silizium? Warum? -> Kupfer, weil sich die Elektronen frei bewegen können - Was wird Silizium hinzugefügt, damit sich die Elektronen freier bewegen können? Wie wird dieser Prozess genannt? -> Verunreinigungen (andere Elemente wie Phosphor oder Bor); dieser Vorgang wird „Dotierung“ genannt - Wenn Silizium mit Phosphor dotiert wird, was kann dann zu fließen beginnen? -> Strom kann zu fließen beginnen - Was bedeutet der Begriff „semi“? Wie lässt sich das basierend auf dem gerade Gesehenen auf den Begriff „Halbleiter“ (semiconductor) übertragen? -> „Semi“ bedeutet „teilweise“ oder „halb“. Ein Halbleiter bezeichnet etwas, das Elektrizität nur teilweise leiten kann.
Bewerten	Alles zusammenführen - Die Schüler erstellen ein 3- bis 5-minütiges Flipgrid-Video basierend auf den Fragen in Abschnitt G auf dem <i>Schüler-Arbeitsblatt Halbleiter</i>. (NGSS SEP: Erklärungen konstruieren und Lösungen entwerfen) (Kulturell responsive Praxis: Die Schüler können wählen, welche Fragen sie beantworten. Sie können die Fragen auswählen, bei denen sie sich am sichersten fühlen und die sie am meisten interessieren.) - Fragen aus Abschnitt G: - Wie können wir natürlich vorkommendes Material zur Herstellung von Elektronik nutzen? - Wie wächst eine Kristallstruktur? - Welcher Zusammenhang besteht zwischen Halbleitern und Kristallen? - Was ist ein Halbleiter? Warum ist er für mich wichtig? - Welche Art von Wissenschaftlern arbeitet an der Herstellung von Halbleitern? - Möchtest du in der Halbleiterindustrie arbeiten? Warum oder warum nicht?
Erweitern	Die Schüler könnten sich das Video „<i>How Semiconductors Work</i>“ ansehen und eigene Fragen mit Lösung erstellen → https://www.youtube.com/watch?v=33vbFFFn04k Die Schüler könnten den Rest des Videos Khan Academy Semiconductor Introduction „<i>Semiconductor introduction</i>“ ansehen (noch etwa fünf Minuten) → https://www.youtube.com/watch?v=60Qz051rD_w

	Die Schüler können sich mit einer weiteren Materialwissenschaftlerin beschäftigen, <i>Frances Ross</i>, um mehr über ihren Werdegang und ihre aktuelle Forschung zu erfahren. (Berufs-Highlight: Materialwissenschaftler in der Halbleiterindustrie benötigen Kreativität und können bei der Gestaltung von Materialien auch künstlerische Bezüge haben.) → https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=26342
Nachweis	Teilnehmerzahl; Zusammenfassung Fragen & Antworten