



Perowskit versa Silizium für Solarzellen

Ist Perowskit ein Halbleiter oder wodurch wird er eventuell einer? Warum lässt es sich so dünn verarbeiten?

Perowskite können Halbleiter sein, besitzen aber je nach chemischer Zusammensetzung sehr unterschiedliche elektrische Eigenschaften. [1, 2, 3]

Wann Perowskit ein Halbleiter ist

- **Strukturtyp statt Material:** Perowskit bezeichnet keinen einzelnen Stoff, sondern eine Kristallstruktur mit der allgemeinen Formel ABX_3 . [4, 5]
- **Chemische Zusammensetzung:** Natürlicher Perowskit ($CaTiO_3$) ist ein Isolator. Synthetische **Halogenid-Perowskite** (wie Methylammonium-Bleijodid) sind dagegen Halbleiter. [6]
- **Die Bandlücke:** Durch den Austausch der Atome auf den A-, B- und X-Plätzen lässt sich die Bandlücke präzise einstellen. Dies bestimmt, wie gut das Material Strom leitet oder Licht absorbiert.

Warum es sich so dünn verarbeiten lässt

Perowskite werden in Solarzellen als extrem dünne Schichten (oft nur wenige hundert Nanometer) eingesetzt. Dies hat physikalische und herstellungstechnische Gründe: [7]

- **Hohe Lichtabsorption:** Das Material absorbiert Sonnenlicht extrem effizient. Es reicht eine dünne Schicht, um fast das gesamte nutzbare Licht einzufangen. Silizium benötigt dafür die hundertfache Dicke. [8]
- **Direkte Bandlücke:** Halogenid-Perowskite besitzen eine direkte Bandlücke. Elektronen können Licht direkt ohne energetische Umwege (Phononen-Unterstützung) absorbieren. [9, 10]
- **Lösungsmittelbasierte Herstellung:** Perowskite lassen sich flüssig als Tinte verarbeiten. Sie werden aufgesprüht, gedruckt oder per Rotationsbeschichtung (*Spin Coating*) hauchdünn und gleichmäßig verteilt. [11, 12, 13, 14]
- **Hohe Ladungsträger-Lebensdauer:** Trotz Defekten im Material können sich die erzeugten Ladungsträger relativ weit bewegen, bevor sie rekombinieren. Eine dicke Schicht ist daher für den Stromfluss gar nicht notwendig.

Möchten Sie mehr darüber erfahren, wie **Perowskit-Solarzellen** im Vergleich zu klassischem Silizium abschneiden oder welche **Nachteile** das Material aktuell noch hat? [15, 16]



- [1] <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de>
- [2] <https://www.electrosuisse.ch>
- [3] <https://publica.fraunhofer.de>
- [4] <https://www.enpal.de>
- [5] <https://www.stromzeit.ch>
- [6] <https://www.wista.de>
- [7] <https://www.bayern-innovativ.de>
- [8] <https://www.industr.com>
- [9] <https://www.bayern-innovativ.de>
- [10] <https://www.telepolis.de>
- [11] <https://www.neueenergie.net>
- [12] <https://www.zsw-bw.de>
- [13] <https://edoc.hu-berlin.de>
- [14] <https://www.fz-juelich.de>
- [15] <https://www.sciencemediacenter.de>
- [16] <https://www.klimaworld.com>

Perowskite sind als Halbleiter in der Lichtausbeute noch nicht so effizient, wie Silizium-Verbindungen, aber dafür lässt sich die Bandlücke nahezu frei bestimmen. Und weil sie sehr dünn verarbeitet werden können, können sie zusätzlich auf Siliziumzellen aufgetragen werden. Das lässt hoffen, dass mittelfristig ca. 40% Wirkungsgrad bezüglich Umwandlung von Licht (Strahlung) in Strom erreichbar sein werden.

Perovskites can be semiconductors, but their electrical properties depend entirely on their specific chemical composition.

When Perovskite Becomes a Semiconductor

- **Structure, not a material:** Perovskite refers to a specific crystal structure with the formula ABX_3 , not a single substance.
- **Chemical composition:** Natural perovskite ($CaTiO_3$) is an insulator. Synthetic **halide perovskites** (like methylammonium lead iodide) are excellent semiconductors.
- **Tunable bandgap:** Changing the atoms at the A, B, or X positions alters the bandgap. This modification turns the material from an insulator into a semiconductor.



Why It Can Be Processed So Thinly

Perovskite solar cells require layers that are only a few hundred nanometers thick due to their unique physical properties:

- **High absorption coefficient:** The material absorbs sunlight exceptionally well. A micro-thin layer captures the same amount of light as a much thicker silicon wafer.
- **Direct bandgap:** Halide perovskites have a direct bandgap. Photons excite electrons directly without requiring lattice vibrations, maximizing light absorption efficiency.
- **Solution processing:** Perovskites dissolve into liquid inks. Manufacturers print, spray, or spin-coat them into ultra-thin, uniform films at low temperatures.
- **Long diffusion length:** Generated charge carriers (electrons and holes) travel relatively far before recombining. A thick layer is physically unnecessary to harvest the electricity.

Would you like to explore how perovskites are combined with silicon in **tandem solar cells**, or should we look into the current challenges regarding their **long-term stability**?

As semiconductors, perovskites are not yet as efficient as silicon compounds in terms of light yield, but their bandgap can be tuned **almost at will**. Furthermore, because they can be processed into **very thin layers**, they can be applied on top of silicon cells. This raises hopes that an efficiency of approximately **40% for converting light (radiation) into electricity** will be achievable in the medium term.

From Quora:

Standard solar panels have an absolute physical limit on the sunlight they can convert to power. But stacking a unique crystal called a perovskite on top is shattering that fundamental barrier.

To understand why this is so effective, it helps to look at how different materials interact with the solar spectrum. Silicon is highly effective at absorbing red and near-infrared light. However, when it gets hit by higher-energy blue and ultraviolet photons, much of that extra energy is simply wasted as heat. This wasted energy represents a massive loss in potential electricity.

Perovskites are unique crystal structures that can be chemically engineered to absorb specific wavelengths of light. In a tandem cell, a perovskite layer



designed exclusively to absorb blue and green light is placed on top of the silicon. It converts these high-energy photons into electricity highly efficiently, while remaining completely transparent to red light. The red light simply passes right through the perovskite layer down to the silicon layer below, where it is readily absorbed.

This division of labor allows the cell to harvest energy from across a much wider swath of the solar spectrum. While standard commercial silicon panels typically hover around 22% to 24% efficiency, perovskite-silicon tandem cells have already surpassed 33% efficiency in laboratory settings, with a theoretical limit extending past 40%.

As of 2026, the transition from the laboratory to widespread availability is actively underway, though it is still scaling up. The primary historical challenge for the technology has been durability. While silicon panels routinely last 25 to 30 years in extreme weather, early perovskites degraded rapidly when exposed to moisture, heat, and oxygen.

Engineers and materials scientists have made massive strides in overcoming this by altering the chemical composition of the perovskites and developing advanced encapsulation techniques to seal the sensitive layers away from the elements. Several major solar companies and specialized startups have already established pilot manufacturing lines and initiated early commercial production.

These ultra-efficient panels are beginning to enter the market through premium residential and commercial installations, where roof space is limited and maximizing energy output per square foot is highly valuable. True mass-market dominance—where tandem cells fully replace standard silicon on sprawling utility-scale solar farms—will likely take shape toward the end of the decade as manufacturing volume scales up and production costs drop.