

Pinker Wasserstoff

~ 0 g CO₂ je kWh H₂

Klimaneutral, nicht nachhaltig

-> radioaktiver Abfall birgt hohe Risiken,
es gibt keine Endlager.

Der Bau und die Installation der sehr teuren Atomkraftwerke verursachen hohe Treibhausgas-Emissionswerte für pinken Wasserstoff. Die letzten drei noch in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke in Deutschland sollen spätestens 2022 abgeschaltet werden.

Pinker Wasserstoff wird mit Strom aus **Kernenergie** hergestellt. Der Atomstrom liefert Energie für die Elektrolyse von Wasser:

Wasser (H₂O) -> Sauerstoff (O₂) + Wasserstoff (H₂)

Grüner Wasserstoff

0 g CO₂ je kWh H₂

Klimaneutral

Emissionswerte für Grünen Wasserstoff inklusive Bau und Installation der Wind-/Solarstrom-Anlagen

26g CO₂ je kWh H₂

Grüner Wasserstoff wird mit Strom aus „natürlicher“ **Windkraft, Wasserkraft** oder **Solarenergie** hergestellt. Der Strom aus erneuerbaren „natürlichen“ Quellen* liefert Energie für die Elektrolyse von Wasser: **Wasser (H₂O) -> Sauerstoff (O₂) + Wasserstoff (H₂)**

(*hierzu zählt nicht: in Stauseen gespeicherte Wasserkraft aus Atomstrom, Kohlekraft oder ähnlichen Technologien)

Grüner Wasserstoff aus Biomethan

nahezu klimaneutral

Grüner Wasserstoff aus Biomethan oder Biologischem „Abfall“ ist in der Regel nicht treibhausgasfrei. (Das Potenzial ist außerdem aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von nachhaltig produzierter Biomasse erheblich eingeschränkt)

Grauer Wasserstoff

~ 350 g CO₂ je kWh H₂

nicht klimaneutral (sehr klimawirksam)

Der Bau von Kraftwerken zur Nutzung fossiler Brennstoffe verursacht zusätzliche Treibhausgas-Emissionen für grauen Wasserstoff.

Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Brennstoffen (z.B. **Erdgas, Kohle** oder **Öl**) hergestellt, bei diesen Verfahren wird viel klimawirksames CO₂ als „Abfallprodukt“ direkt an die Atmosphäre abgegeben.

Dampfreformierung:

Erhitzung von Methan + Wasser, stufenweise Oxidation von **Erdgas** (Gasgemisch, überwiegend Methan CH₄) -> **Kohlendioxid (CO₂) + Wasserstoff (H₂)**

Blauer Wasserstoff

~ 140-220 g CO₂ je kWh H₂

nicht klimaneutral, CO₂-Speicherung nicht nachhaltig

Der Bau von Kraftwerken verursacht zusätzliche Treibhausgas-Emissionen für blauen Wasserstoff.

Blauer Wasserstoff wird (so wie grauer Wasserstoff) aus fossilen Brennstoffen (z.B. **Erdgas** oder **Öl**) hergestellt, hierbei entsteht viel klimawirksames CO₂ als „Abfallprodukt“. Ein Großteil des entstehenden CO₂ soll im Boden gespeichert (Carbon Capture and Storage-Technik = CSS) oder industriell weiterverarbeitet werden. In Deutschland ist die unterirdische Ablagerung des CO₂ derzeit nicht erlaubt. Die Langzeitfolgen der Bodenspeicherung sind unklar, durch Leckagen kann es zu negativen Umwelt- und Klimaeinflüssen kommen.

Dampfreformierung:

Erhitzung von Methan + Wasser, stufenweise Oxidation von **Erdgas** (Gasgemisch, überwiegend Methan CH₄) -> **Kohlendioxid (CO₂) + Wasserstoff (H₂)**

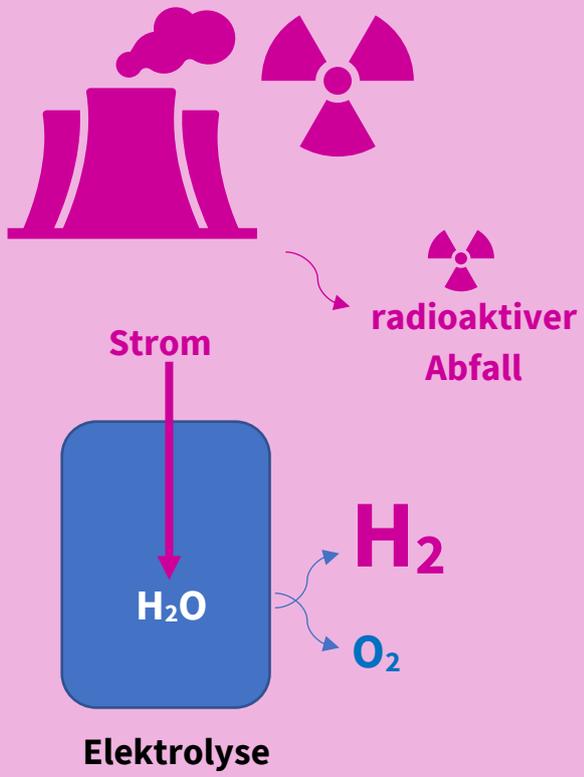
Türkiser Wasserstoff

~ 12 g CO₂ (+ 90 g fester C) je kWh H₂

nahezu klimaneutral

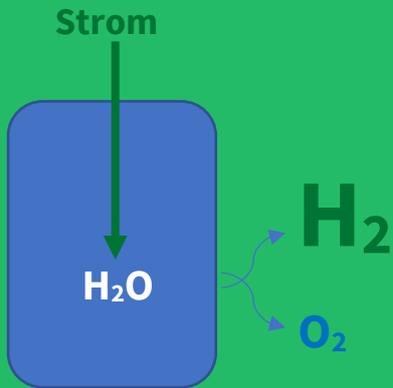
Türkiser Wasserstoff wird aus fossilem **Erdgas** hergestellt. Das Methan im Erdgas wird in einem Hochtemperaturreaktor thermisch in Wasserstoff und Kohlenstoff gespalten (**Methan-Pyrolyse**). Anstelle von gasförmigem entsteht hierbei fester Kohlenstoff, ein Granulat, das weiterverwendet werden kann. **Methan (CH₄) -> fester Kohlenstoff (C) + Wasserstoff (H₂)**

Das Verfahren wurde noch nicht großtechnisch erprobt. Sofern die zur Methanpyrolyse benötigte Energie aus erneuerbaren Energien stammt, könnte die Erzeugung von türkischem Wasserstoff nahezu klimaneutral sein. Je nach Weiterverwendung könnte der feste Kohlenstoff jedoch später CO₂ freisetzen. Bei der Erdgas-Förderung und dem Erdgas-Transport treten erhebliche CO₂- und Methanemissionen auf. Türkiser Wasserstoff ist daher im Hinblick auf den gesamten Entstehungsprozess und die Weiterverarbeitung des Beiprodukts Kohlenstoff nicht klimaneutral.



Pinker Wasserstoff

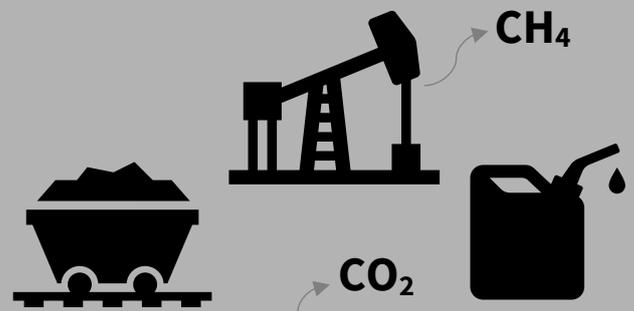
~ 0 g CO₂ je kWh H₂



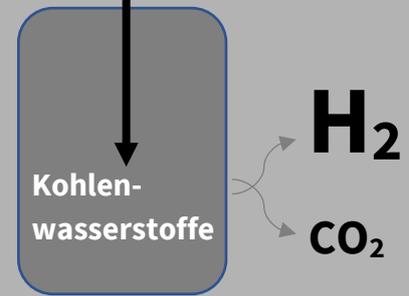
Elektrolyse

Grüner Wasserstoff

0 g CO_2 je kWh H_2



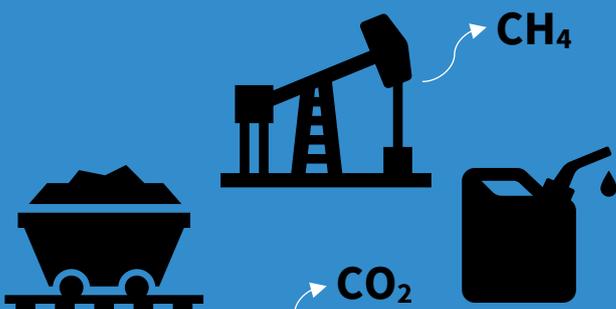
Erhitzung 🔥



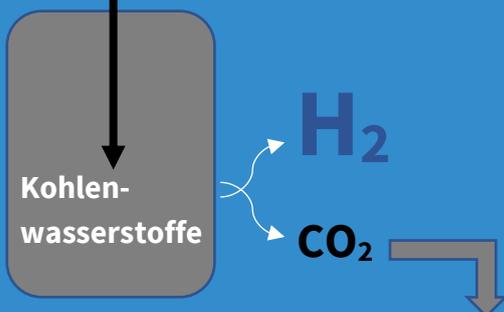
Dampfreformierung

Grauer Wasserstoff

~ 350 g CO_2 je kWh H_2



Erhitzung 🔥



Dampfreformierung

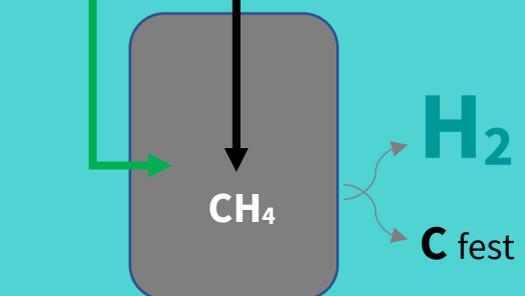
**Speicherung
im Boden**

Blauer Wasserstoff

~ 140-220 g CO_2 je kWh H_2



Erdgas - CH_4



**Methan-Pyrolyse
im Hochtemperaturreaktor**

Türkiser Wasserstoff

~ 12 g CO_2 (+ 90 g fester C) je kWh H_2