

# Gewinnung von grünen Treibstoffen durch direkte Nutzung der Sonne

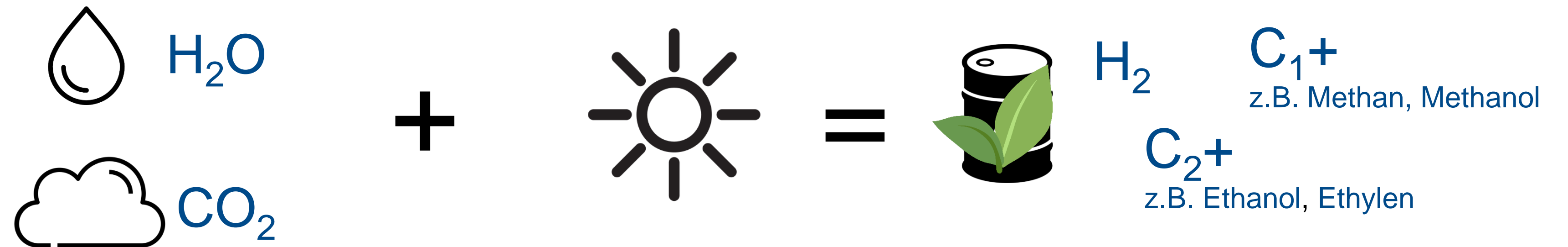
Solar Fuels am Beispiel des Projekts „Solarreaktor“

---

Sarah Meitz, Bettina Muster-Slawitsch, Daniel Rüdissler  
Wasser- und Prozesstechnologien

# Grüne Treibstoffe aus der Sonnenenergie – Solar Fuels

- „Solar Fuels“ = Treibstoffe die mittels Sonnenenergie hergestellt werden, und eine nachhaltige Alternative zu fossile Brennstoffen darstellen



- Diverse Prozesse nutzen dabei Wärme, Elektrizität und Photonen (Licht) aus der Sonne zur Durchführung chemischer Prozesse

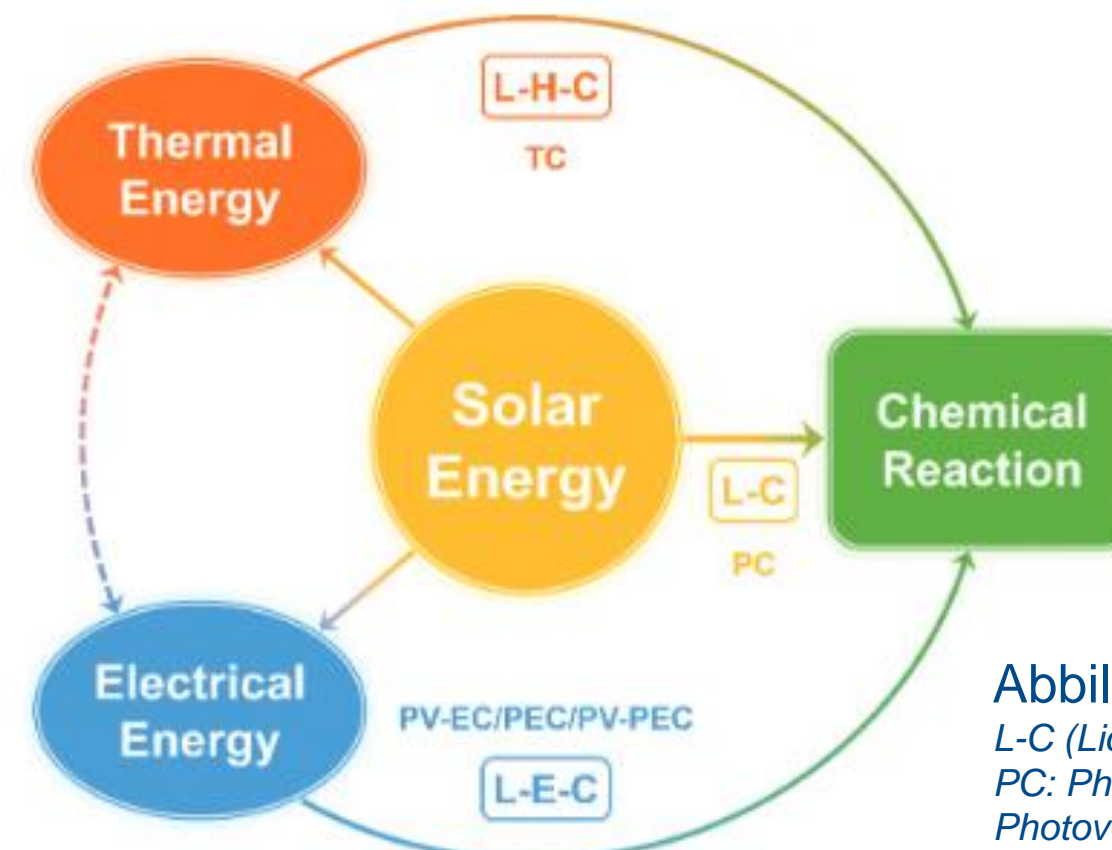


Abbildung: Prozesse zur Ausführung chemischer Reaktionen mittels Sonnenenergie  
 L-C (Licht – Chemie), L-E-C (Licht-Elektrizität-Chemie), und L-H-C (Licht-Wärme-Chemie);  
 PC: Photochemie, TC: Thermochemie, PV-EC: Photovoltaik-Elektrochemie, PEC: Photoelektrochemie, PV-PEC:  
 Photovoltaik unterstützte Photoelektrochemie (DOI:10.1002/advs.202103926)

# Projekt „Solarreaktor“ als Beispiel zu Solar Fuels



Grünen Wasserstoff mit der Sonne produzieren

In Österreich werden über 60 Prozent des Energiebedarfs aus fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas bereitgestellt. Die industrielle Nutzung dieser fossilen Energieträger für die Herstellung von Strom, Wärme und Chemikalien trägt maßgeblich zur Erreichung von Treibhausgasen bei und verantwortet etwa 34 Prozent der Treibhausgasemissionen. Trotz der zunehmenden Bemühungen für die Reduktion fossiler Ressourcen und der damit verbundenen Umweltauswirkungen wird weiterhin ein steigender Energieverbrauch prognostiziert. Diese Entwicklung geht einher mit einem verstärkten Bedarf an Wasserstoff, vor allem für industrielle Anwendungen. Angesichts dieser Herausforderungen sind die Erarbeitung alternativer Energiequellen dringend erforderlich.

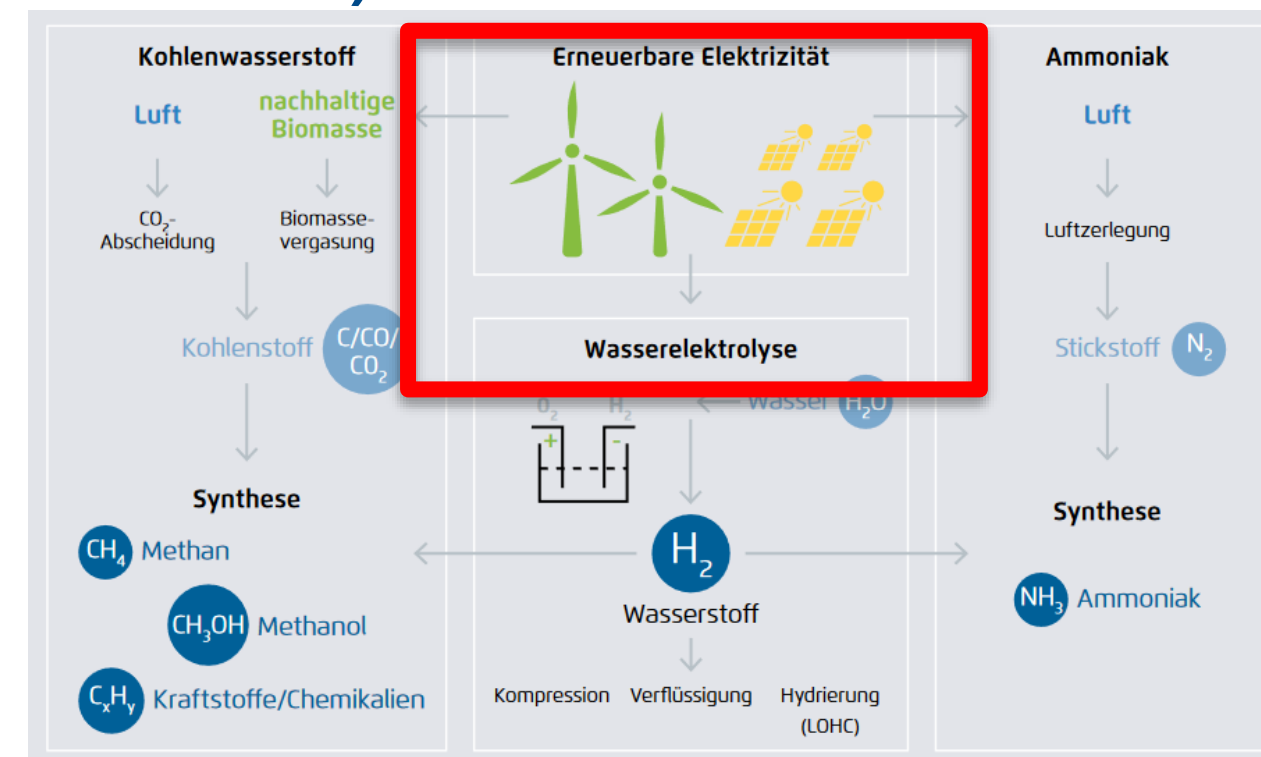
**Nachhaltige Kraftstoffe aus Solarenergie**  
Der steigende Bedarf an Kraftstoffen, insbesondere an Wasserstoff in der Industrie, erfordert nachhaltige Lösungen. Aktuell wird Wasserstoff größtenteils als „grauer Wasserstoff“ aus fossilen Energieträgern produziert. Zukünftig soll vermehrt auf „grünen Wasserstoff“ gesetzt werden, wobei aktuell noch die Nutzung von erneuerbarem Strom angewiesen ist. Dieser ist jedoch nicht beliebig anpassbar, daher sind nachhaltige Alternativen zur Wasserstoffherstellung notwendig.

## Solarreaktor – Photoelektrochemische Gewinnung von $H_2$ aus Abwasser

- Gefördert im Rahmen der 7. Ausschreibung „Energieforschung“ durch den Klima- und Energiefonds (Projekt Nummer: FO999888459)



- $H_2$  mit Potential zur teilweisen Abdeckung des industriellen Energiebedarfs – und in Kombination mit  $CO_2$  zur Produktion weiterer Energievektoren (Methan, Methanol, Ethanol) bzw. mit Stickstoff zu Ammoniak



- ... wobei  $H_2$  aktuell zu 99%<sup>1</sup> aus nicht erneuerbaren Energiequellen produziert wird (!)

# Wie funktionieren Photokatalyse und Photoelektrochemie?

- Photokatalytische (PC) und Photoelektrochemische (PEC) Prozesse mit großem Potential zur Produktion von solaren Treibstoffen
- Vorteil: direkte Nutzung von Sonnenenergie (Photonen)  
Prozessablauf am Beispiel der Wasserspaltung zur Gewinnung von H<sub>2</sub>:

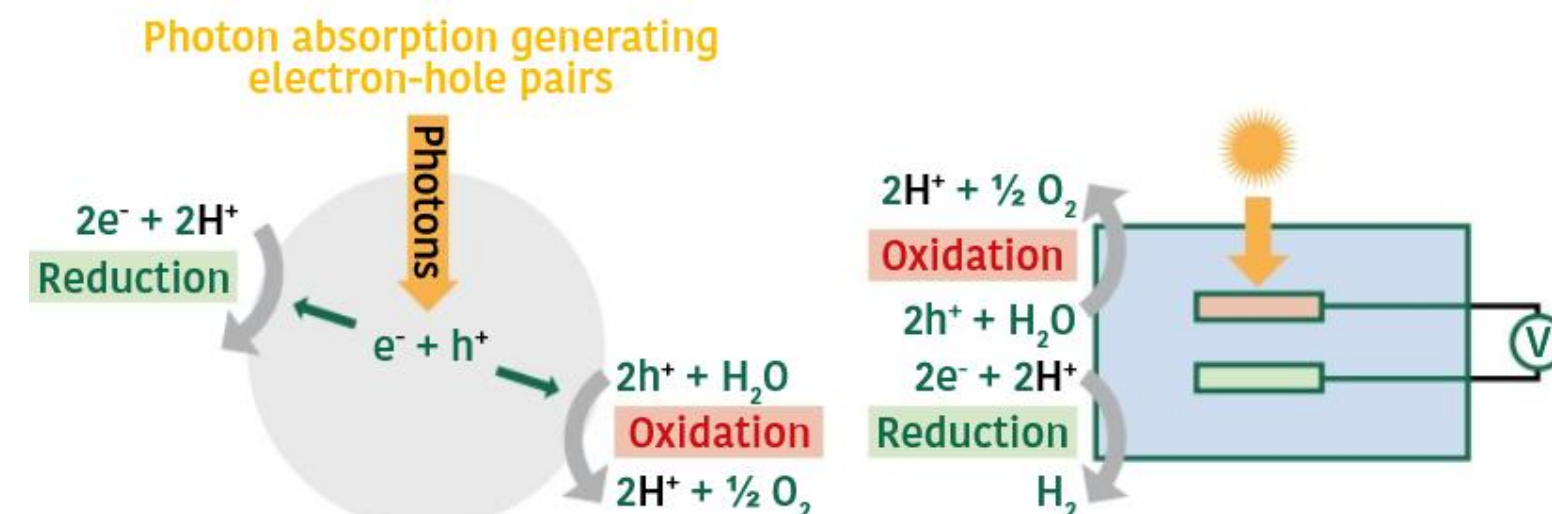


Abbildung: Funktionsweise PC/PEC am Beispiel der Wasserspaltung

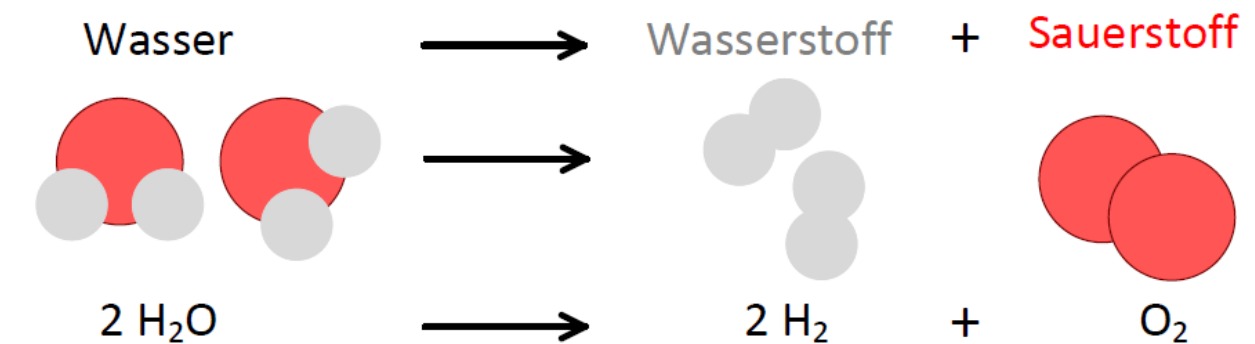


Abbildung: Reaktionsgleichung Wasserspaltung

- Großer Vorteil:** Prozesse können **auch Abwasser** nutzen – Abwasserkomponenten können als zusätzliche Quelle für H<sub>2</sub> genutzt werden und somit den H<sub>2</sub> Output erhöhen



Erstes Screening potentieller Abwasserströme

Components	Pulp and Paper	Municipal Waste Water	Agriculture	Food and Beverages	Pharmaceutical	Textile
Nitrogen compounds		x	x			
EDTA	x			(x)*		x
Saccharides	x		x	x		
Alcohols	x			x		
Pharmaceuticals		x			x	
Pesticides		x	x			
Organic Acids						

\* EDTA in food industry rather declining due to environmental concerns (Dylla R., et al., 2017)

# Problemstellung im aktuellen Stand der Technik

- Prozesse in unterschiedlichen Anwendungen noch in geringem TRL (Technology Readiness Level)
- Umstellung der Prozesse auf Anwendung im realen Sonnenlicht – Forschungslandschaft noch sehr fokussiert auf Versuche im Labor
  - Katalysatoren die auch reales Sonnenlicht verwenden können
  - Evaluierung von Einflüssen im realen Sonnenlicht (z.B. Temperatur, Prozessstabilität)
- Optimierungen notwendig in Bezug auf Flächenausnutzung bei realen Sonnenlichtanwendungen

# Projekt „Solarreaktor“

- Hauptziel: Entwicklung eines effizienten Solarreaktor-Designs und Proof-of-Concept unter realer Sonneneinstrahlung
- Dies wurde erreicht durch:
  1. Entwicklung von **Katalysatoren** und eines **neuen, innovativen Solarreaktor Designs**
  2. Aufbau eines neuen **Teststand für Versuche im Labor und auch unter realer Sonneneinstrahlung**
  3. Versuche mit **unterschiedlichen Abwasserkomponenten** zur Identifikation der Auswirkungen auf die H<sub>2</sub> Produktion

# Projektergebnisse I: Neues Design eines solaren Photoreaktors

Katalysator (Pulver od. Beschichtet)



(Ab)wasser

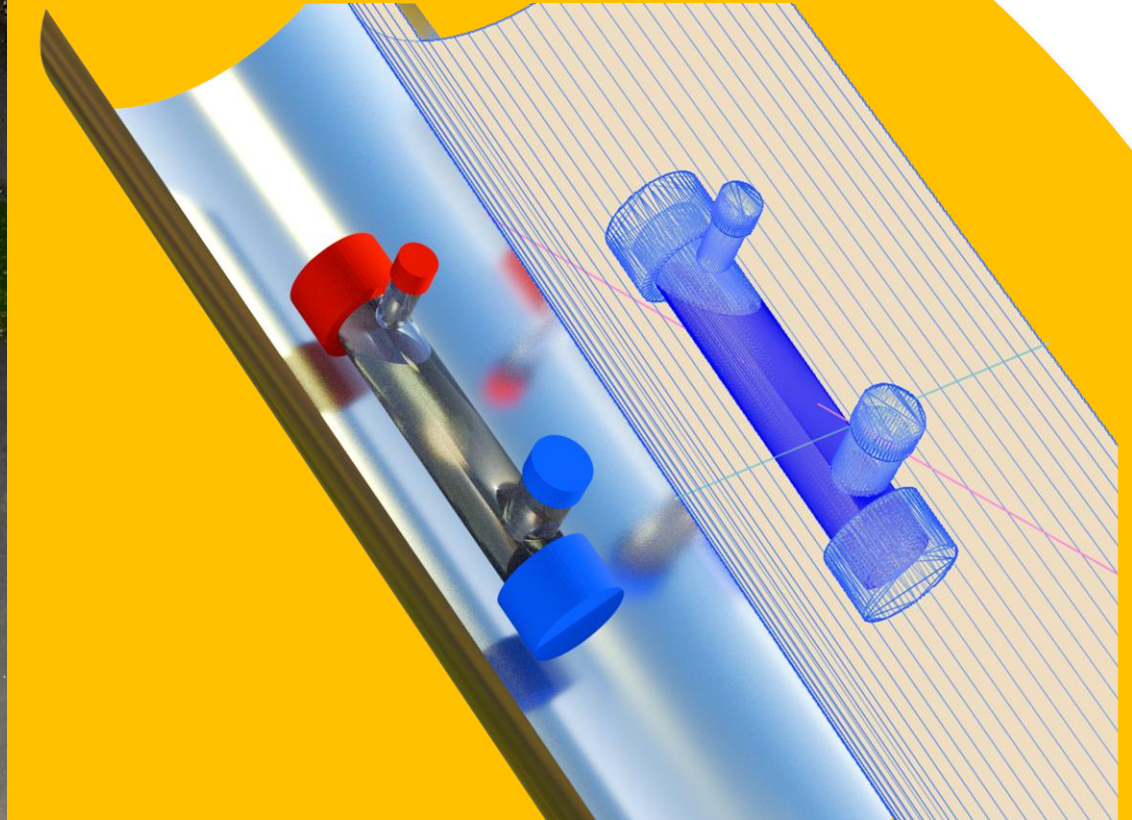


&

Oszillierender Strömungsreaktor

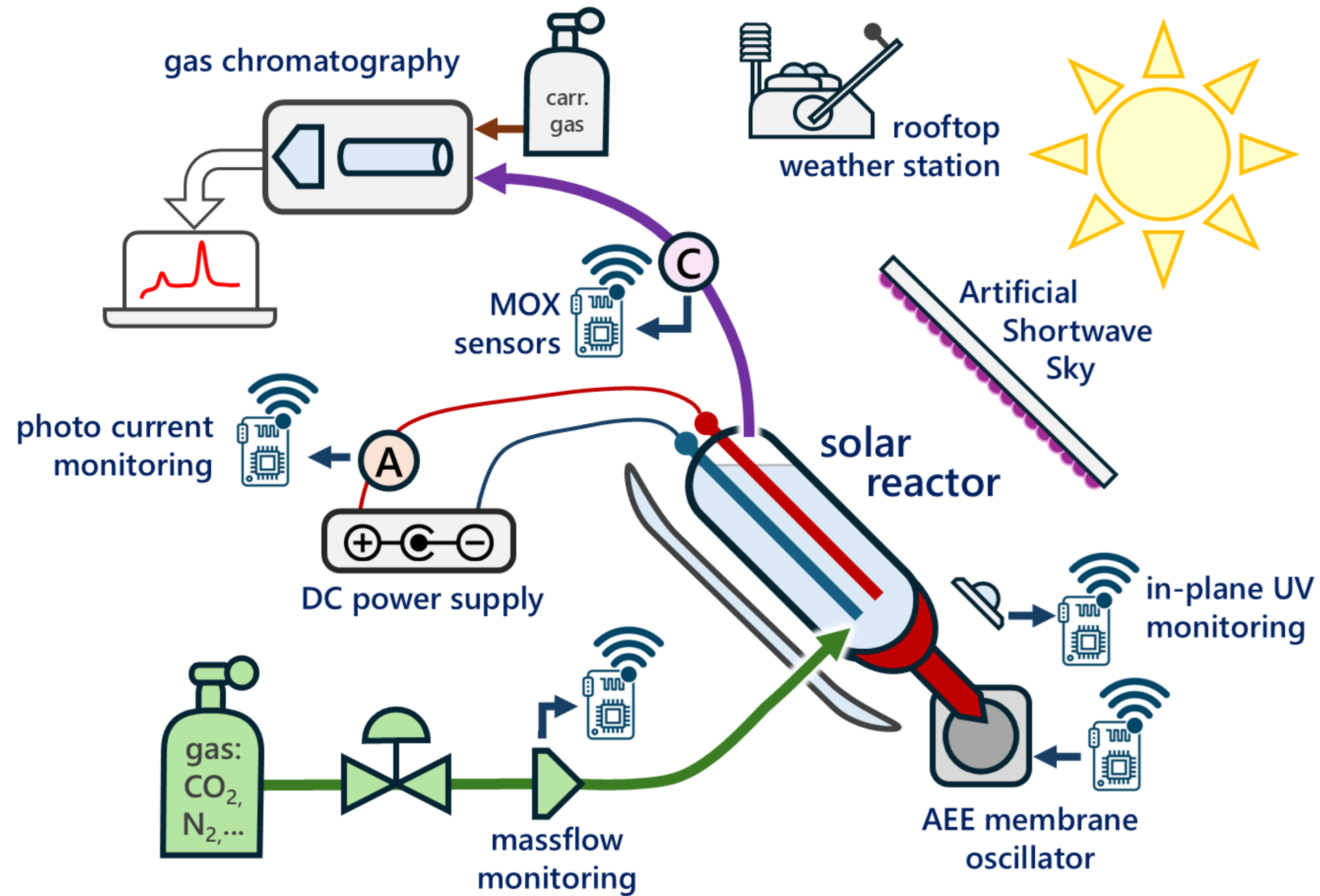


## Solarreaktor



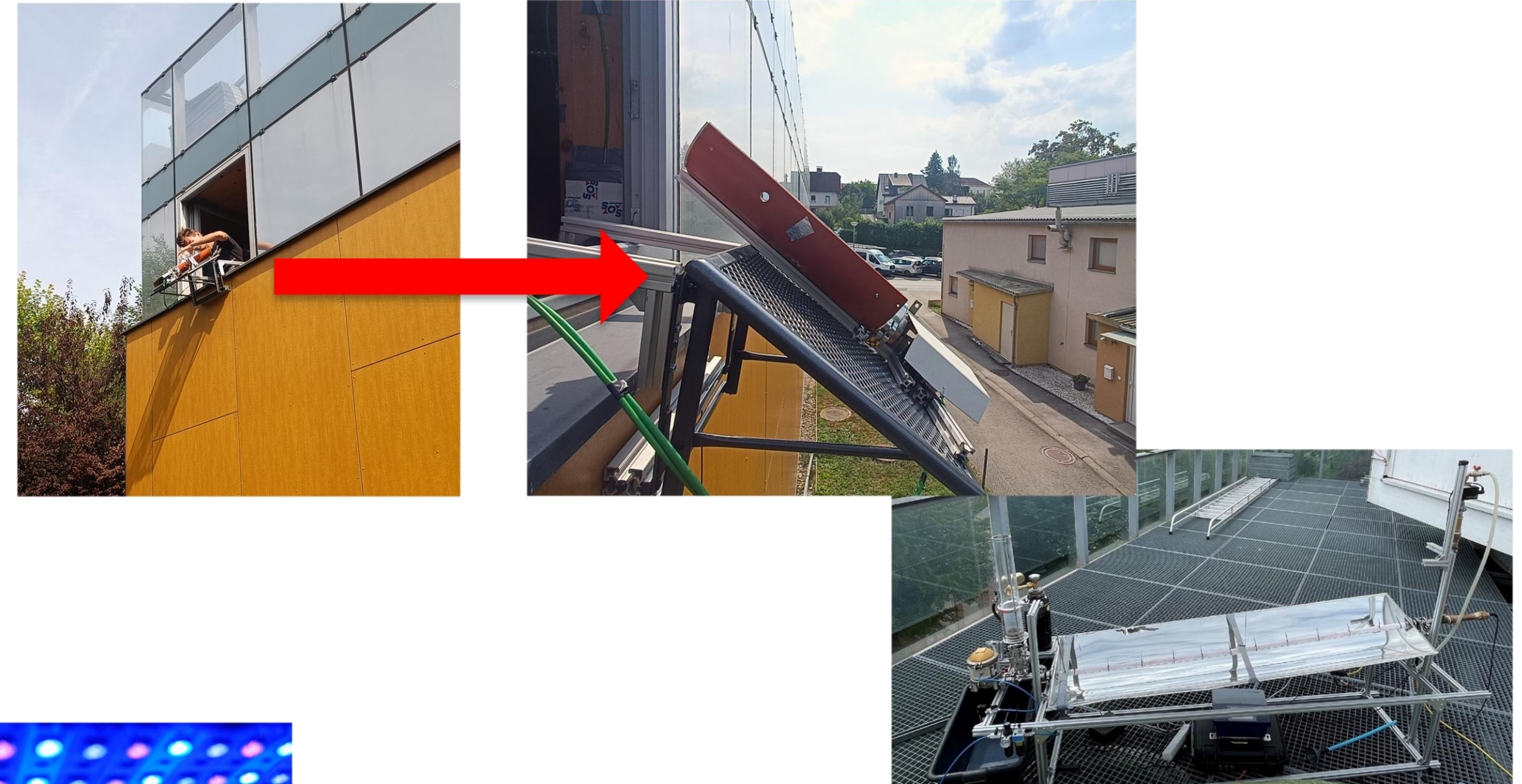
Oszillierende Strömung fördert Erhöhung der Turbulenz, Verkürzung der Diffusionswege, verbesserte Lichteinbringung, etc.

# Projektergebnisse II: Teststandentwicklung



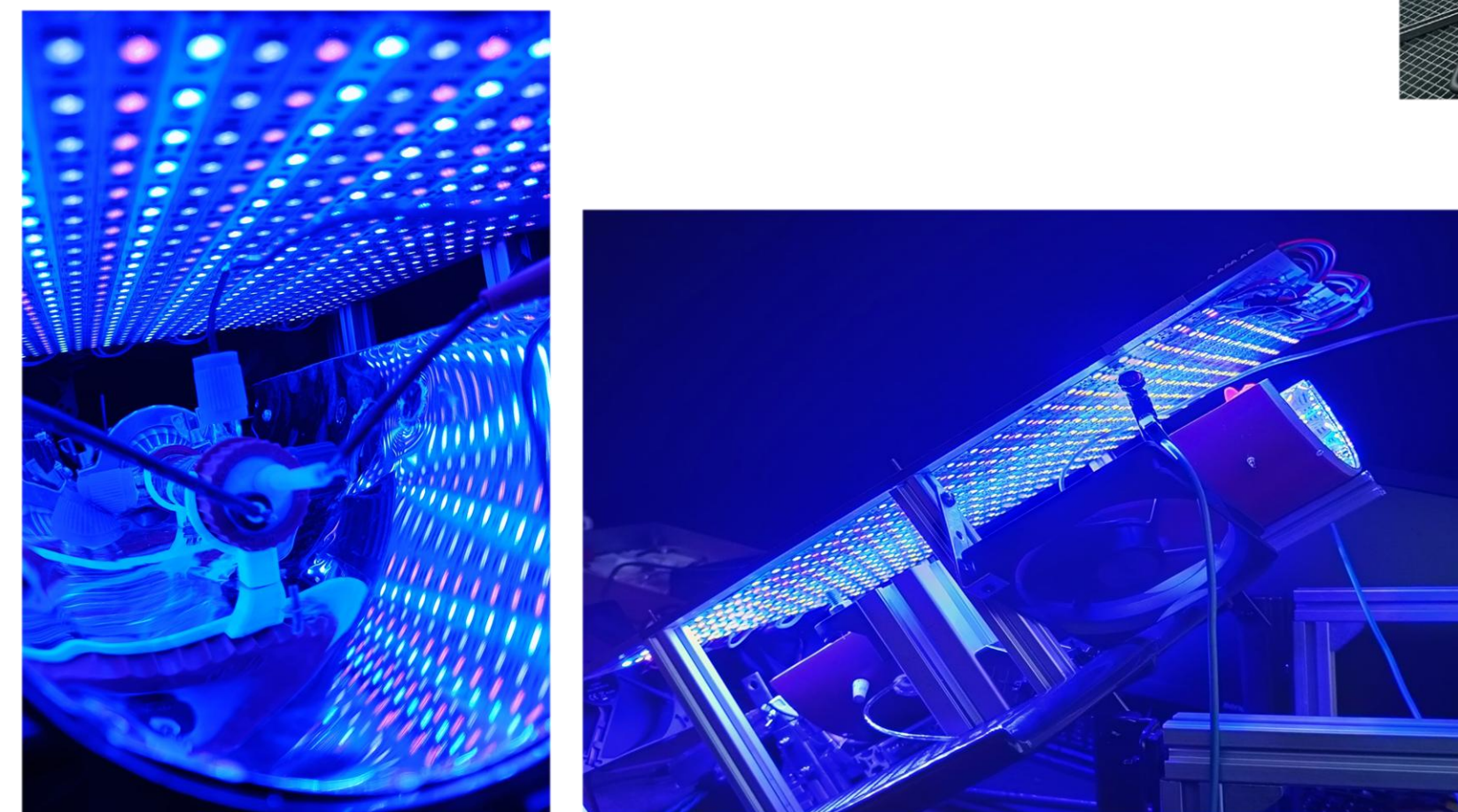
## Outdoor unter realer Einstrahlung

- Aufgehängte variable Plattform für Reaktor- und Konzentratorbaugruppen
  - Nach Süden gerichtet
  - Variabler Winkel
- *Optional Standort am Labordach möglich*



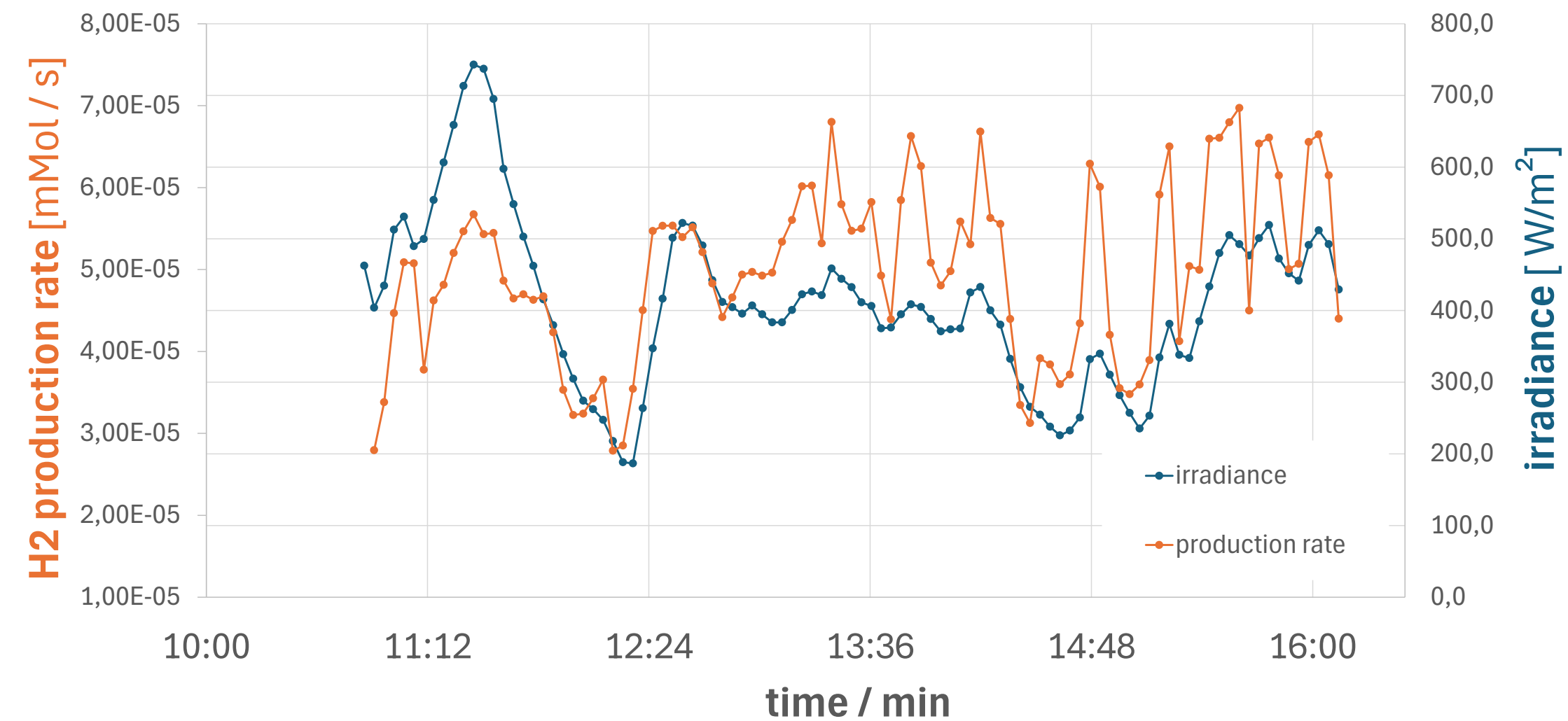
## Indoor unter “Artificial Sky”

- Künstliche polychromatische Lichtquelle (~370 bis 470 nm)



# Projektergebnisse III: Validierung unter realer Sonneneinstrahlung

irradiance vs production rate over time



**Hervorragende Korrelation zwischen Bestrahlung und H<sub>2</sub>-Produktion**

**→ sogar einzelne Wolken können getrackt werden**

# Projektergebnisse III: Validierung unter realer Sonneneinstrahlung

- Photo(elektro)chemische werden auf Basis der **Solar-to-Hydrogen Effizienz (STH)** evaluiert, und gibt an, wie viel eingestrahlte Sonnenenergie in Wasserstoff umgewandelt wird

$$STH = \frac{\Delta G_{H_2}^0 * \Delta H_2}{Q_n} * 100 \%$$

- Aktuell:** maximaler STH 1,5 – 2%; H<sub>2</sub>- Produktionsrate 0,2 – 0,4 g/m<sup>2</sup>.h\*
  - Neuer Versuchsaufbau im Labormaßstab
  - Erstmalig unter realer Sonneneinstrahlung

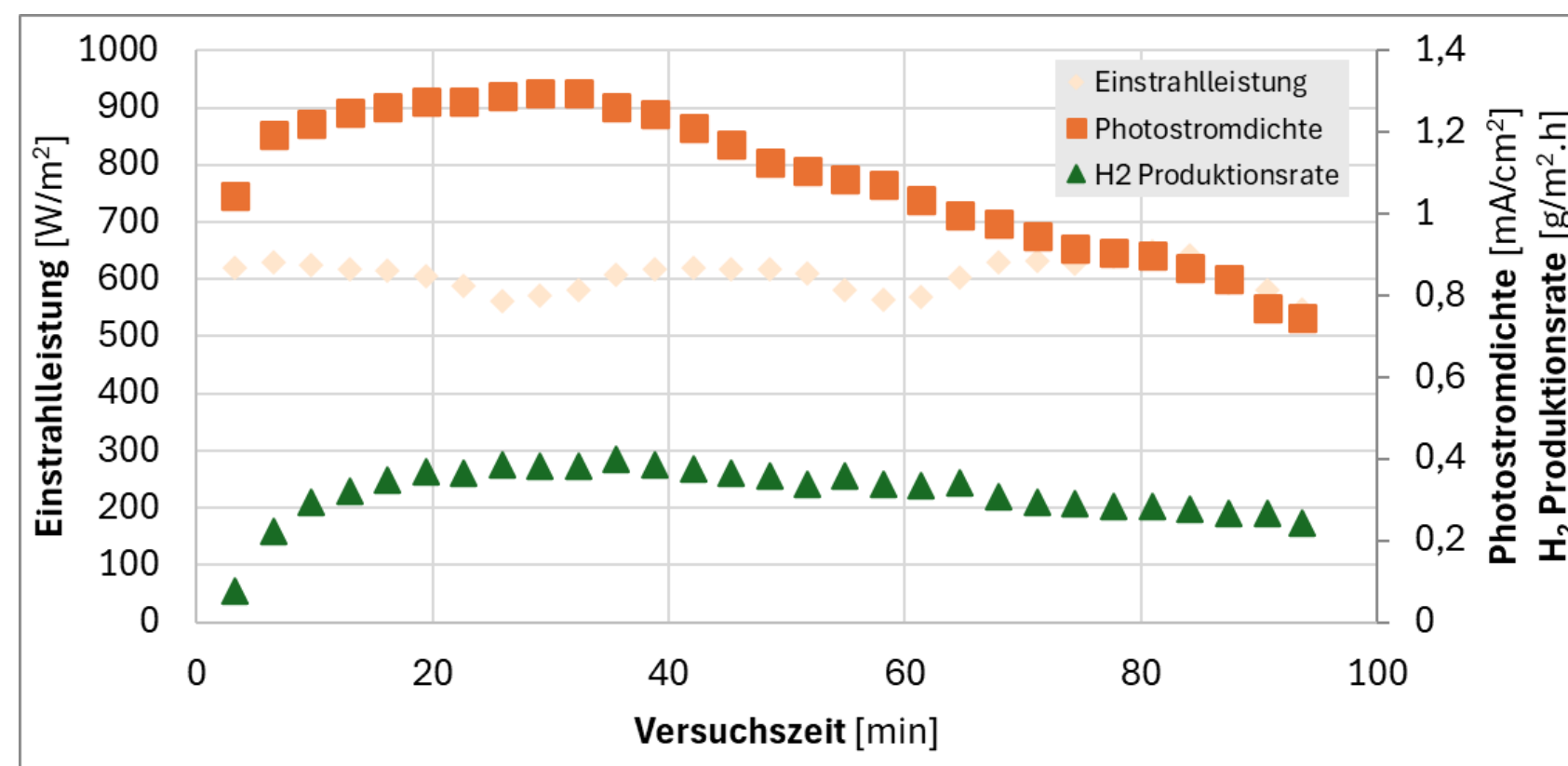


Abbildung: Versuchsergebnisse (Einstrahlleistung, Photostrom und H<sub>2</sub>-Produktionsrate) über die Zeit

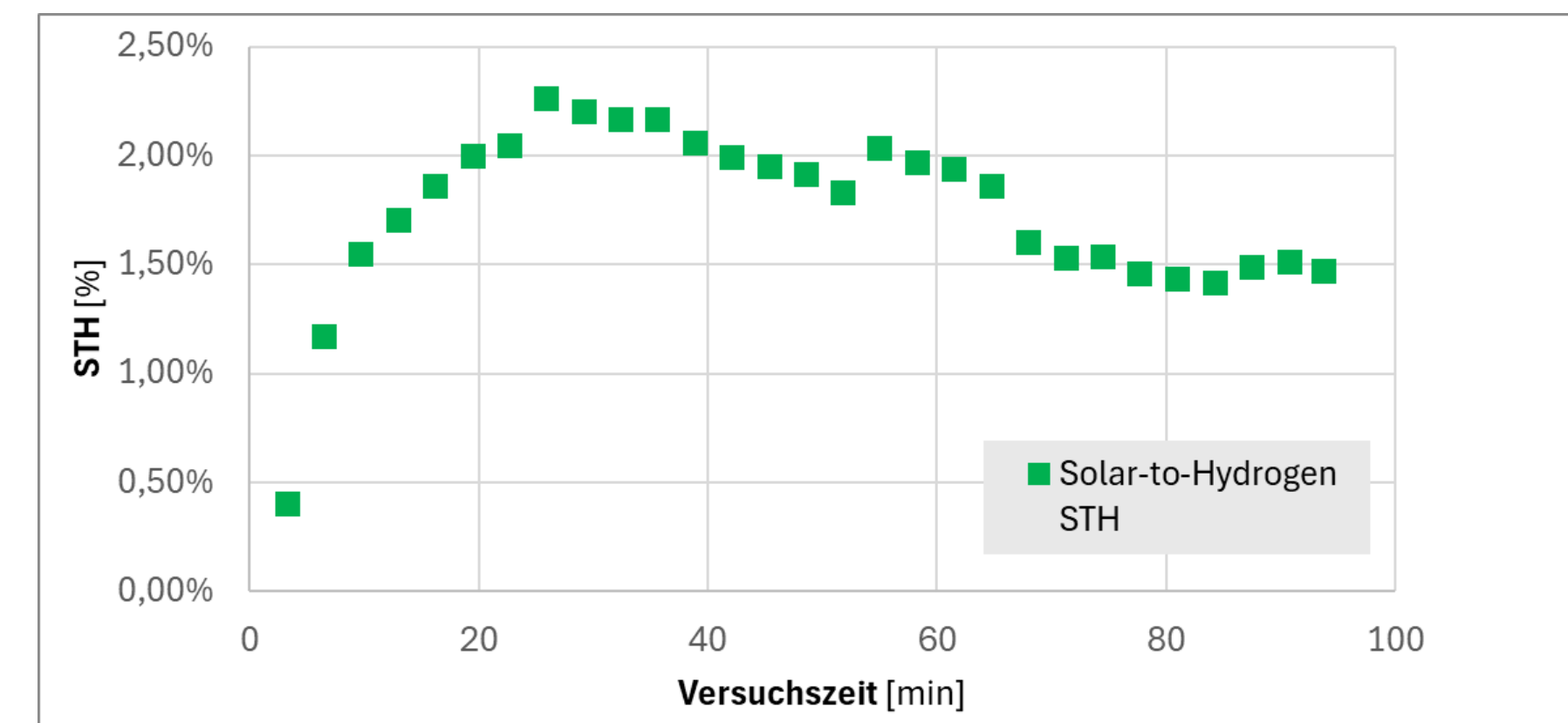


Abbildung: STH-Verlauf über die Versuchszeit

# Zusammenfassung

- Photoanoden erfolgreich hergestellt und validiert
- Teststand zur Evaluierung von solaren Photoreaktoren im realen Sonnenlicht aufgebaut (inkl. detaillierte messtechnische Erfassung)
- Neues Reaktordesign erfolgreich validiert
  - Erhöhung der Prozesseffizienz durch oszillierende Strömung
  - H<sub>2</sub> Produktion unter Verwendung von Abwasserkomponenten (EDTA, Glucose) deutlich erhöht
- Alle Ergebnisse im publizierbaren Bericht zusammengefasst (verfügbar ab Herbst 2025)



**AEE INTEC**

**IDEA TO ACTION**

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)  
8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Österreich

Website: [www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at)  
Twitter: @AEE\_INTEC

**Sarah Meitz**

E-Mail: [s.meitz@aee.at](mailto:s.meitz@aee.at)

Tel.: +43 (0)3112 5886-451