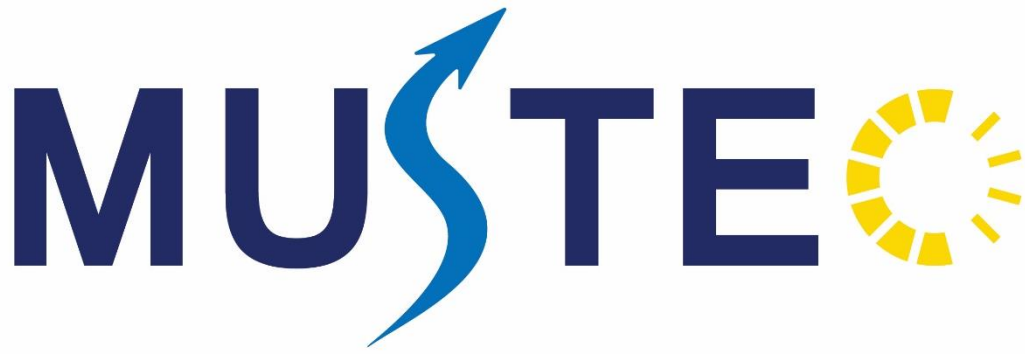




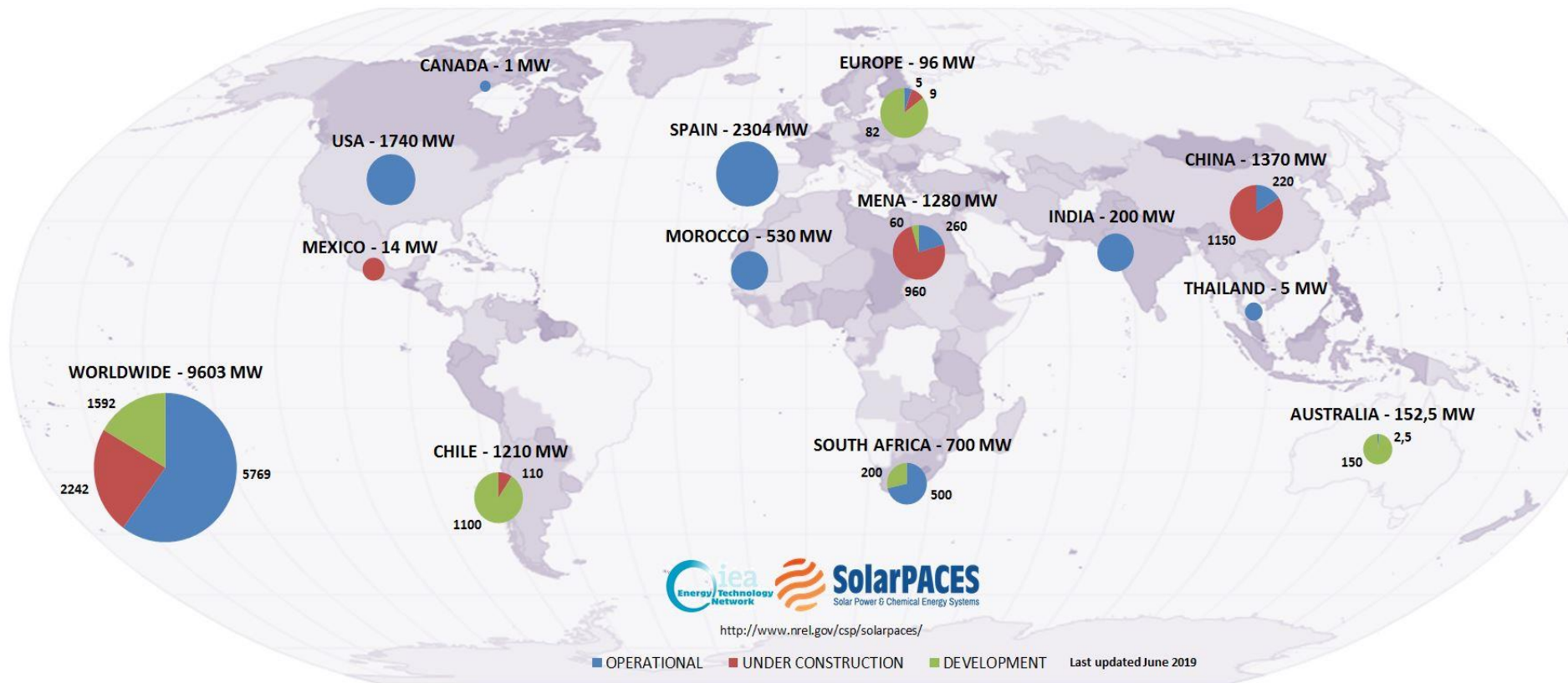
**Market Uptake of Solar Thermal
Electricity through Cooperation**

Flexibel mit der Sonne haushalten: Die Rolle solarthermischer Kraftwerke im zukünftigen Energiesystem der EU

16. Symposium Energieinnovation, 14. Februar 2020

Franziska Schöniger, Gustav Resch
Energy Economics Group, TU Wien

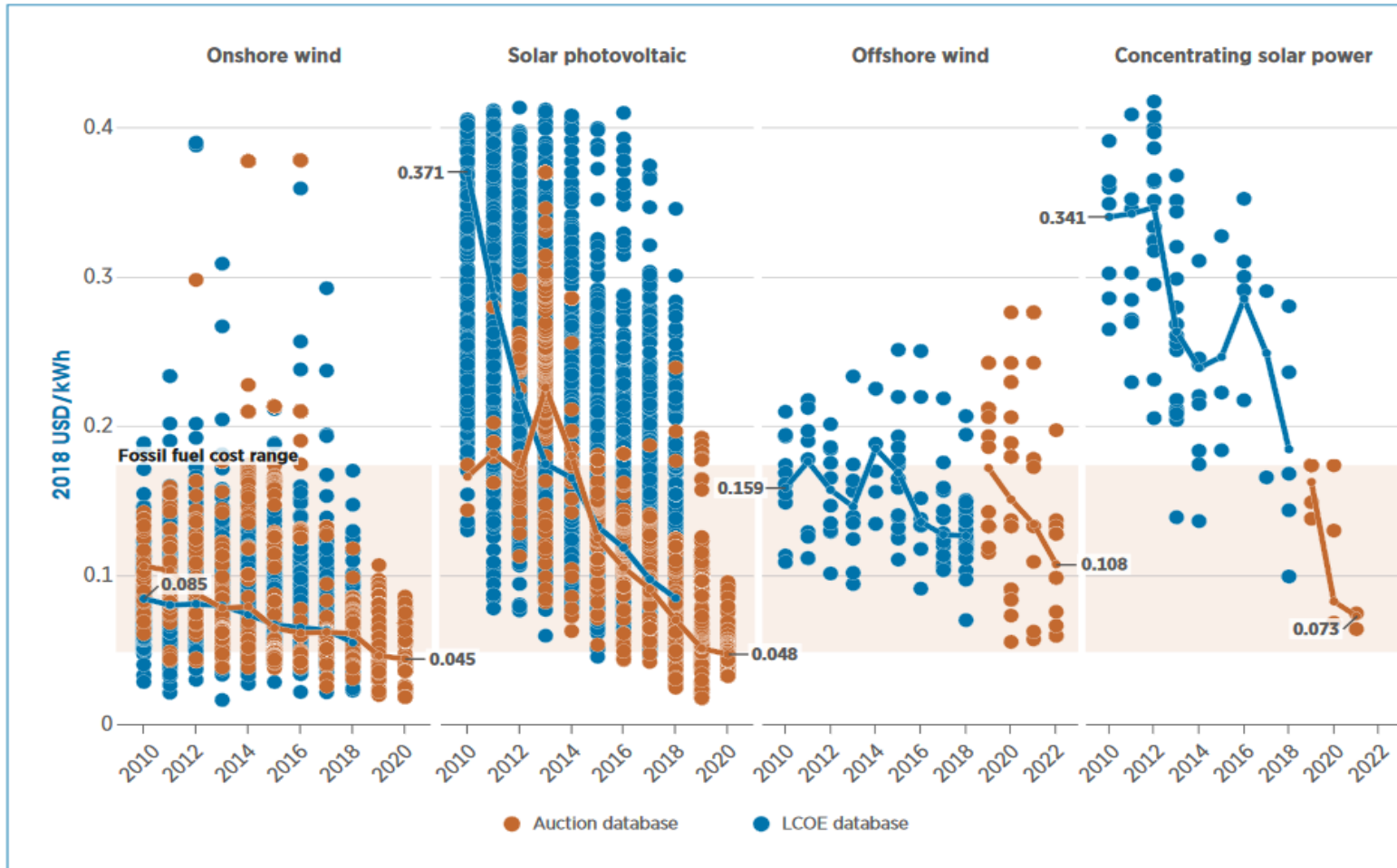
2019: Weltweit 9,6 GW Concentrating Solar Power (CSP) im Betrieb, im Bau oder in der Entwicklung



❖ **CSP** als CO₂-freie und flexible Erzeugungstechnologie zur Dekarbonisierung des Stromsystems

❖ **Wachstumsmärkte** v.a. in China und der MENA Region

CSP: Steilste Lernkurve unter den Erneuerbaren



- ❖ The **Levelized Cost of Electricity (LCOE)** einzelner Projekte und weltweites gewichtetes Mittel für CSP, PV und Wind (on- und offshore), 2010–2022
- ❖ LCOE für CSP noch **höher als Wind und PV**
- ❖ **Steilste Lernkurve** für CSP und damit verbundene Kostenreduktion
- ❖ **Wettbewerbsfähigkeit mit Offshore Wind** erwartet in den nächsten fünf Jahren

MUSTEC Project

- ❖ **Market Uptake of Solar Thermal Electricity through Cooperation:**
Projektstart Oktober 2017 im Rahmen des EU Horizon 2020 Programms
- ❖ “A dedicated, comprehensive and multi-disciplinary analysis of **past, present and future concentrated solar power (CSP) cooperation opportunities** with a constant engagement and consultation with policy makers and market participants”

Kooperations
mechanismen



CSP

- ❖ CSP Projekte in Südeuropa, die erneuerbaren Strom auf Nachfrage an Länder in Zentral- und Nordeuropa liefern können
- ❖ Entwicklung der CSP Industrie: Analyse anhand konkreter CSP Case Studies

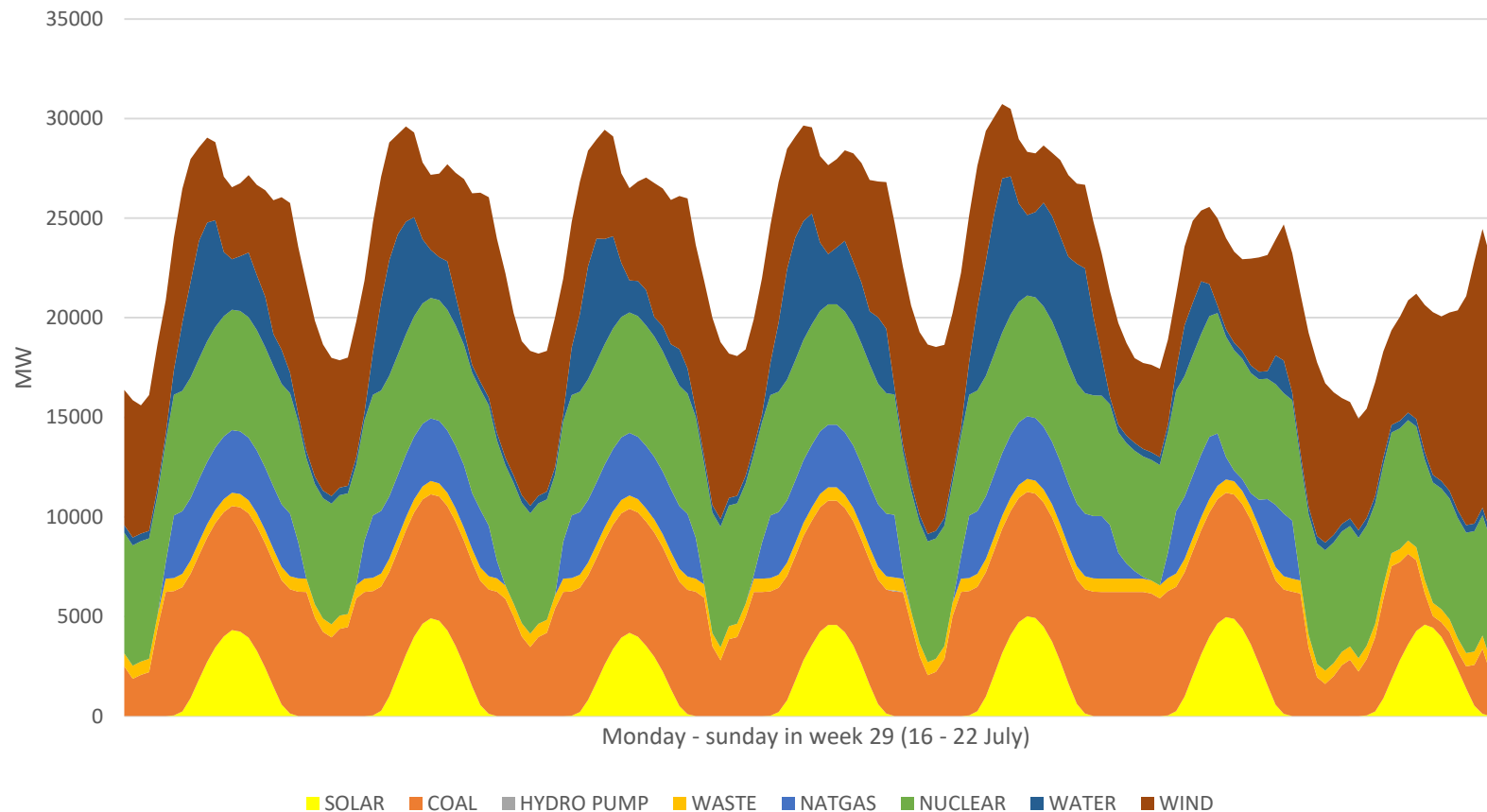
Technological concept:

- Reflektion von solarer Direktnormalstrahlung (DNI) auf einen Receiver (Turm, linear Fresnel, Parabolrinnen oder Dish)
- Heat transfer fluid (HTF)
- Dampfturbine
- Generator
- Optional: Thermischer Speicher

- + **erneuerbare, CO₂-freie und flexible** Stromerzeugung
- + **höchst attraktiv für zukünftige Energiesysteme (Flexibilität)**

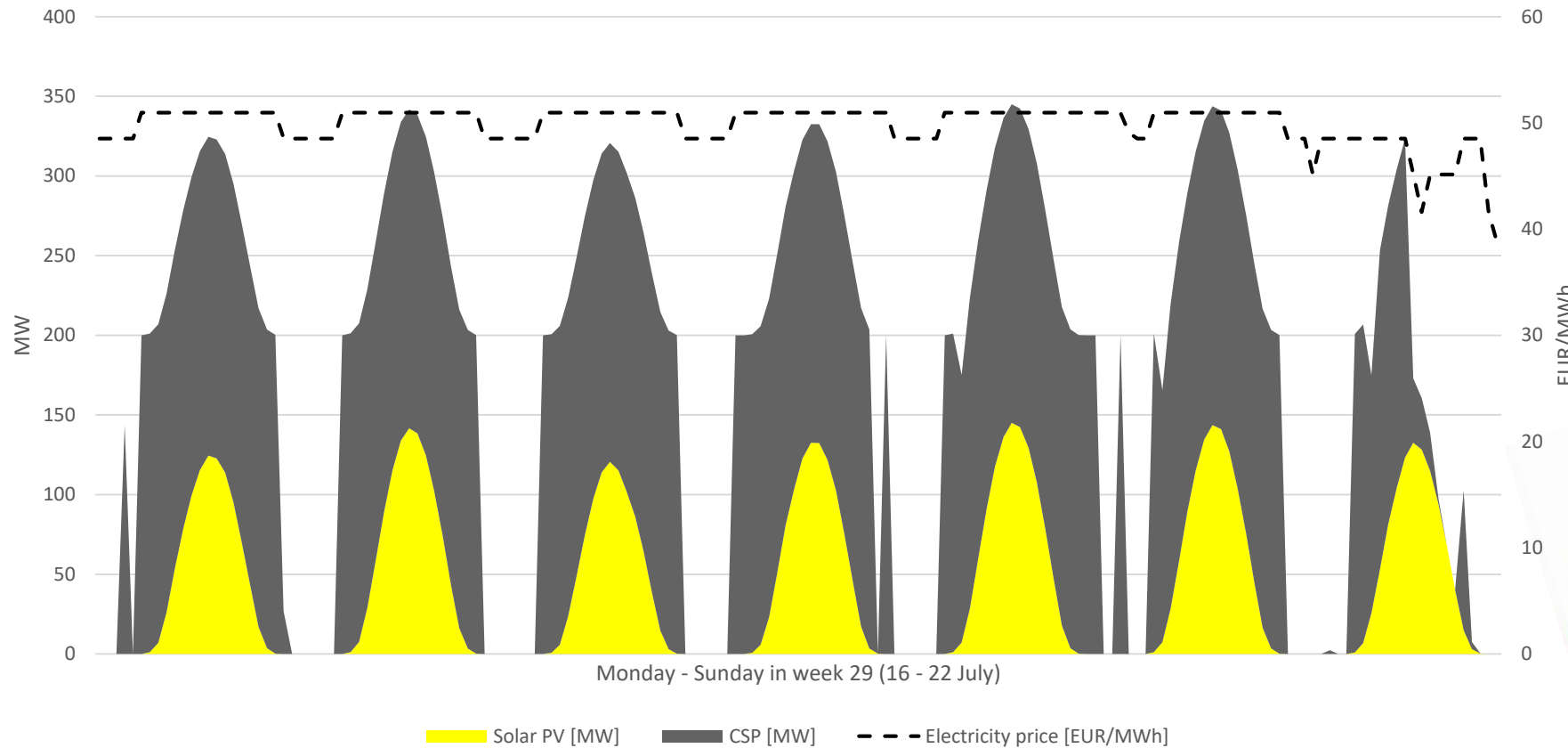


Spanischer Erzeugungsmix 2018



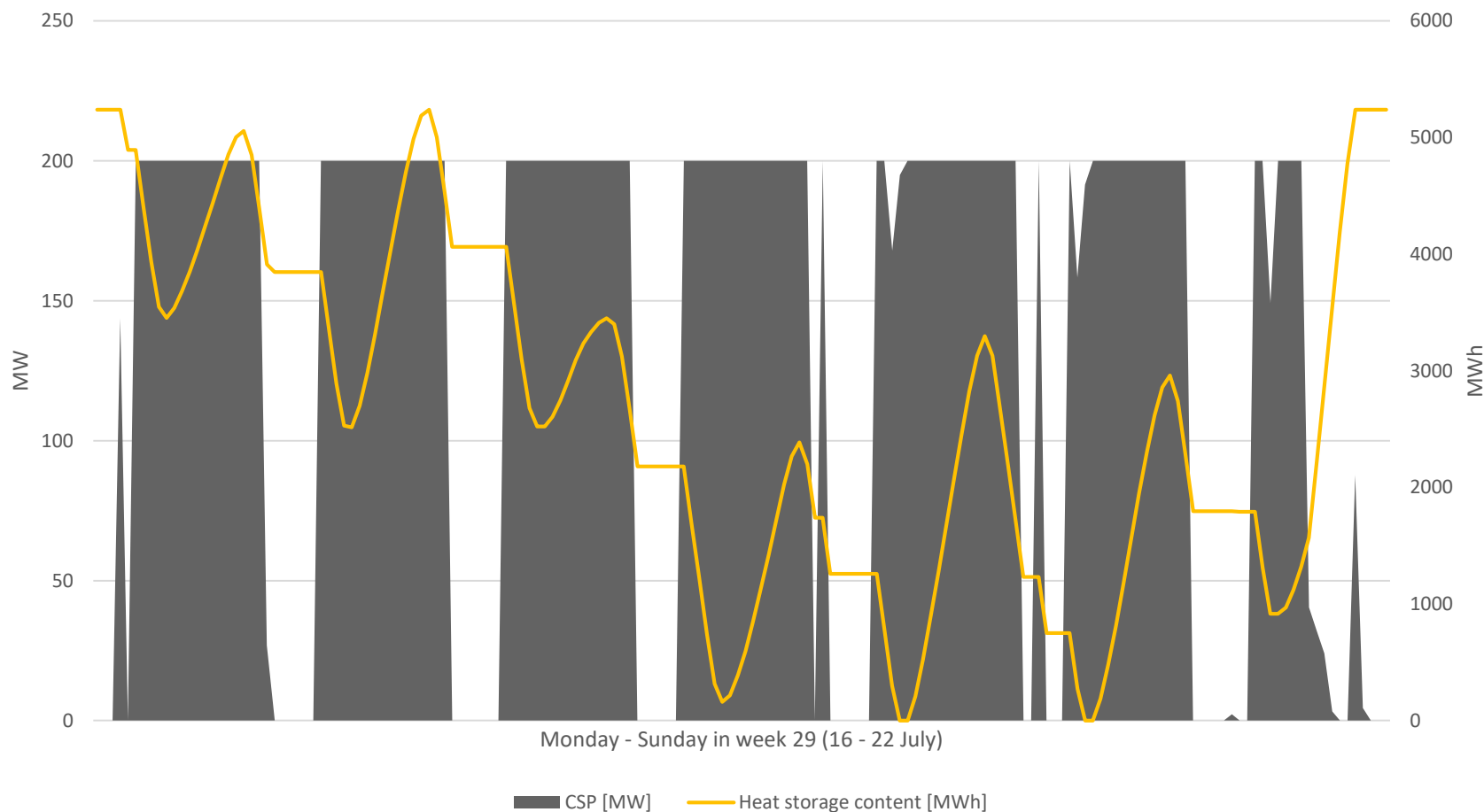
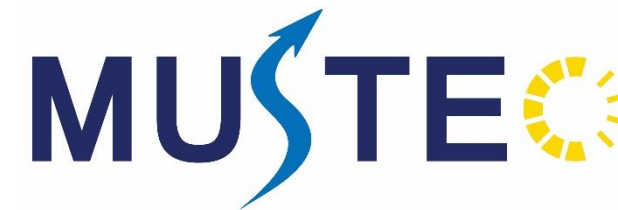
- **200 MW_{el} CSP Kraftwerk mit 11 h thermischem Speicher** in Spanien
- Modellierung des gesamten span. Stromsystems inkl. Importen und Exporten
- Alle Erzeugungskapazitäten werden als exogene Inputparameter vorgegeben (2018)
- Optimierung des **stündlichen Kraftwerkseinsatzes**
- (Open source) energy system modelling framework **Balmorel**

Erzeugungsprofil: 200 MW CSP und 200 MW PV im Vergleich

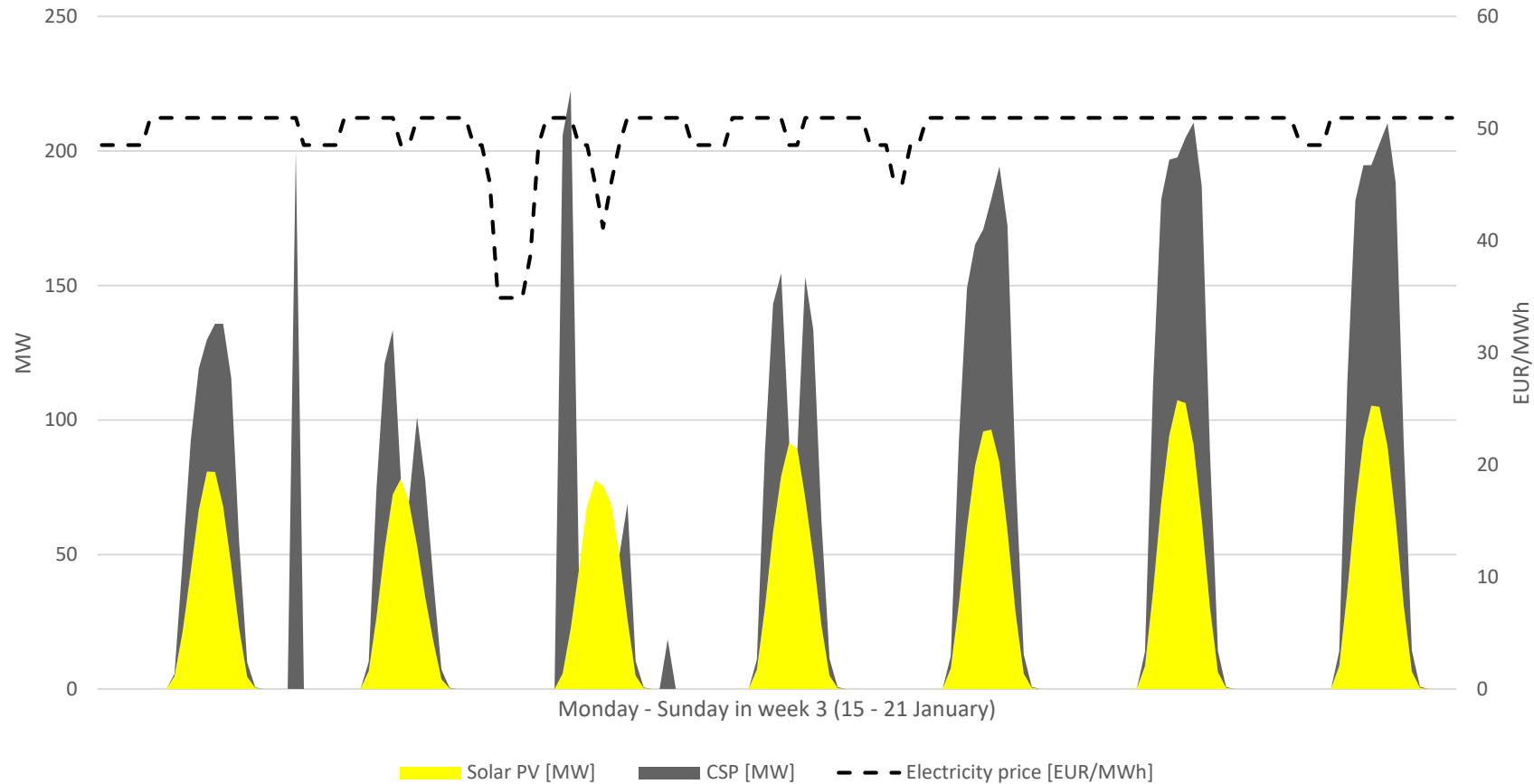


- CSP erzeugt tagsüber aufgrund des höheren Preisniveaus
- Verglichen mit PV: Zusätzliche Erzeugung in den **Morgen- und Abendstunden** möglich
- Der Speicher wird primär zur **Verlagerung innerhalb des Tages** und nicht in die Nacht hinein genutzt

CSP nutzt seinen Speicher, um tagsüber Volllast zu liefern und hohe Preise auszunutzen

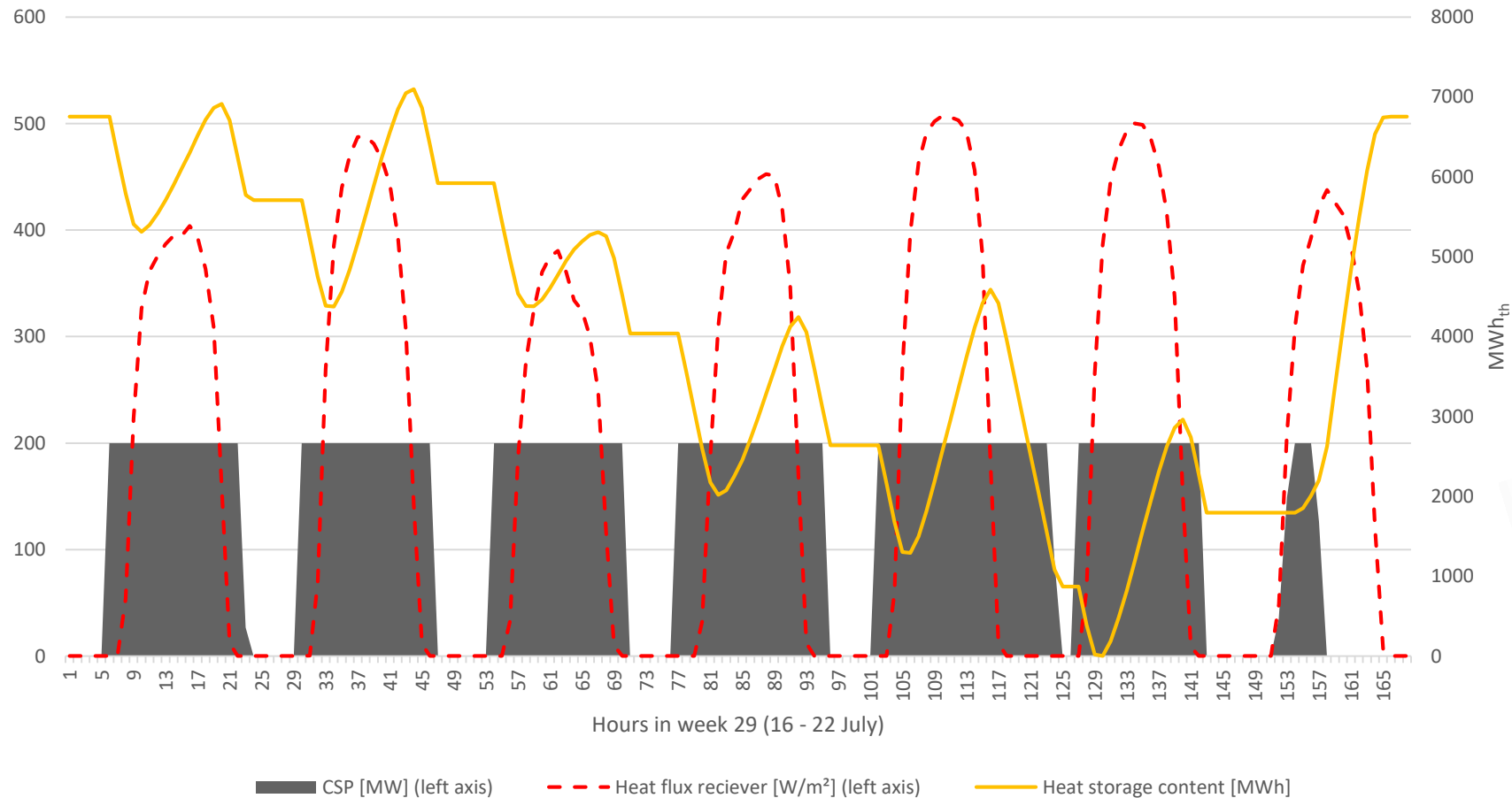


Winter: geringere Erträge



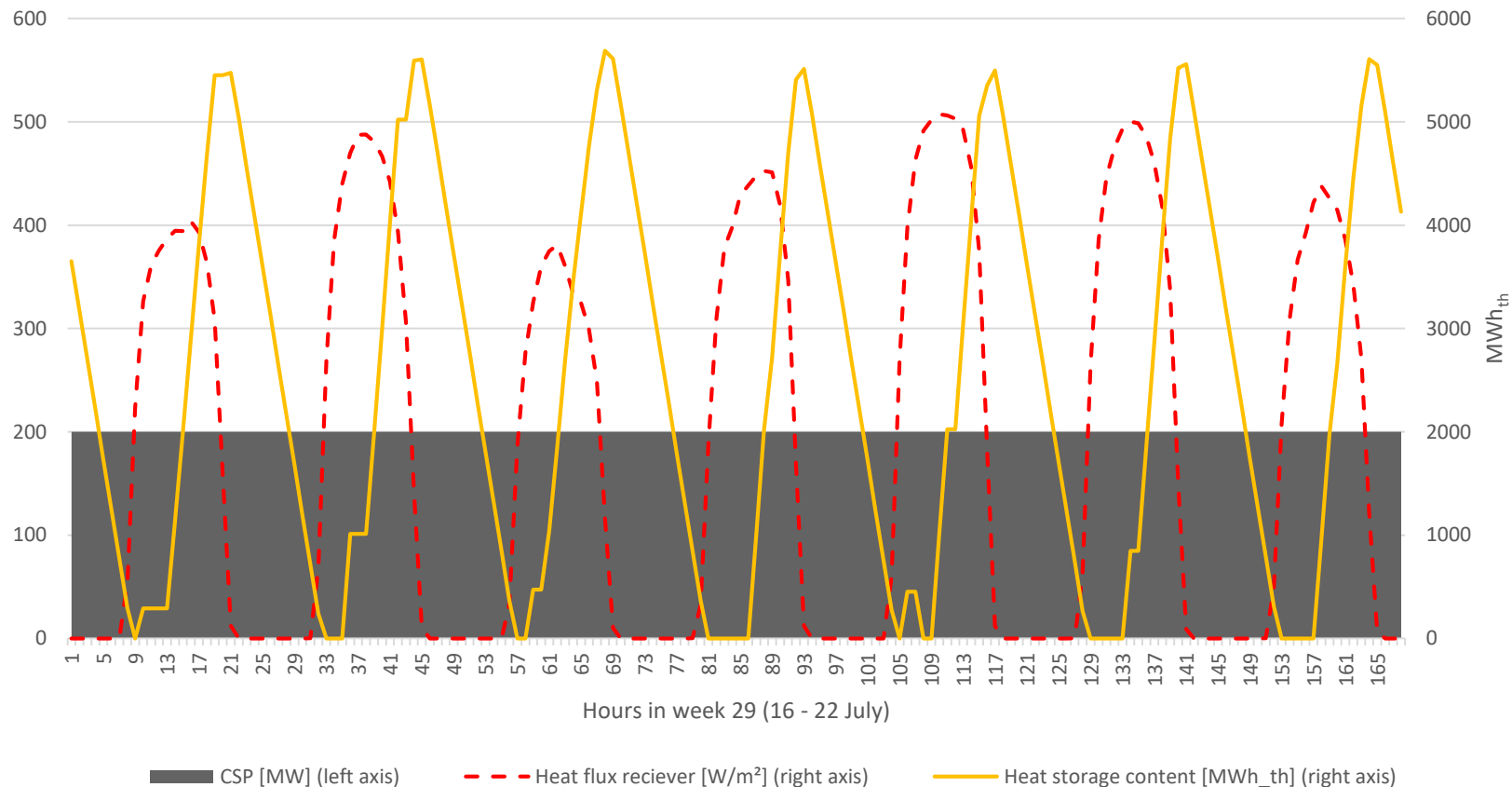
- **Saisonale Schwankungen:** Geringere Strahlungsintensität bedingen geringere Stromerzeugung im Winter
- Erzeugung tagsüber aufgrund von Preisniveau

Erweiterung des Speichers (von 11 auf 17 h) allein bedingt kein anderes Erzeugungsprofil



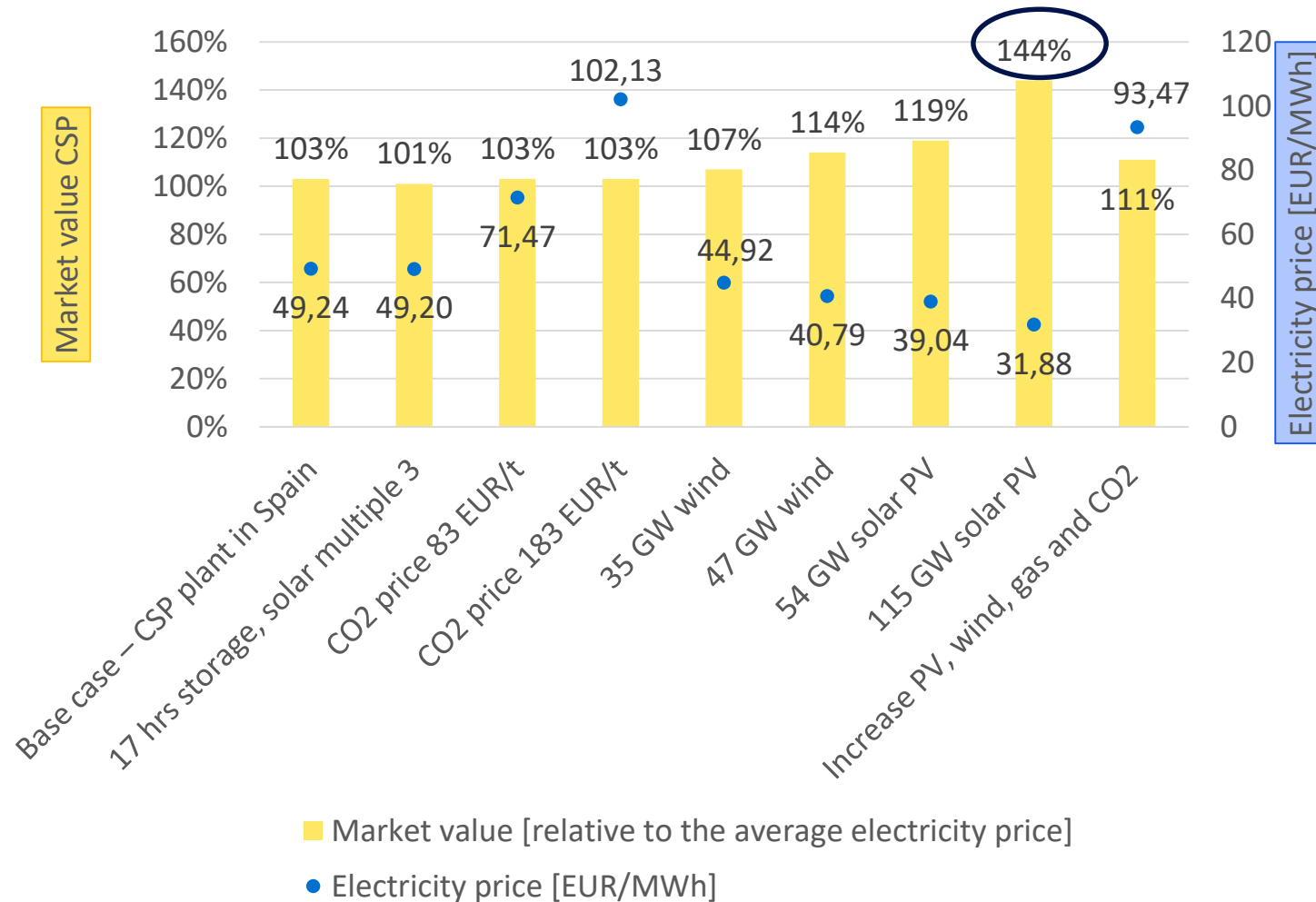
- Speichererweiterung von 11 auf 17 h
- Ohne eine Vergrößerung des Solarfelds bleibt das Erzeugungsverhalten fast gleich: Für die Solarfeldgröße sind 11 h Speicher ausreichend

Gleichzeitige Vergrößerung des Solarfeldes ermöglicht kontinuierliche Erzeugung (Sommer)



- Solar multiple von 3 anstelle von 1.5
- Solar multiple bezeichnet ein Maß für das Verhältnis von thermischem Output des Solarfeldes zu thermischen Energiebedarf der Stromerzeugungseinheit im Nennpunkt

Ergebnisse: Strompreise und Marktwerte



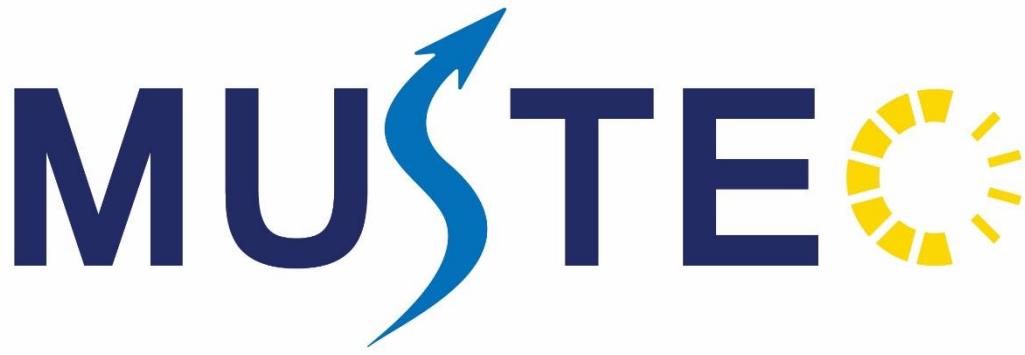
- **Vergrößerter Speicher allein erhöht den Marktwert von CSP im derzeitigen Stromsystem nicht** signifikant aufgrund der höheren Strompreise während des Tages. Wenn gleichzeitig auch der Solar Multiple steigt, kann insgesamt mehr Energie vermarktet werden.
- **CSP Marktwerte** über 100% in allen Sensitivitätsanalysen: **am höchsten im Fall von hohem PV Anteil** im Stromsystem (Marktwert von 144%)
- Hoher Anteil von dargebotsabhängiger Erzeugung von PV und Wind erhöhen den Marktwert von CSP. Gleichzeitig sind dann Durchschnittsstrompreise und Markterlöse am geringsten.

Systeme mit hohem Anteil an PV begünstigen den Einsatz von CSP



CSP kann sich flexibel an die Erfordernisse des Energiesystems anpassen, aber dafür braucht es entsprechende Preissignale bzw. zielgerichtete Anreize, die dieser Flexibilität einen Wert geben.

- “Duck Curve”
- Komplementärer Einsatz von CSP/PV
- DEWA Projekt in UAE: 700 MW CSP + 250 MW PV, 11-15 h Speicher
- Ausschreibung: *“best offer for manageable **CO2-free energy** on demand, about 200 GWh/y from 4 pm to 10 am whatever the combination between technologies is, as long as it is CO2 free, i.e. in line with the 100% decarbonisation goal for the power”*



Market Uptake of Solar Thermal Electricity through Cooperation

Thank you!

Questions? Feedback?
Franziska Schöniger

Energy Economics Group, Vienna University of Technology
schoeniger@eeg.tuwien.ac.at



The information and views set out in this presentation are those of the author(s) and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union. Neither the European Union institutions and bodies nor any person acting on their behalf may be held responsible for the use which may be made of the information contained therein.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 764626

References



Denholm, P., Margolis, R., & Milford, J. (2008). Production Cost Modeling for High Levels of Photovoltaics Penetration. In *Technical Report NREL/TP-581-42305*.

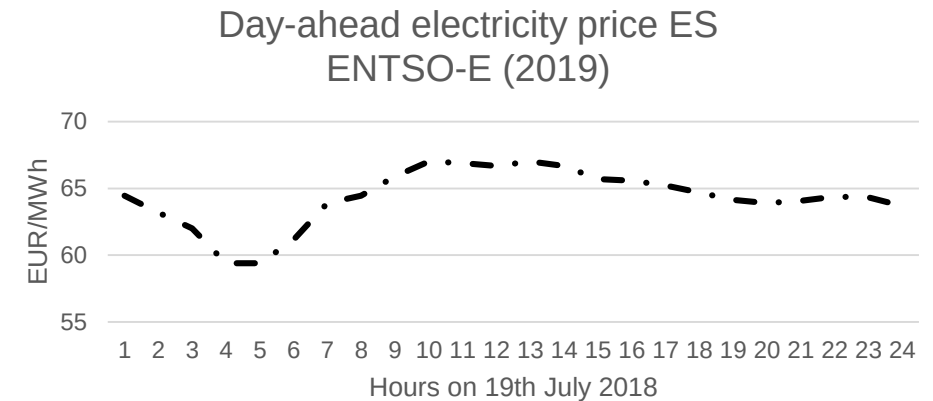
IRENA. (2019). *Renewable Power Generation Costs in 2018*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

SolarPACES. (2019). CSP Projects Around the World. Retrieved December 13, 2019, from <https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-projects-around-the-world/>

Schlussfolgerungen

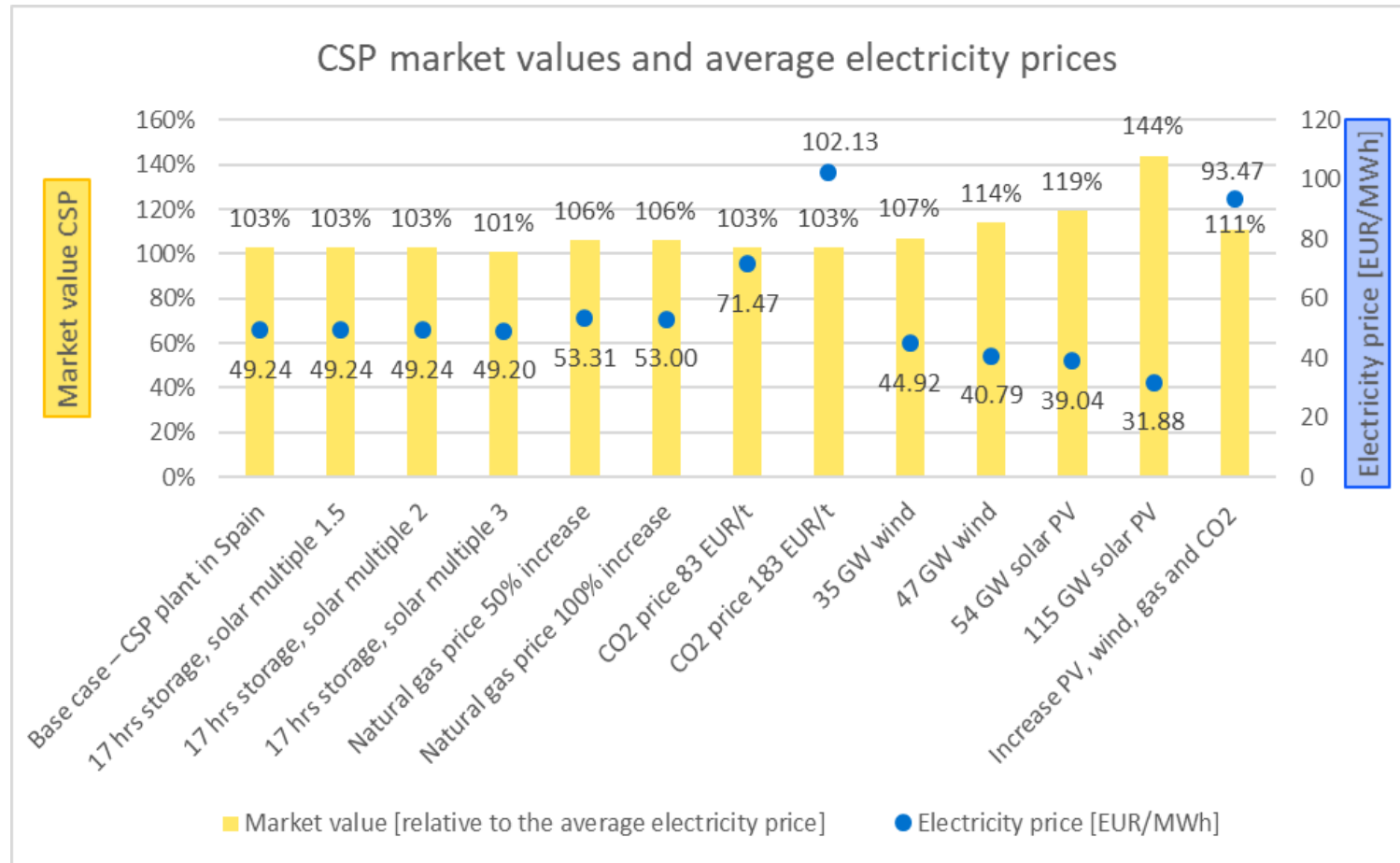


- CSP kann grundsätzlich **sehr flexibel auf Preissignale reagieren**
- Die Ausnutzung des Speichersystems ist stark abhängig von den Preissignalen des Marktes: besondere Bedeutung der **Korrelation von Solarstrahlung und Peakstrompreisen**



- **Hoher Anteil dargebotsabhängiger, fluktuierender Erneuerbarer** führen zu den **höchsten relative Marktwerten für CSP** (bis zu 144% in stark PV-geprägten systems)
- In einem **möglichen zukünftigen Stromsystem**, das diese Charakteristika zeigt – in Kombination mit erwarteten Kostenreduktionen von CSP – könnte CSP seine Hauptvorteile beitragen – flexible, erneuerbare, und CO₂-freie Stromerzeugung

Ergebnisse (gesamte Übersicht)



- **Vergrößerter Speicher allein erhöht den Marktwert von CSP im derzeitigen Stromsystem nicht** signifikant aufgrund der höheren Strompreise während des Tages. Wenn gleichzeitig auch der Solar Multiple steigt, kann insgesamt mehr Energie vermarktet werden.
- **CSP Marktwerte** über 100% in allen Sensitivitätsanalysen: **am höchsten im Fall von hohem PV Anteil** im Stromsystem (Marktwert von 144%)
- Hoher Anteil von dargebotsabhängiger Erzeugung von PV und Wind erhöhen den Marktwert von CSP. Gleichzeitig sind dann Durchschnittsstrompreise und Markterlöse am geringsten.