Kurzfassungsband

TU Graz

Technische Universität Graz
Graz University of Technology

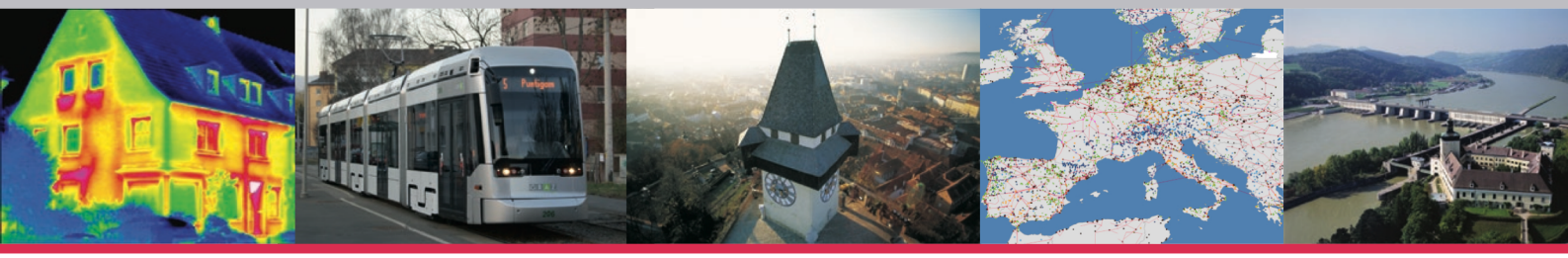
IEE

# EnInnov2020

## 16. Symposium Energieinnovation

**ENERGY FOR FUTURE - Wege zur Klimaneutralität**

**12.-14. Februar 2020 TU Graz, Österreich**



OVE

oesterreichs energie.

WORLD ENERGY COUNCIL AUSTRIA

| STREAMS | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Energiesystem und Klima | Erneuerbare u. Wasserstoff | Energie- und Elektrizitätsmarkt | Sichere Über-tragungsnetze | Zukunftsfähige Verteilnetze | Sektorkopplung, Flex. und EnEff | Wärme- und Kälteversorgung | Speicher und Elektromobilität |

## Mittwoch, 12.02.2020

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12:00 12:15 | ERÖFFNUNG UND BEGRÜßUNG (i13) | | | | | | | |
| 12:15 14:00 | ERÖFFNUNGS-PLENUM (P0, i13, Rektor Kainz) | | | | | | | |
| 14:00 14:30 | KAFFEEPAUSE (Foyer EnergieZentrumGraz, mit Unterstützung durch KNG-Kärnten Netz GmbH) | | | | | | | |
| 14:30 16:30 | P1 *Schichler* i13 — Elektrizitätswirtschaft und Industrie | | | | P2 *Mütze* i12 — Erneuerbare Energien | | | |
| 16:30 17:00 | KAFFEEPAUSE (Foyer EnergieZentrumGraz, mit Unterstützung durch Energie Steiermark AG) | | | | | | | |
| 17:00 19:00 | A1 *Metschina* i11 — Klima und Biomasse | B1 *Haber* i7 — Erneuerbare Energien | C1 *Schaffer* i1 — Elektrizitäts-märkte | D1 *Hofbauer* i12 — Übertragungs-netze | E1 *Witzmann* i13 — Netzausbau-planung | F1 *Hehenberger-Risse* i3 — Power-to-X | G1 *Pröll* i5 — Wärmenetze | H1 *Hirschberg* i6 — Elektromobilität |
| ab 19:30 | ABENDVERANSTALTUNG (Aula der Alten Universität Graz, Innenstadt, Hofgasse 14) (mit Unterstützung durch das Land Steiermark) | | | | | | | |

## Donnerstag, 13.02.2020

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:20 10:00 | A2 *Sützl-Klein* i11 — Soziale Aspekte Klimaneutralität | B2 *Trimmel* i7 — Photovoltaik I | C2 *Wolloner* i1 — Energiesystem- u. Marktmodelle I | D2 *Marketz* i12 — Interdisziplinäre Aspekte | E2 *Renner* i13 — Mittelspann-ungsnetze I | F2 *Süßen-bacher* i3 — Sektorkopplung | G2 *Sanz* i5 — Kälte und Wärme | H2 *Sumereder* i6 — Ladeinfrastruktur |
| 10:00 10:30 | KAFFEEPAUSE (Foyer EnergieZentrumGraz, mit Unterstützung durch Energie AG Oberösterreich) | | | | | | | |
| 10:30 11:50 (12:50) | A3 *Spitzer* i11 — Erneuerbare in Österreich | B3 *Weißen-bacher* i7 — Photovoltaik II | C3 *Bertsch* i1 — Energiesystem- u. Marktmodelle II | D3 *Hoppe* i12 — Netzbetrieb und Leitwarten | E3 *Draxler* i13 — Mittelspann-ungsnetze II | F3 *Bauhofer* i3 — Flexibilisierung I | G3 *Passer* i5 — Gebäude und Energie | H3 *Thomas* i6 — Wärmespeicher |
| 11:50 14:00 | MITTAGESSEN (Nikola-Tesla-Halle NTH, Inffeldgasse 18) (mit Unterstützung durch Austrian Power Grid AG) | | | | | | | |
| 14:00 16:00 | P3 *Reichel* i13 — Klima, Elektrische Energie und Wasserkraft | | | | P4 *Eichlseder* i12 — Energy Transition, Speicher und Elektromobilität | | | |
| 16:00 16:30 | KAFFEEPAUSE (Foyer EnergieZentrumGraz) | | | | | | | |
| 16:30 18:30 | A4 *Brauner* i11 — Energiesystem-entwicklung | B4 *Herdina* i7 — Wasserkraft | C4 *Finkel* i1 — Flexibilitäts-märkte | D4 *Misak* i12 — Systemsicherheit | E4 *Pacher-negg* i13 — Verteilnetze | F4 *Grund-mann* i3 — Flexibilisierung II | G4 *Raupen-strauch* i5 — Industrielle Wärmeversorgung | H4 *Wilkening* i6 — Batterien |
| ab 19:00 | ABENDVERANSTALTUNG (Nikola-Tesla-Halle NTH, Inffeldgasse 18) (mit Unterstützung durch die Stadt Graz) | | | | | | | |

## Freitag, 14.02.2020

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:20 10:00 | | B5 *Höller* i7 — Wind und Solar | C5 *Imboden* i1 — Innovative Energiemärkte | D5 *Pack* i12 — Komponenten | E5 *Gawlik* i13 — Flexibilisierung und Netze | F5 *Krotil* i3 — Energieeffizienz I | G5 *Rieberer* i5 — Wärmepumpen | H5 *Wagner* i6 — Energiespeicher |
| 10:00 10:30 | KAFFEEPAUSE (Foyer EnergieZentrumGraz) | | | | | | | |
| 10:30 12:30 | A6 *Lutter* i11 — Regionale Energieaspekte | B6 *Hacker* i7 — Wasserstoff | C6 *Mair* i1 — Regelmärkte und Engpassmgmt. | D6 *Großmann* i12 — Netze und Lastflussaspekte | E6 *Schür-huber* i13 — Virtuell, Smart, Digital | F6 *Getzinger* i3 — Energieeffizienz II | G6 *Trattnig* i5 — Smart Cities | H6 *Bergauer* i6 — Stromspeicher |
| 12:30 13:30 | ABSCHLUSS-PLENUM (P5, i13) | | | | | | | |

***Streams: A-H; Plena: P0-P5; Sessionen: A1-A6; B1-B6, C1-C6, D1-D6, E1-E6, F1-F6, G1-G6, H1-H6; Hörsäle: i1, i3, i5, i6, i7, i11, i12, i13***

3.2.4. Graue Energie und Flächenverbrauch von PV Anlagen und anderen erneuerbaren/fossilen Energiequellen ..... 92
Manuela FRANZ, Michael NARODOSLAWSKY

3.2.5. Konzepte zur autarken Stromversorgung für Campingplätze im Saisonbetrieb ..... 94
Jonas KORNHUBER, Udo BACHHIESL

**3.3. PHOTOVOLTAIK II (STREAM B3) 96**

3.3.1. Gefährdet ein zu starker politischer fokus auf den Photovoltaik-Ausbau die systemstabilität? ..... 96
Daniel WIBMER

3.3.2. Impact of the Load Modeling on the Optimal Selection of Rooftop Surfaces for PV Installation ..... 98
Nevena SREĆKOVIĆ, Gorazd ŠTUMBERGER

3.3.3. Nichtlineare MPC Regelung einer kombinierten Photovoltaik Heimspeicheranlage ..... 100
Muni Venkata Sai Kumar KONDURU, Harald KIRCHSTEIGER

3.3.4. PV-Leistungsprognosen: Optimierung und Anwendung ..... 102
Lukas GAISBERGER und Robert HÖLLER

3.3.5. Value of PV and Renewable Energy Communities in Selected European Countries ..... 104
Johannes RADL, Andreas FLEISCHHACKER, Georg LETTNER

3.3.6. Kritische Analyse der Jahresbilanzverfahren beim Einsatz einer Luftwärmepumpe in Kombination einer Photovoltaikanlage ..... 106
Georg BENKE, Christof AMANN

**3.4. WASSERKRAFT (STREAM B4) 107**

3.4.1. Hydro Storage as Enabler of Energy Transition ..... 107
Peter BAUHOFER, Michael ZOGLAUER

3.4.2. Energiespeicherung unter der Erde – Stillgelegtes Bergwerk als Pumpspeicherkraftwerk ..... 108
Hermann-Josef WAGNER

3.4.3. Potenzial für Wasserkraft & Energiespeicher ..... 110
Helmut BENIGNI, Helmut JABERG

3.4.4. Bereitstellung von Primärregelreserve mit einem Hybdridsystem bestehend aus einem Batteriespeicher und einem Laufkraftwerk ..... 112
Serdar KADAM, Thomas EIPER, Wolfgang HOFBAUER, Johann HELL

3.4.5. Untersuchungen zum Einsatz von Energiespeichern in Alpinen Ski- und Wandergebieten ..... 114
Claudia WERNER, Ivo SCHILLIG

3.4.6. Parametrierung eines dynamischen Kaplan-Turbinenmodells anhand von Messdaten... 115
Michael GRATZA, Christoph J. STEINHART, Rolf WITZMANN, Michael FINKEL

**3.5. WIND UND SOLAR (STREAM B5) 117**

3.5.1. Analysis of the African Electricity Infrastructure with Focus for the Use of Wind and Solar Potentials ..... 117
Robert GAUGL, Udo BACHHIESL, Lukas FRAUENLOB

3.5.2. Potentialanalyse eines Windstandortes im Bereich eines Low-Level-Jets ..... 119
Philip EGGER, Wolfgang WOYKE

3.5.3. Flexibel mit der Sonne haushalten: Die Rolle Solarthermischer Kraftwerke im zukünftigen Energiesystem der EU ..... 121
Franziska SCHÖNIGER, Gustav RESCH

3.5.4. Potenzial und Chancen durch Solarthermie – Fallbeispiel Schweiz ..... 123
Helene SPERLE, Samuel KUMMER, Matthias BERGER, Jörg WORLITSCHEK

3.5.5. D-CAT: In-Situ Test for Large Solar Thermal Collector Arrays Based on Grey-Box Modeling ..... 125
Philip OHNEWEIN, Daniel TSCHOPP

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

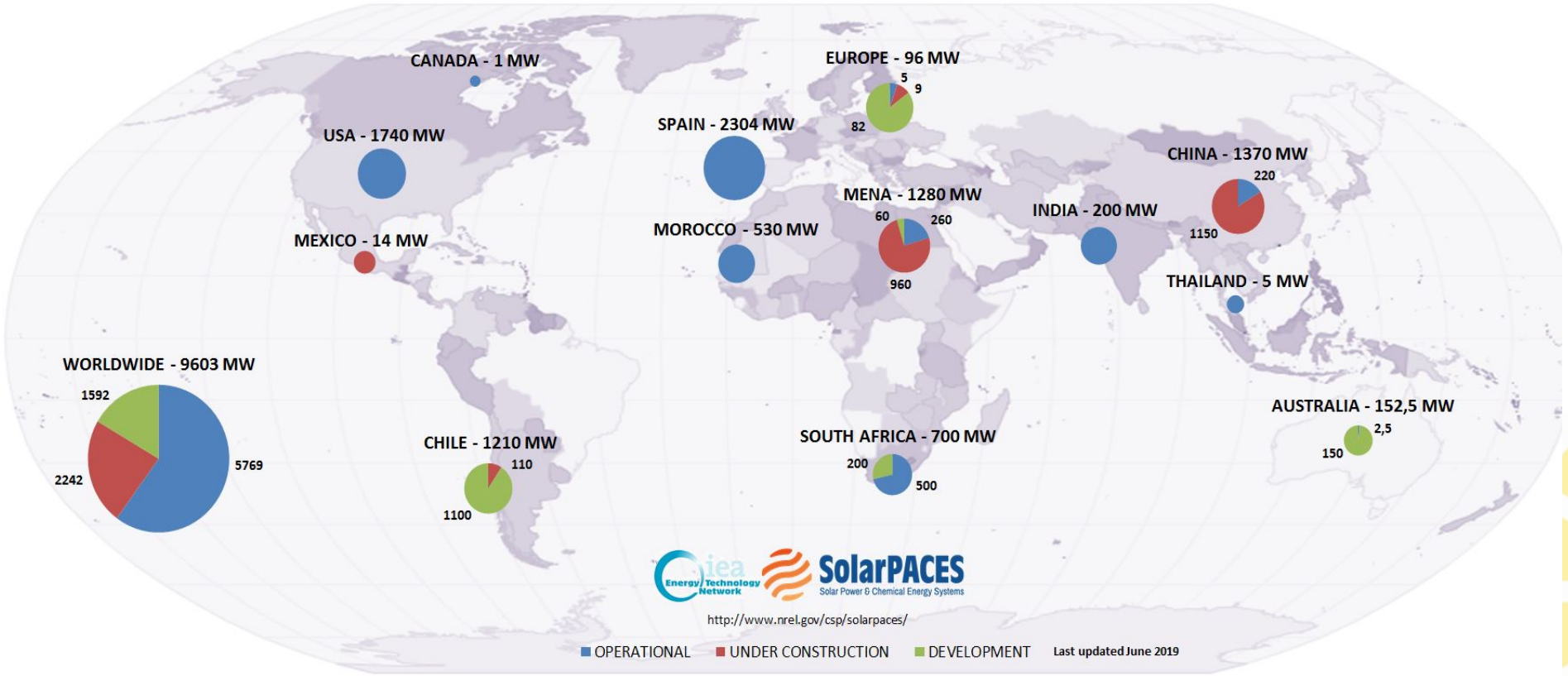
Franziska Schöniger, Gustav Resch

Energy Economics Group, TU Wien

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

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

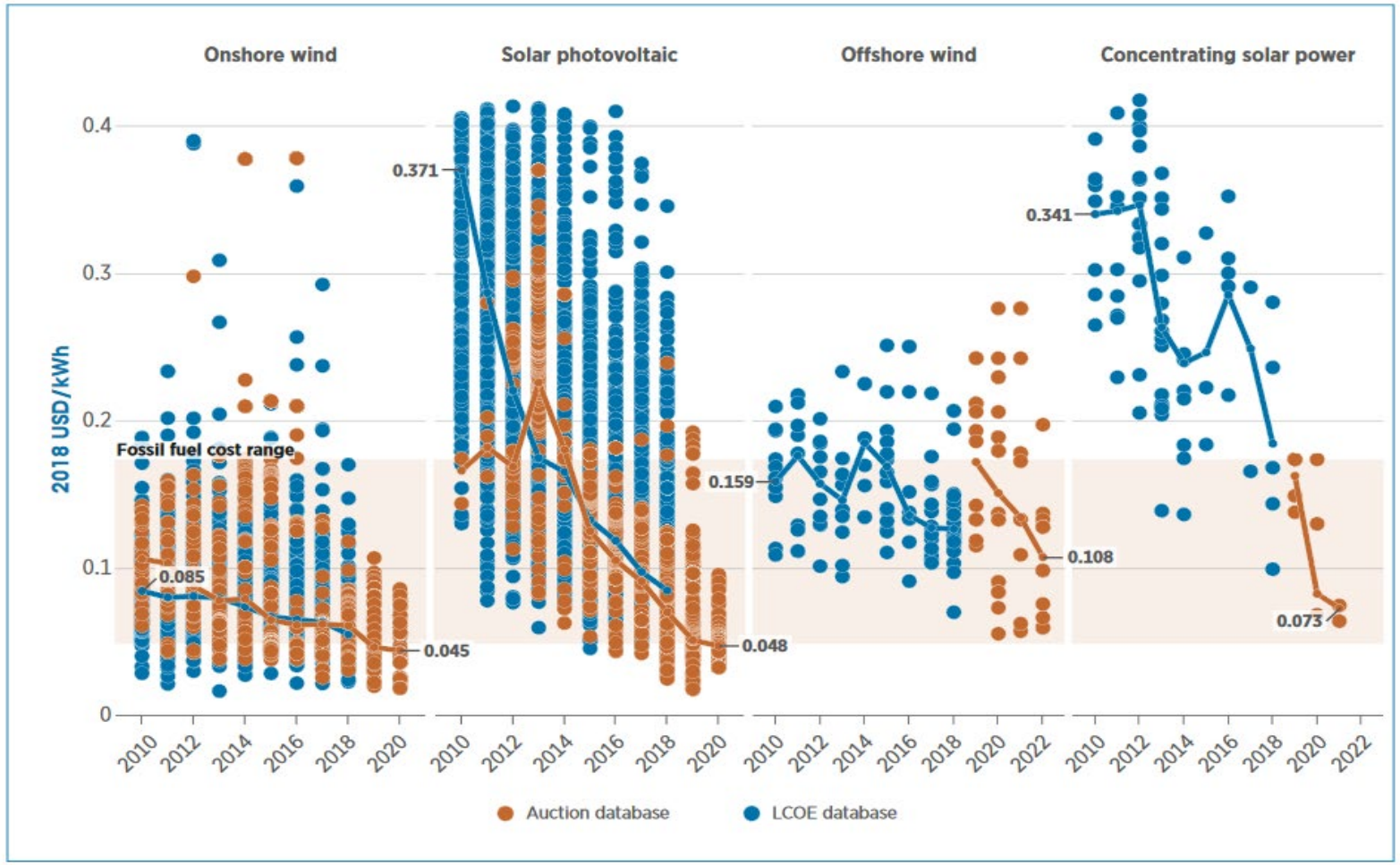
# 2019: Weltweit 9,6 GW Concentrating Solar Power (CSP) im Betrieb, im Bau oder in der Entwicklung




Source: SolarPACES (2019)

- **CSP** als $CO_2$-freie und flexible Erzeugungstechnologie zur Dekarbonisierung des Stromsystems
- **Wachstumsmärkte** v.a. in China und der MENA Region

# CSP: Steilste Lernkurve unter den Erneuerbaren




Source: IRENA: Renewable Power Generation Costs in 2018 (2019)

- 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

- **M**arket **U**ptake of **S**olar **T**hermal **E**lectricity through **C**ooperation: 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

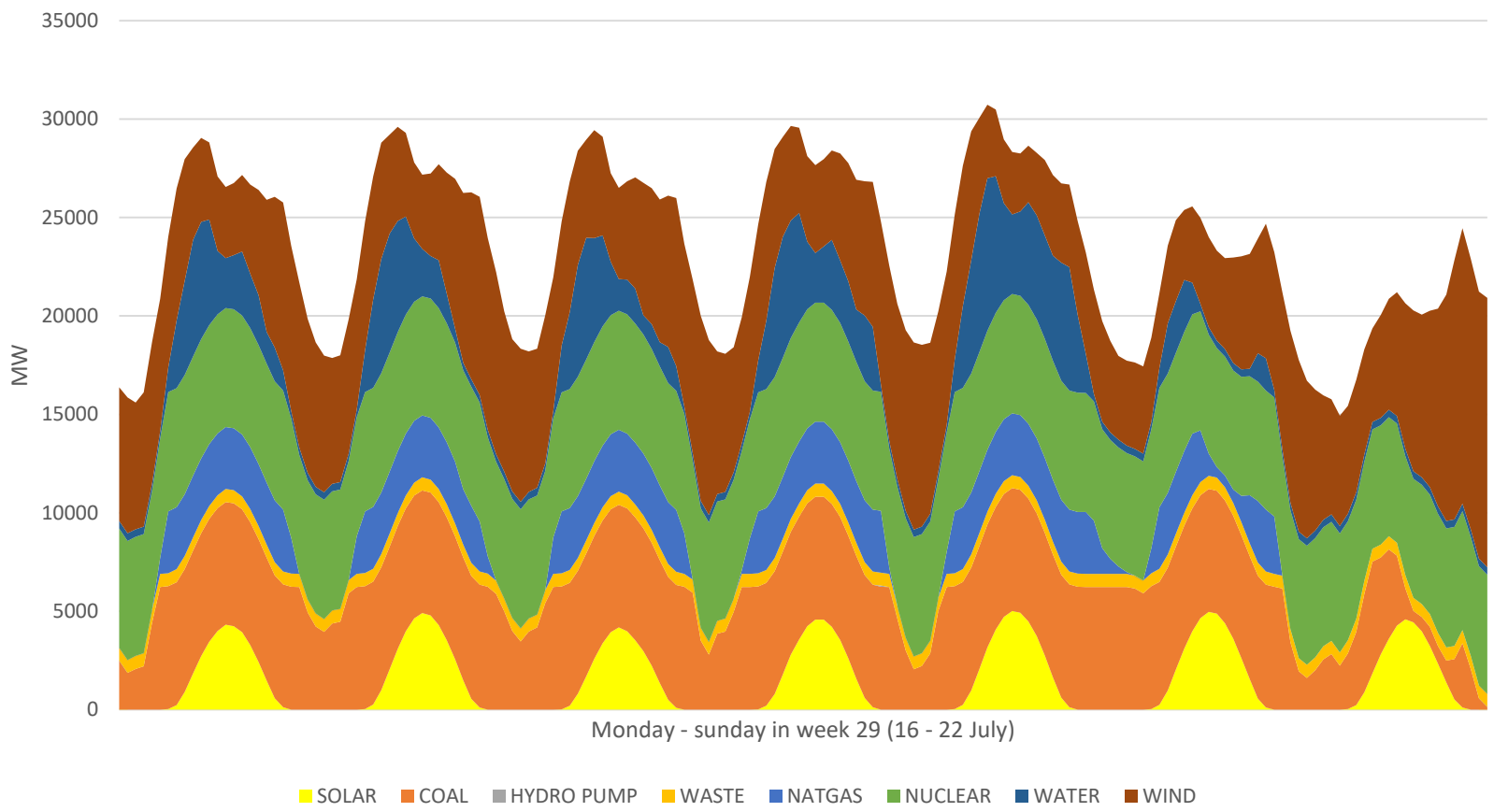
# CSP Technologiekonzept

**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

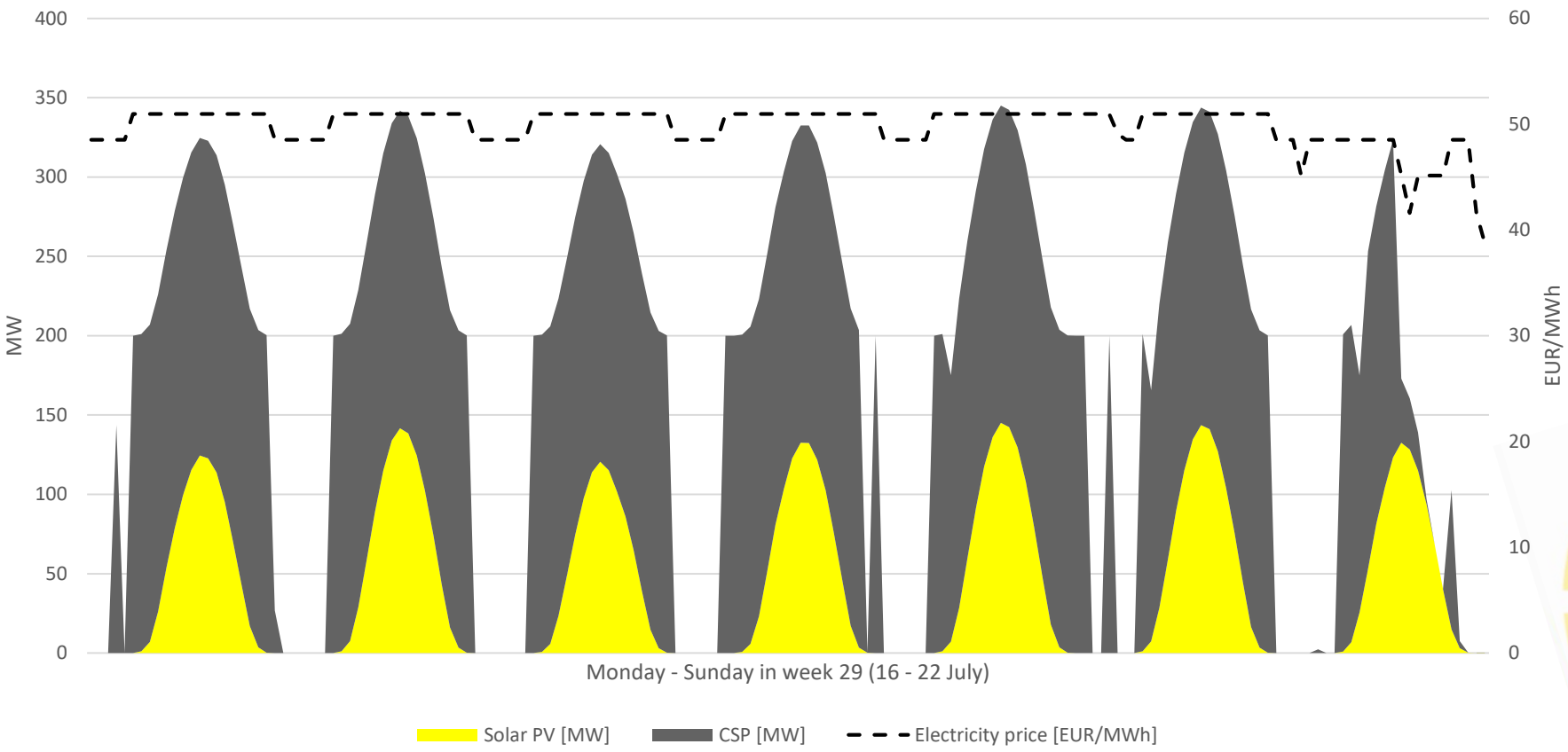
+ **erneuerbare, $CO_2$-freie** und **flexible** Stromerzeugung
+ höchst attraktiv für **zukünftige Energiesysteme (Flexibilität)**

# Spanischer Erzeugungsmix 2018



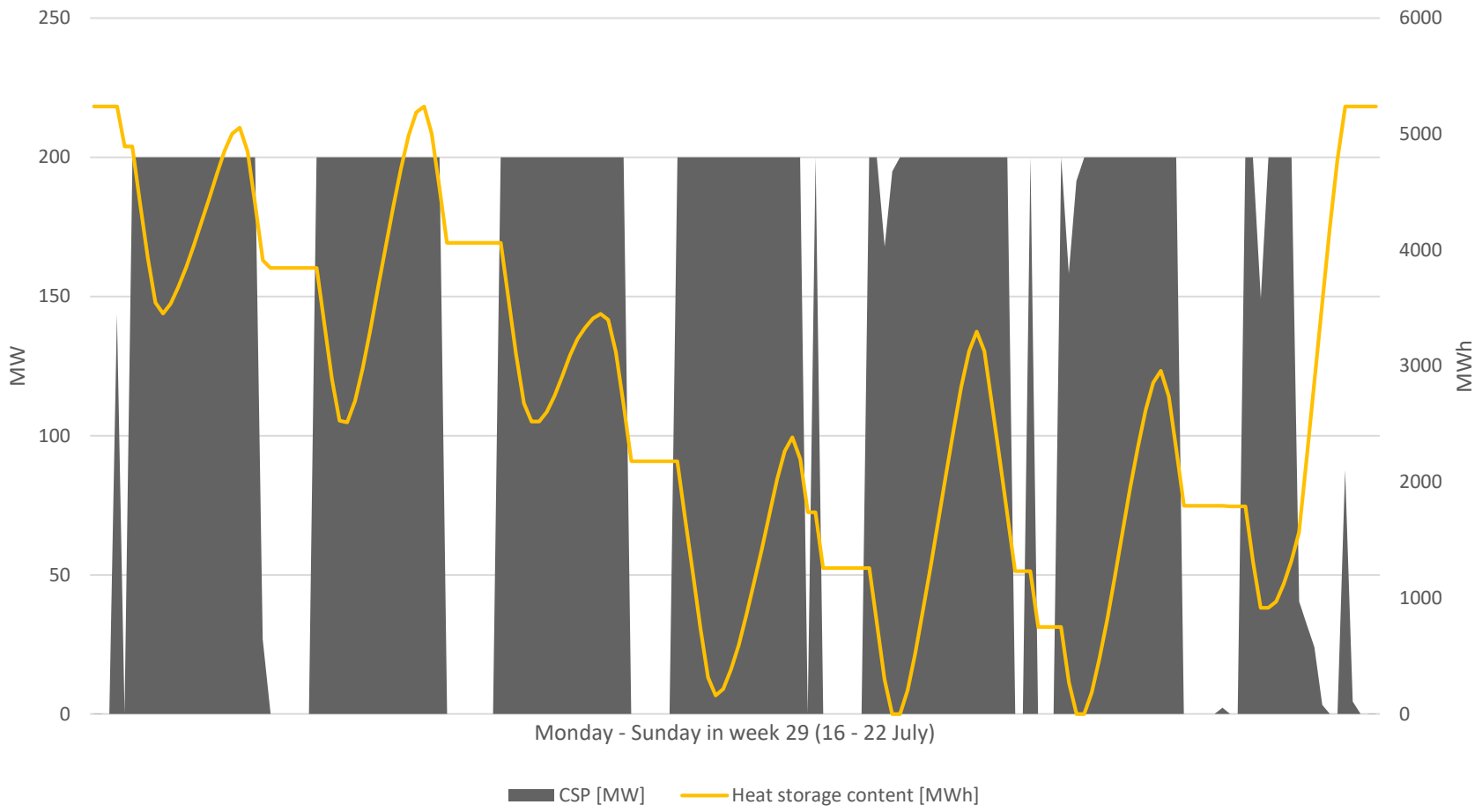

- **200 $MW_{el}$** CSP Kraftwerk mit **11 h thermischem Speicher** in Spanien
- Modellierung des gesamten span. Stromsystems inkl. Importen und Exporten
- Alle Erzeugungskapazitäten werden als exogene Inputparameter vorgegeben (2018)
- Optimierung des **stündlichen Kraftwerkseinsatzes**
- (Open source)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

# Erzeugungsprofil: 200 MW CSP und 200 MW PV im Vergleich



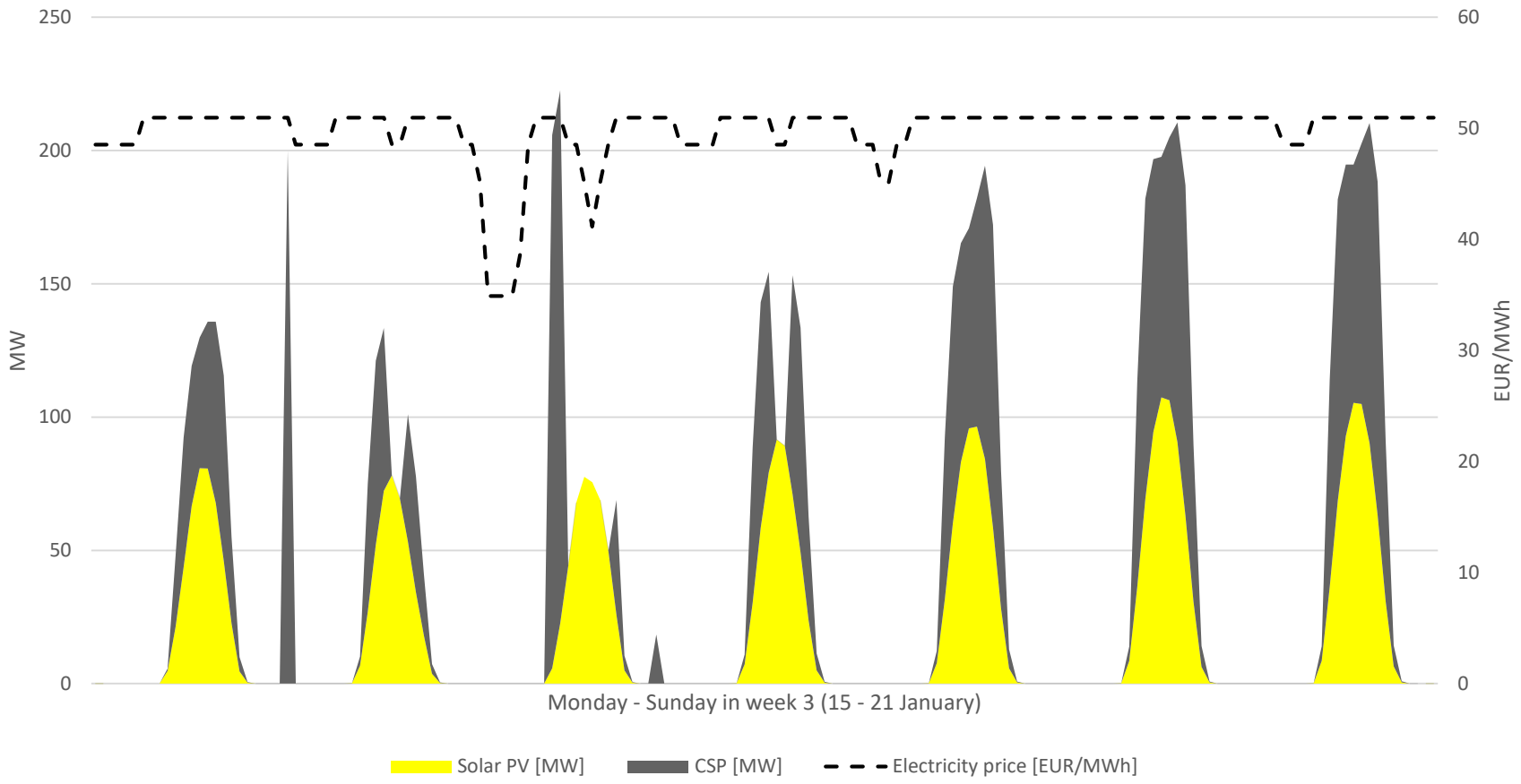

- CSP **erzeugt tagsüber** aufgrund des höheren Preisniveaus
- Verglichen mit PV: Zusätzliche Erzeugung in den **Morgen- und Abendstunden** möglich
- Der Speicher wird primär zur **Verlagerung innerhalb des Tages** und nicht in die Nacht hinein genutzt

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



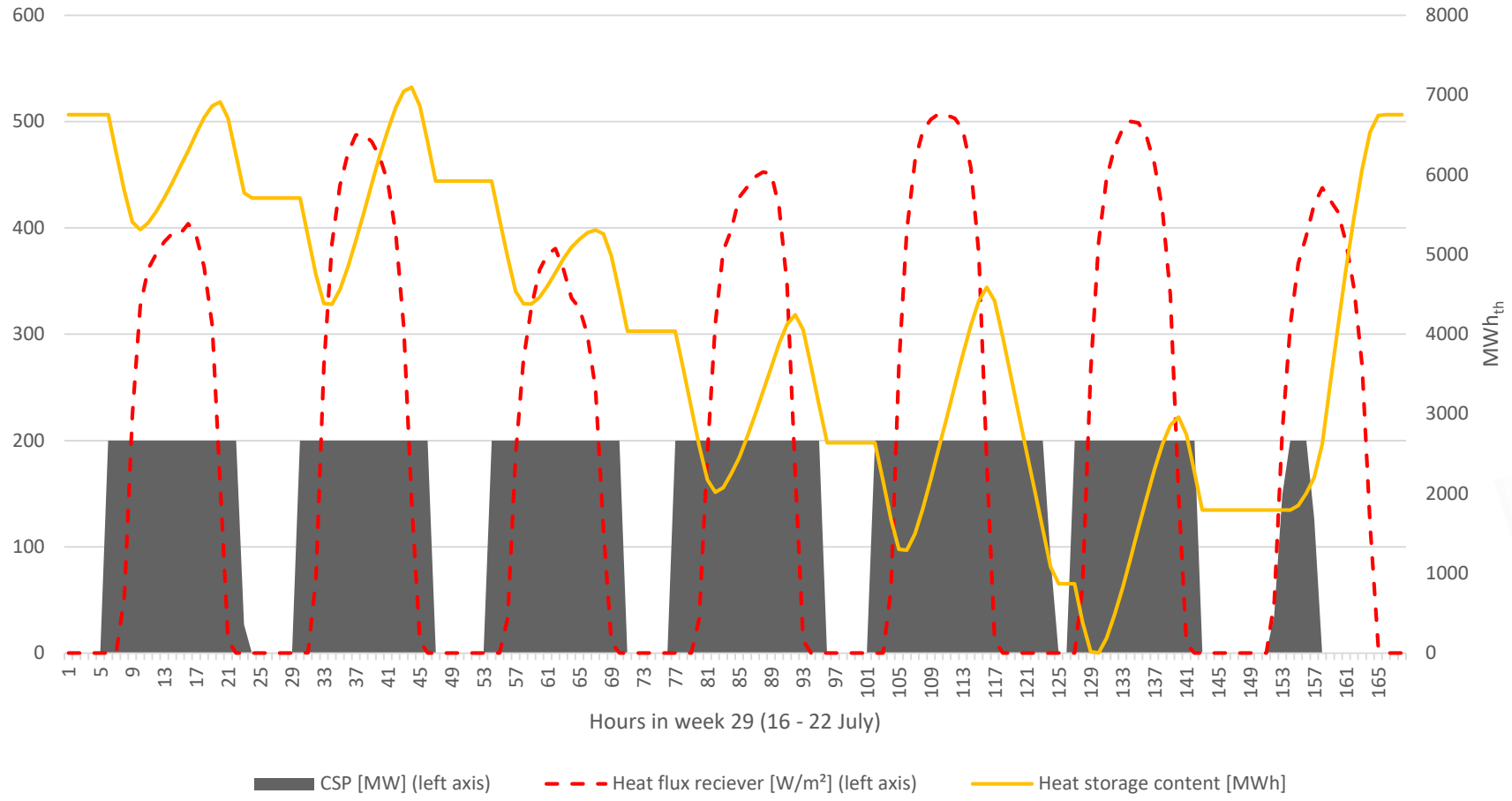

- Der thermische **Speicher** wird **über Mittag gefüllt** und in den Morgen- und Abendstunden geleert
- Speicherniveau sinkt im Wochenverlauf und wird **am Wochenende aufgefüllt** (niedrigeres Preisniveau)

# Winter: geringere Erträge



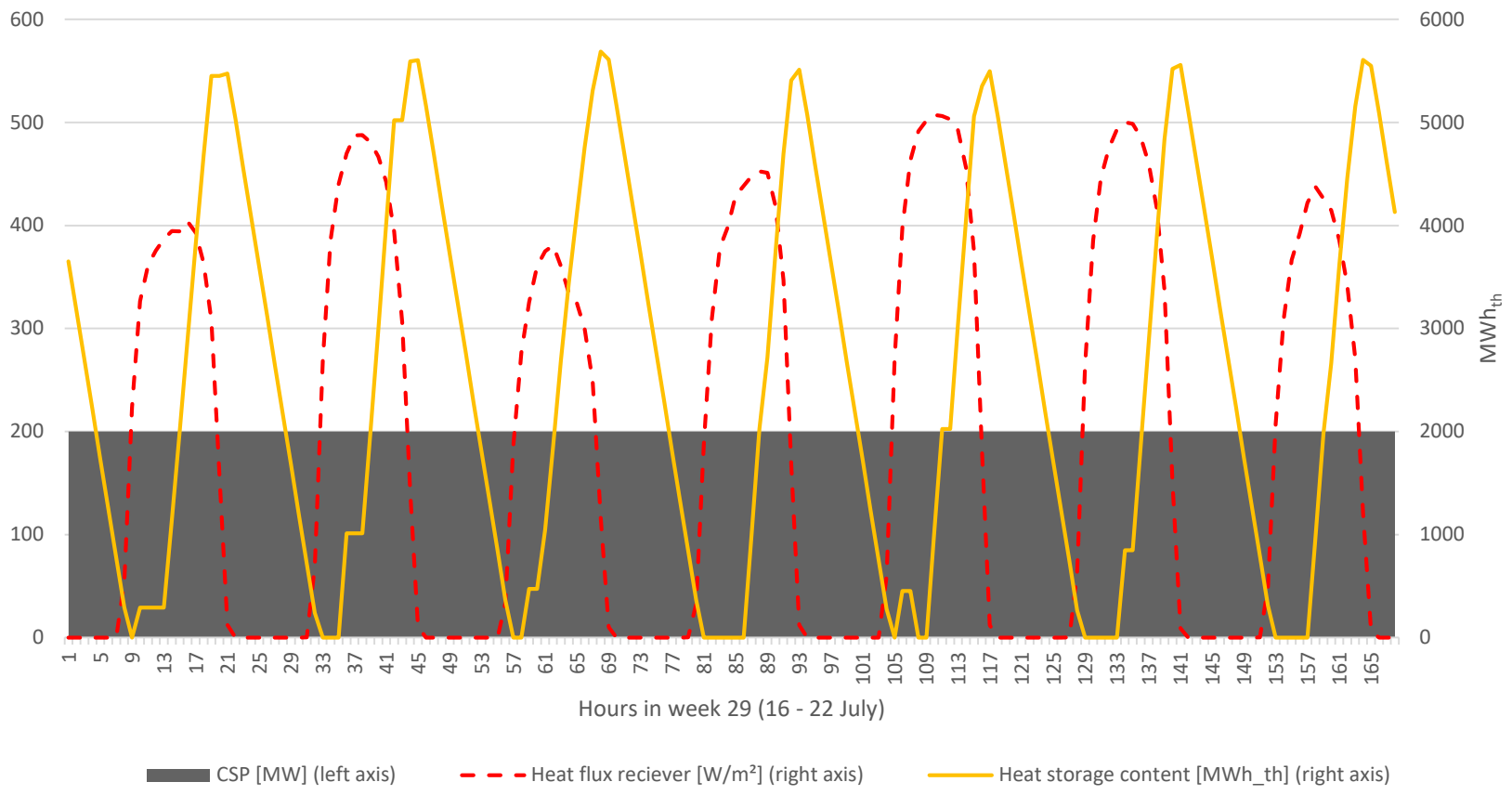

- **Saisonale Schwankungen**: Geringere Strahlungsintensität bedingen geringere Stromerzeugung im Winter
- Erzeugung tagsüber aufgrund von Preisniveau

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



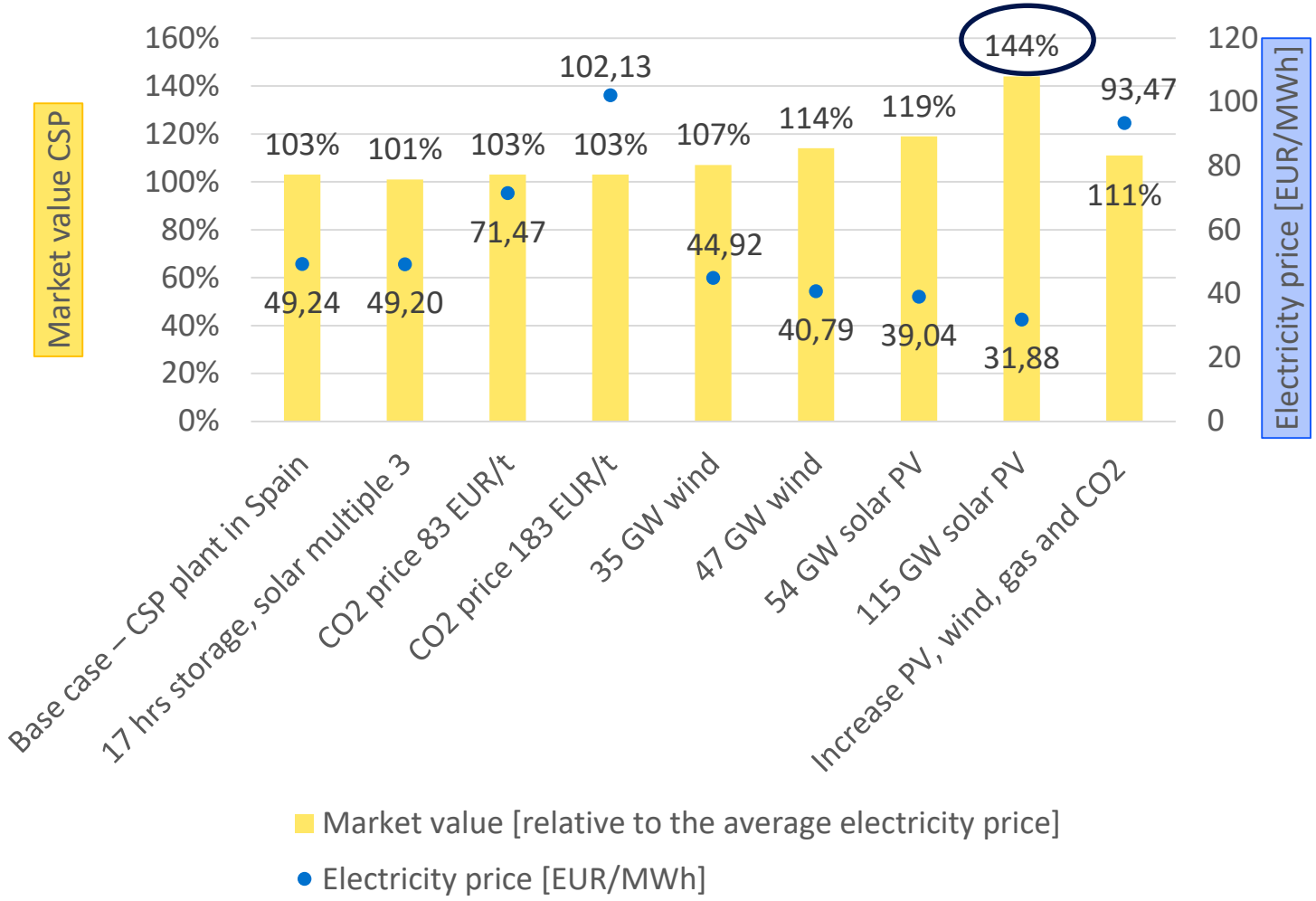

- Speichererweiterung von 11 auf 17 h
- Ohne eine Vergrößerung des Solarfelds bleibt das Erzeugungsverhalten fast gleich: Für die Solarfeldgröße sind 11 h Speicher ausreichend

# 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 Sensititvitätsanalysen: **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*

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

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/