

Das Potenzial der Endkunden-Flexibilität und ihre Implikationen

Karl Frauendorfer
(Universität St. Gallen, ior/cf-HSG)

Stromtagung 2016 (SIX, Zürich)
25. November 2016



CC Energy Management
ior/cf-HSG

Universität St.Gallen

Medienmitteilung vom 19. September 2016

AXPO mit 540-Millionen Abschreiber

- ❖ [...] Allein beim gerade erst fertig gestellten PSW Limmern schreibt AXPO 540 Mio. CHF ab.
- ❖ ... AXPO hat [...] 2,1 Mia. CHF in die Anlage investiert.
- ❖ Die Profitabilität des PSW Limmern hänge stark von der **Preisdifferenz zwischen Grundlast- und Spitzenstrom** ab, [...]
- ❖ **Diese Marge sei** aber für einen rentablen Betrieb **nicht ausreichend**. Die AXPO rechne nicht damit, dass sich das mittelfristig ändern werde.
- ❖ **Langfristig erwarte AXPO aber, dass die Profitabilität angesichts des Trends zu zunehmend unregelmässig anfallender Energieproduktion gesteigert werden könne.**

Virtuelle Kraftwerke (VPP)

Regelenergie aus dem Einfamilienhaus

„Wir kommerzialisieren Flexibilität“ CEO, Ampard AG

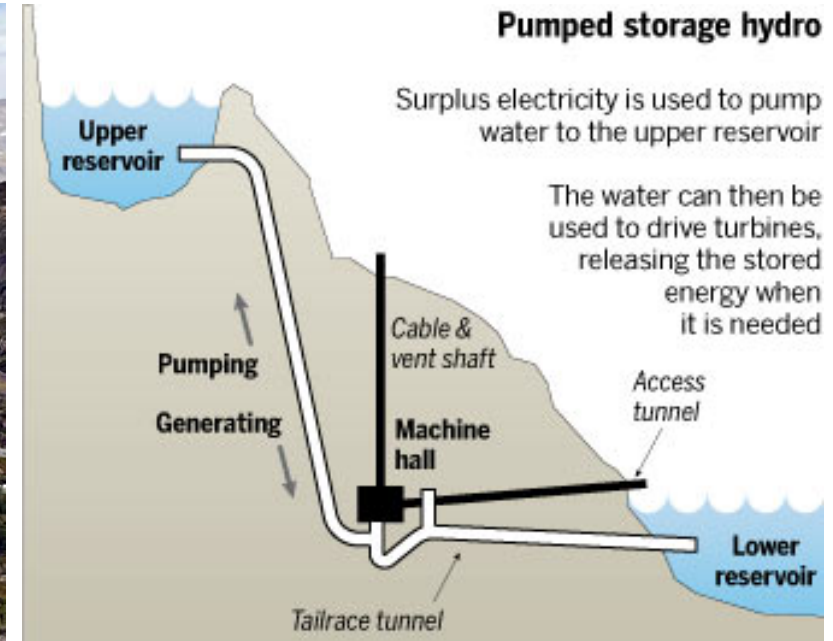
- ❖ *Das Unternehmen rüstet bestehende Solarstrom-Speicher [...] mit einer intelligenten Steuerungssoftware aus.*
- ❖ *Mittels dieser Software können die Ampard-Speicher zu einem **virtuellen Kraftwerk** zusammengefasst werden und Regelenergie für das Stromnetz bereitstellen.*
- ❖ *Diese relativ teure, kurzfristige Regelenergie werde dann, im Fall Schweiz, von der Swissgrid vergütet.*
- ❖ ***Dieser Verkauf eröffnet den Besitzern der Batteriespeicher eine zusätzliche Einnahmequelle.***

aus [enerigate messenger.ch](http://enerigate.messenger.ch) (3. Juni 2016)

Vor 10 Jahren konkurrenzlos ...



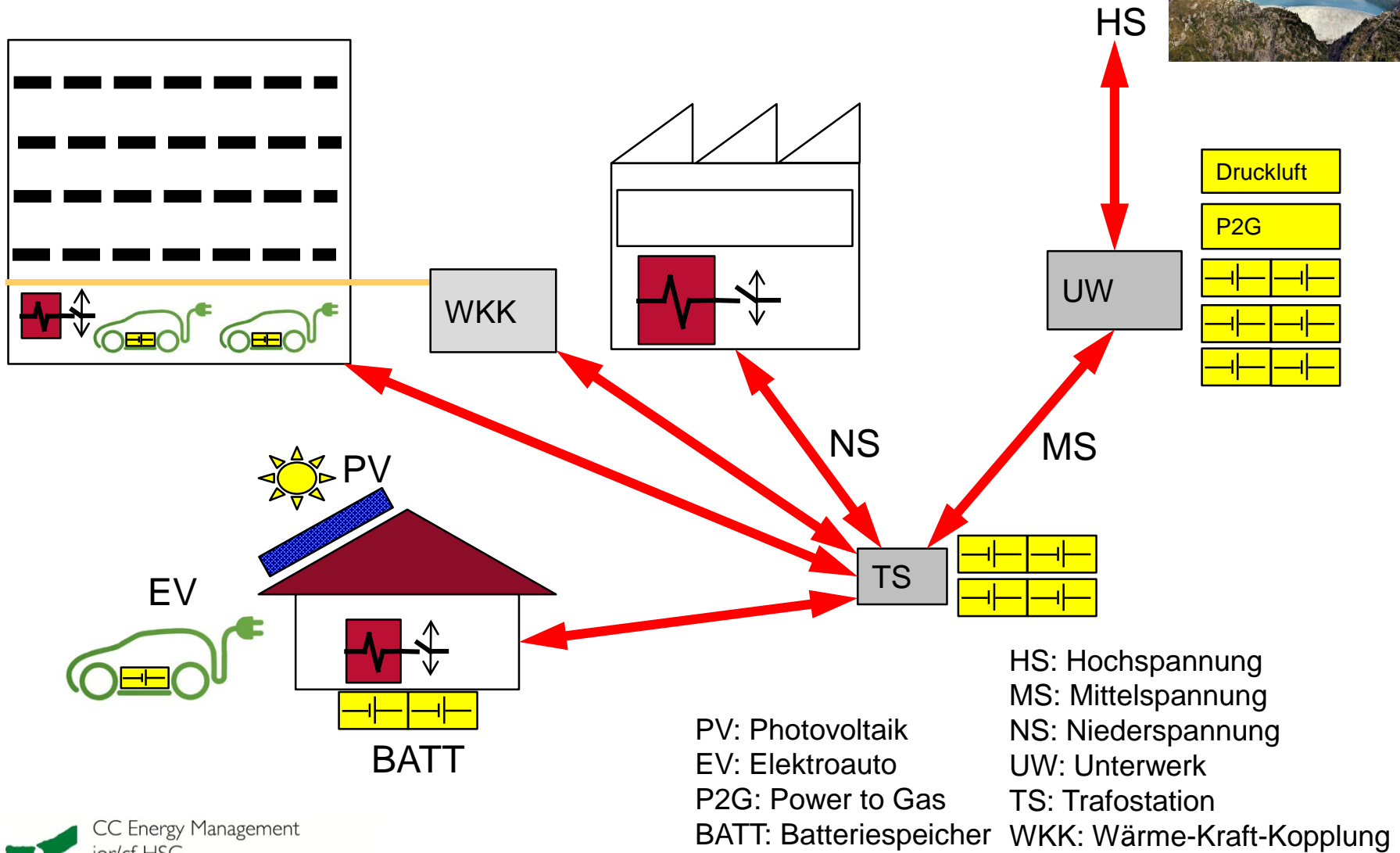
Nant de Drance (canton Valais, Switzerland)



Functional principle of a PSHP



...heute im bedingungslosen Wettbewerb

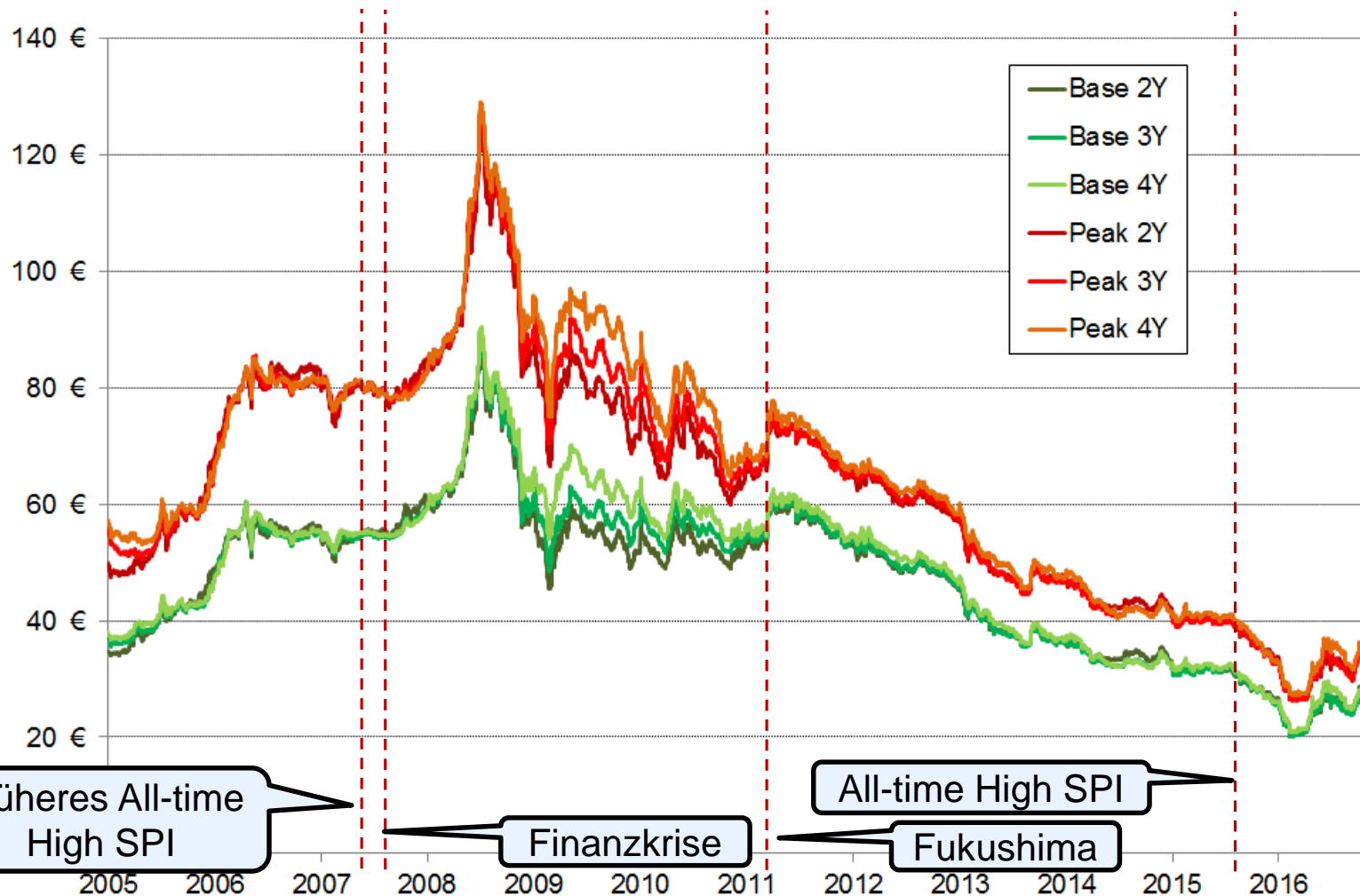


AGENDA

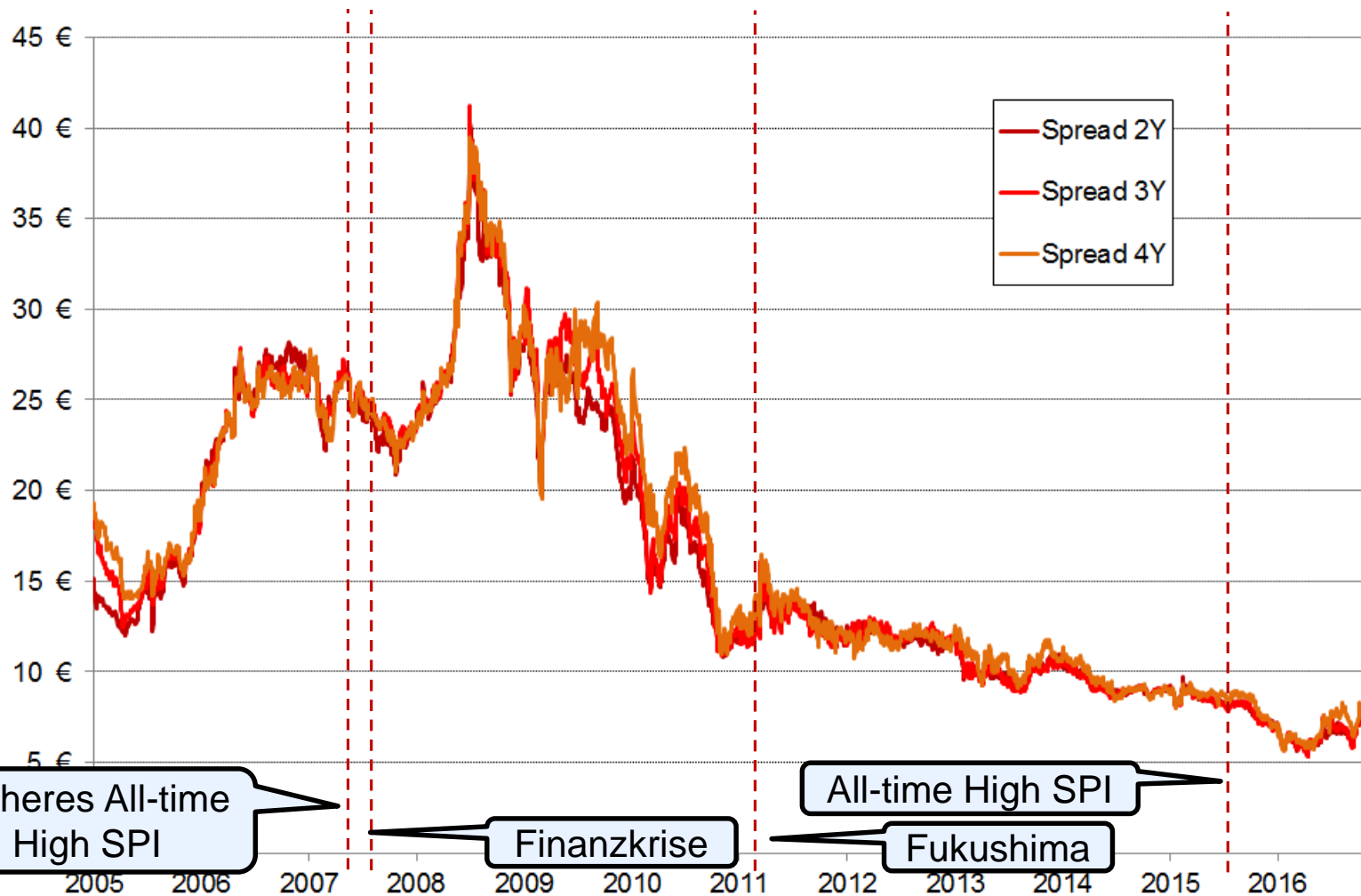
- ❖ **Innerer Wert eines VPP (Phelix vs. Swissix)**
 - ❖ **per Futures Term Structure im Okt. 2016 (-2021)**
 - ❖ Per Futures Term Structure im Jan. 2009 (-2014)
 - ❖ Historisches Ertragspotenzial (2008 – 2015)
- ❖ **Zeitwert der Flexibilität im VPP**
 - ❖ Volatilität im Spot-Market
 - ❖ Prämien (Black-Scholes Benchmark)
- ❖ **Implikationen**
 - ❖ VPP (Wochenspeicher)
 - ❖ Case L („Limmern“)
 - ❖ E-Mobilität
 - ❖ Lessons Learned



EEX Futures (Contango-Falle 2009-2010)

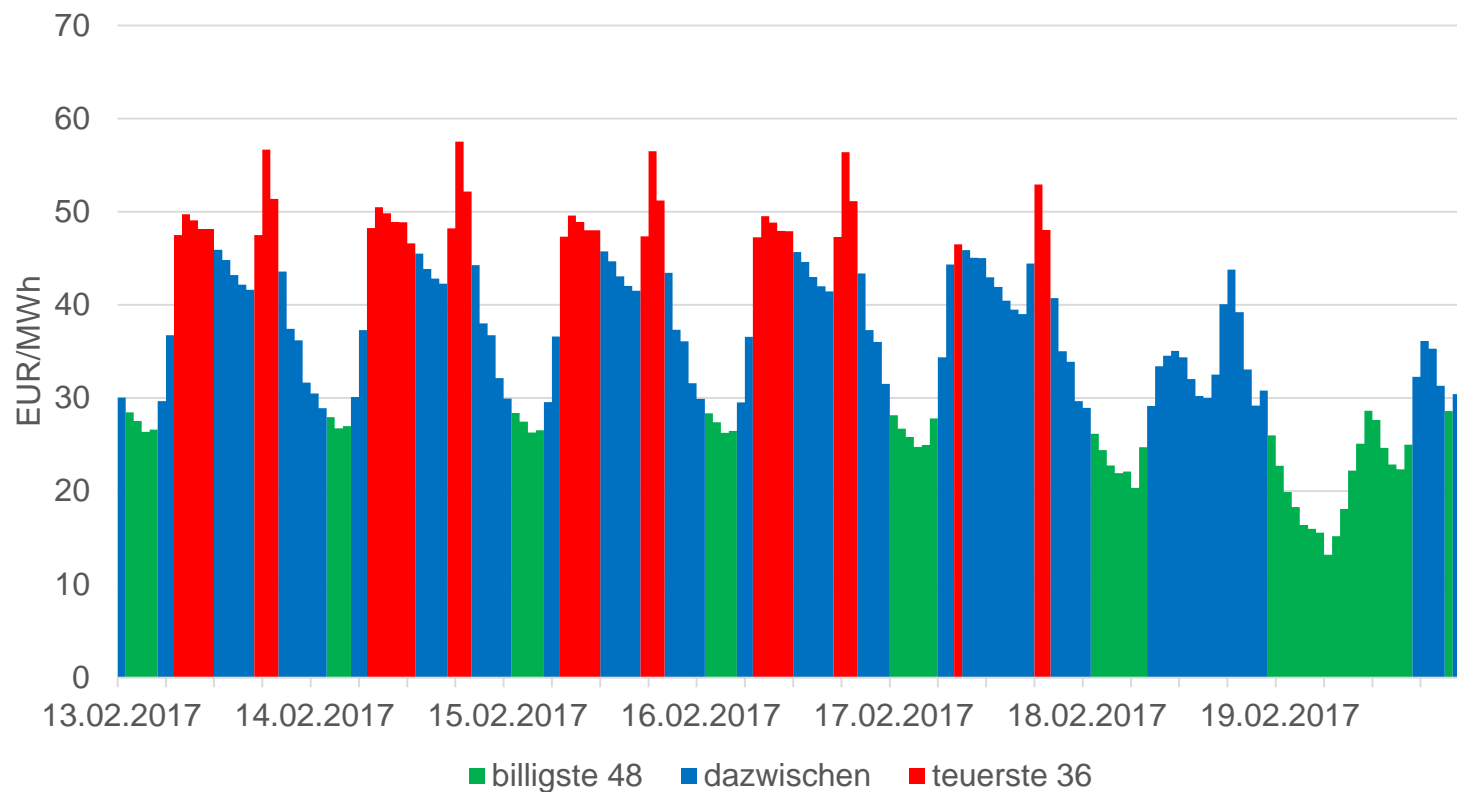


EEX Futures (Preis-Spread: Peak-Base)

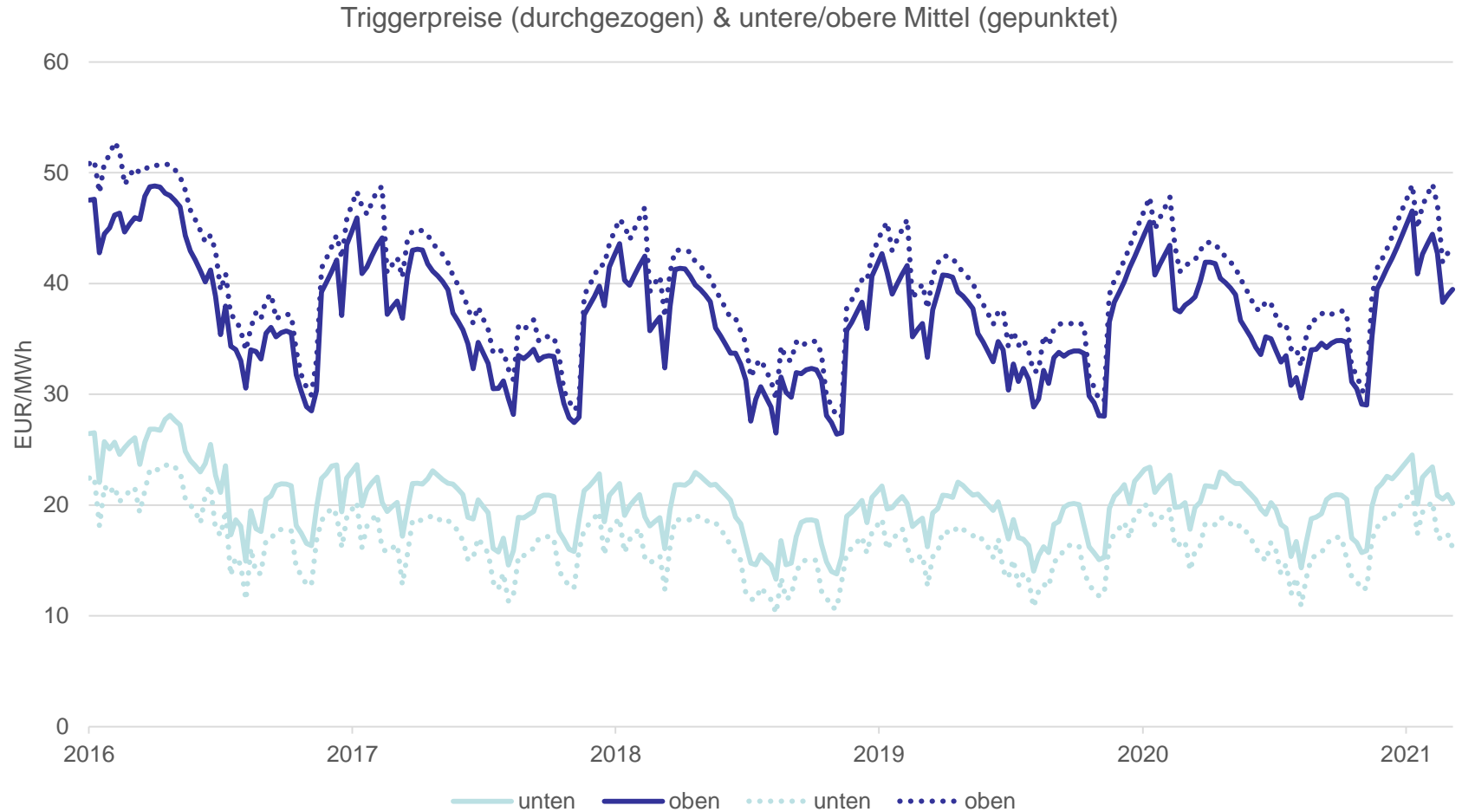


Wochen-Saisonalität Phelix (in 3. Februar-Woche)

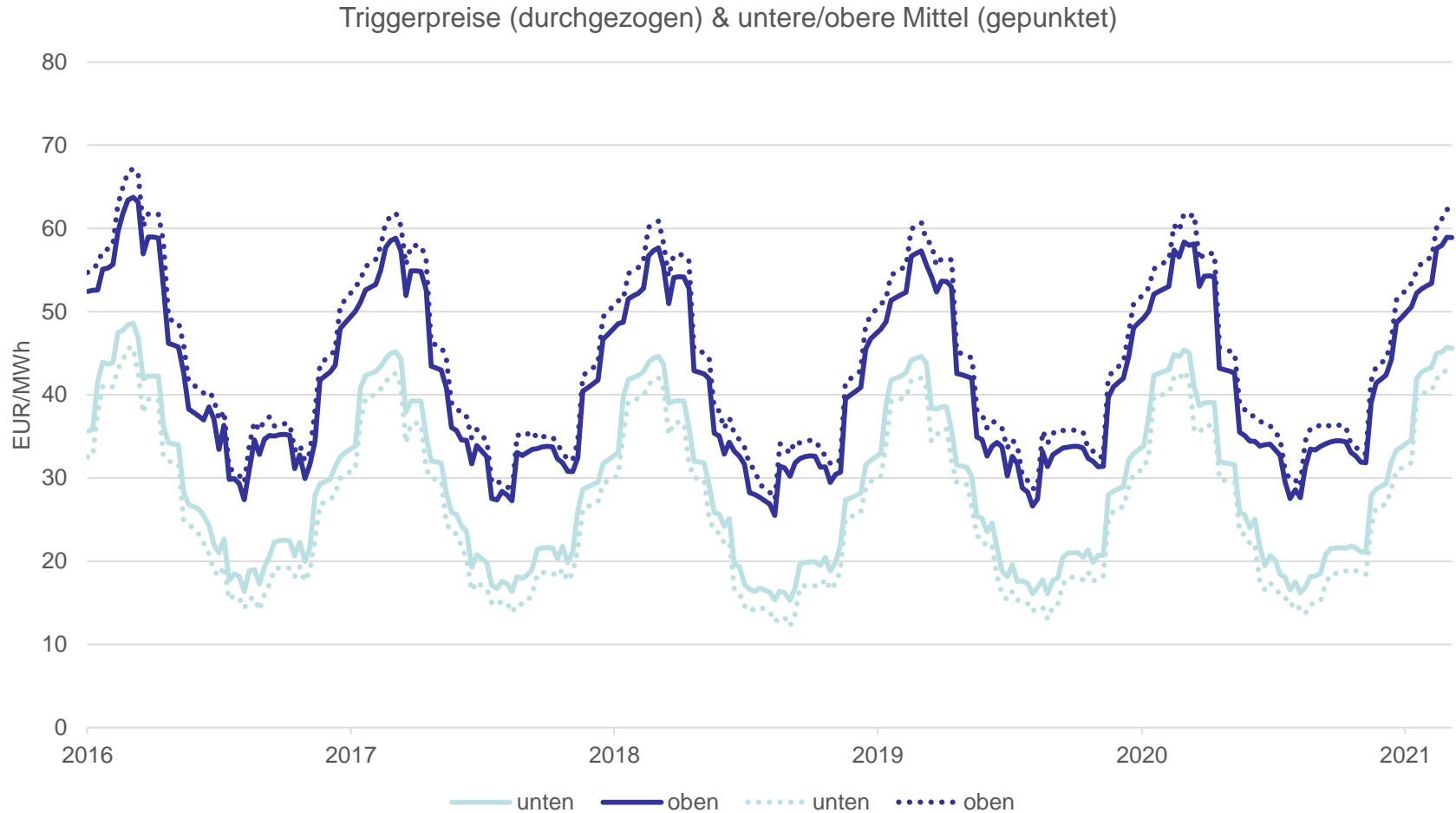
Handelstag 13. Oktober 2016
Stündliche Forwardpreise Phelix, 3. Februarwoche 2017



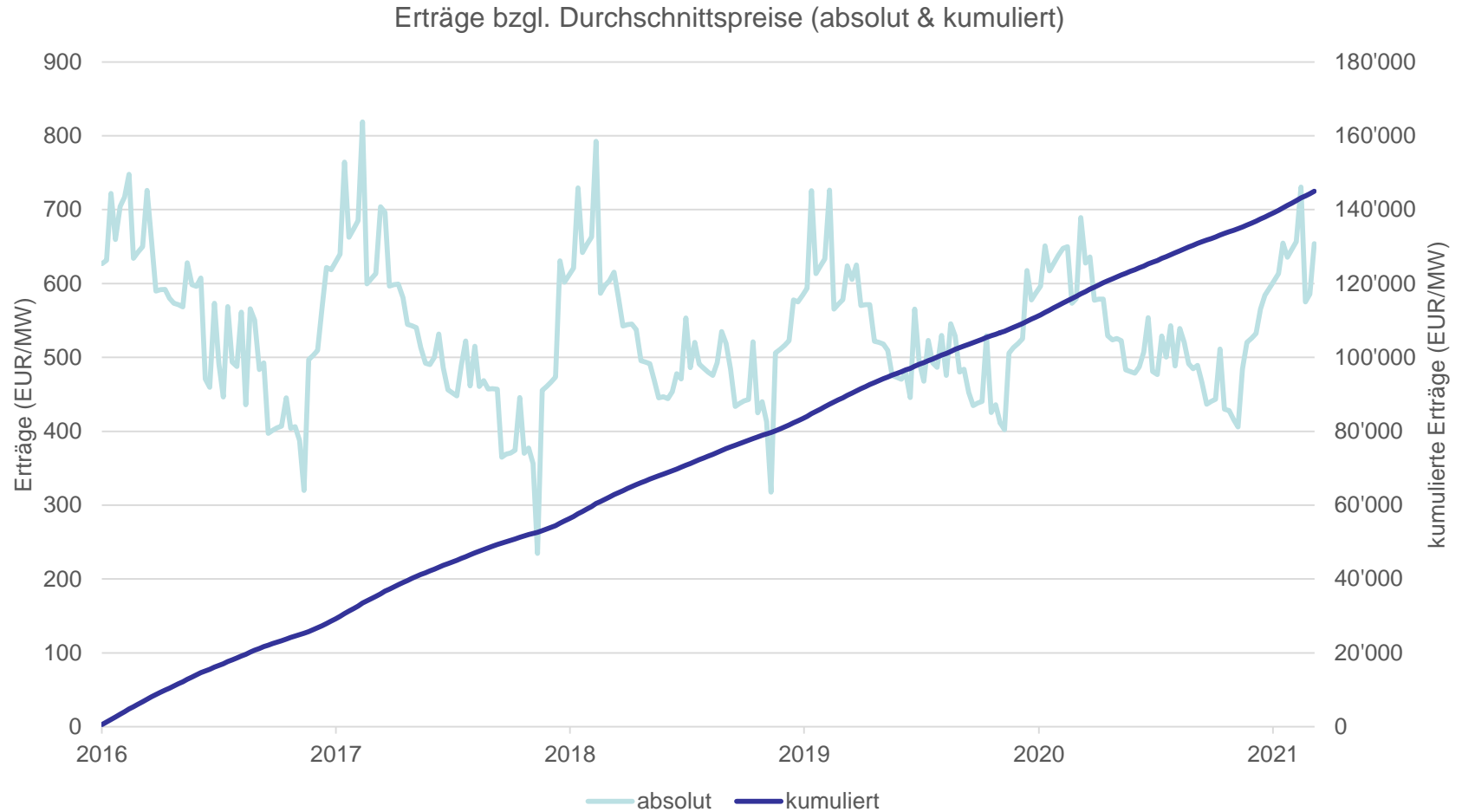
Phelix-HPFC für 14.10.2016 – 31.12.2021



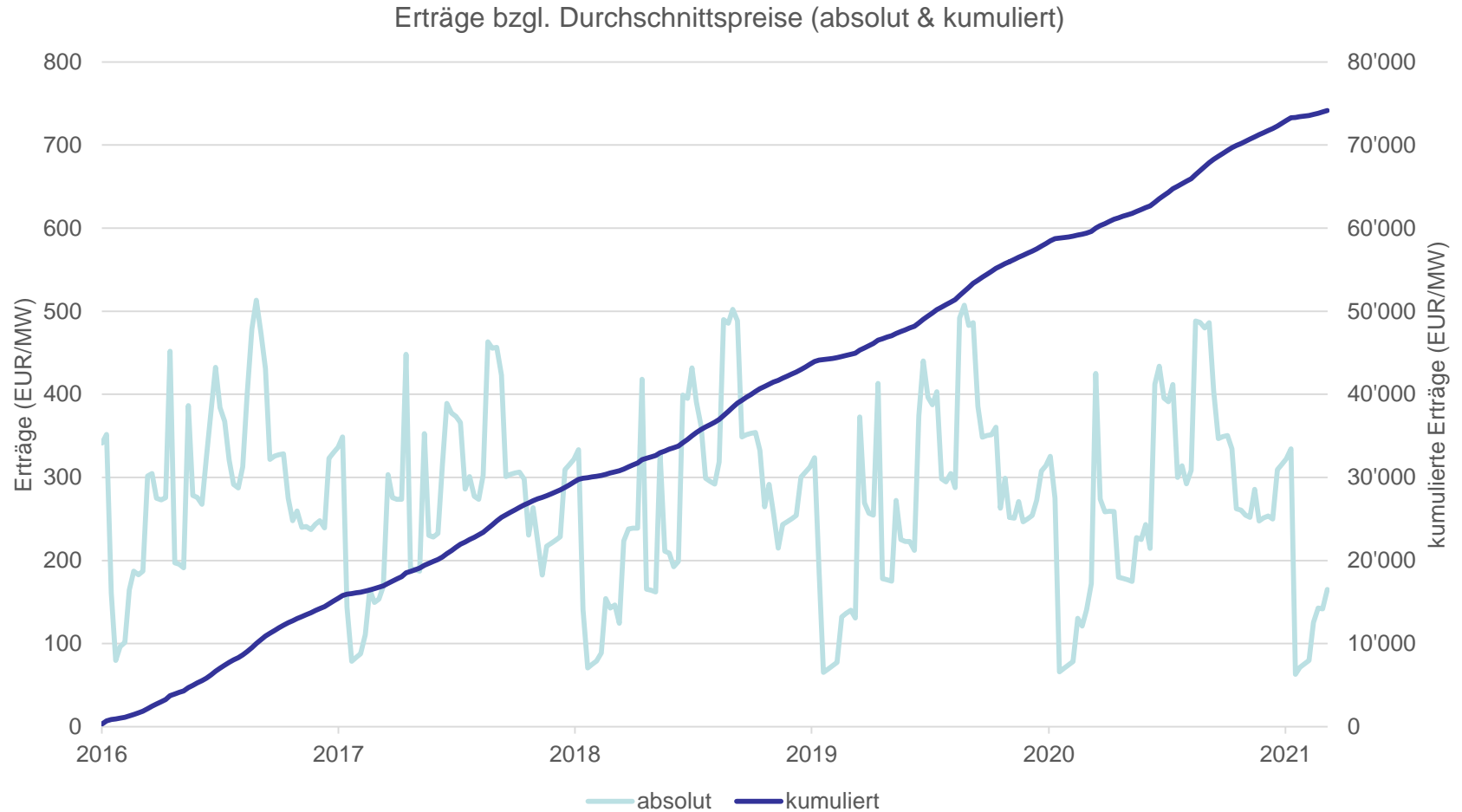
Swissix-HPFC für 14.10.2016 – 31.12.2021



Phelix-HPFC (14.10.2016): Erlöse 28'000 € (p.a.)



Swissix-HPFC (14.10.2016): Erlöse 15'000 € (p.a.)

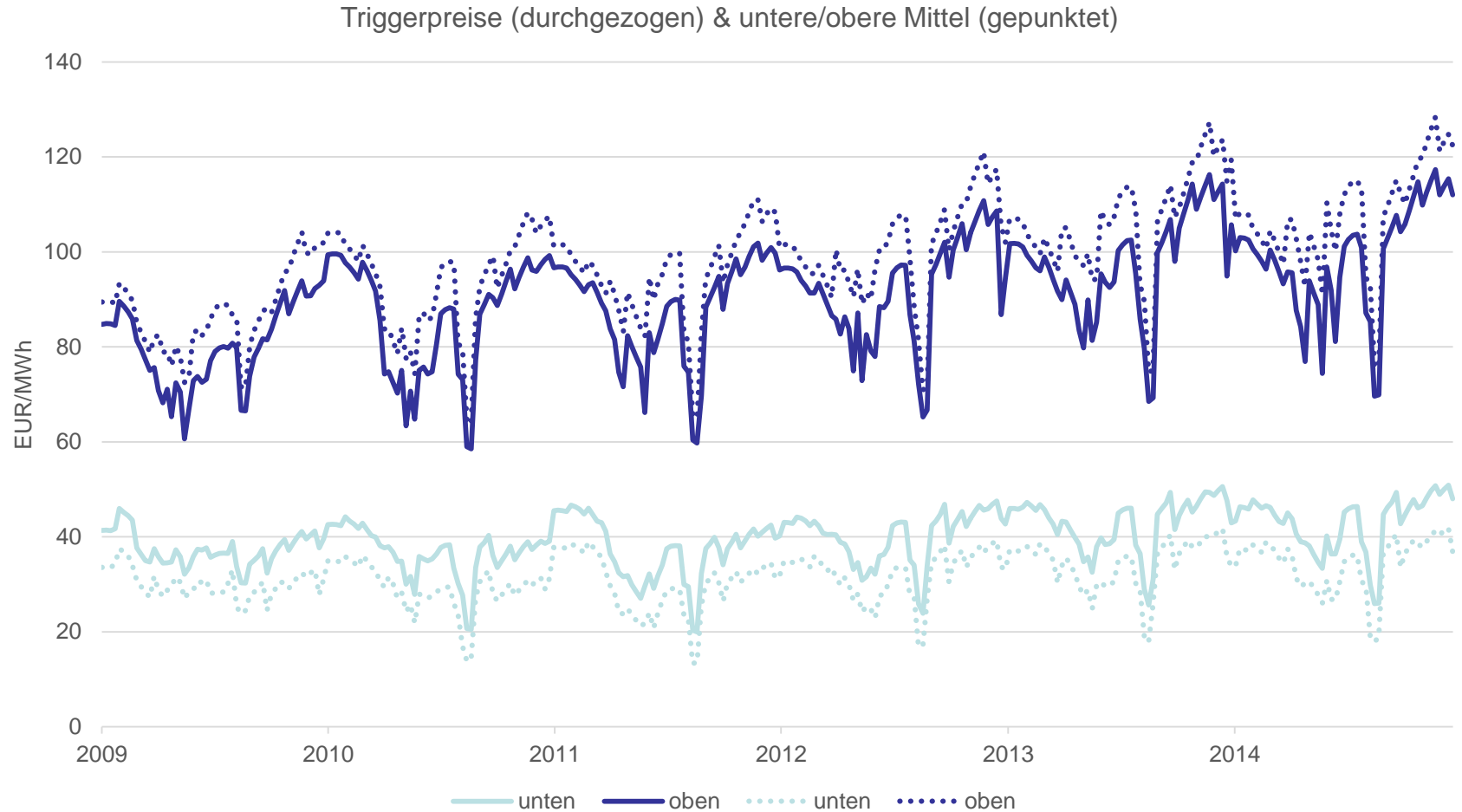


AGENDA

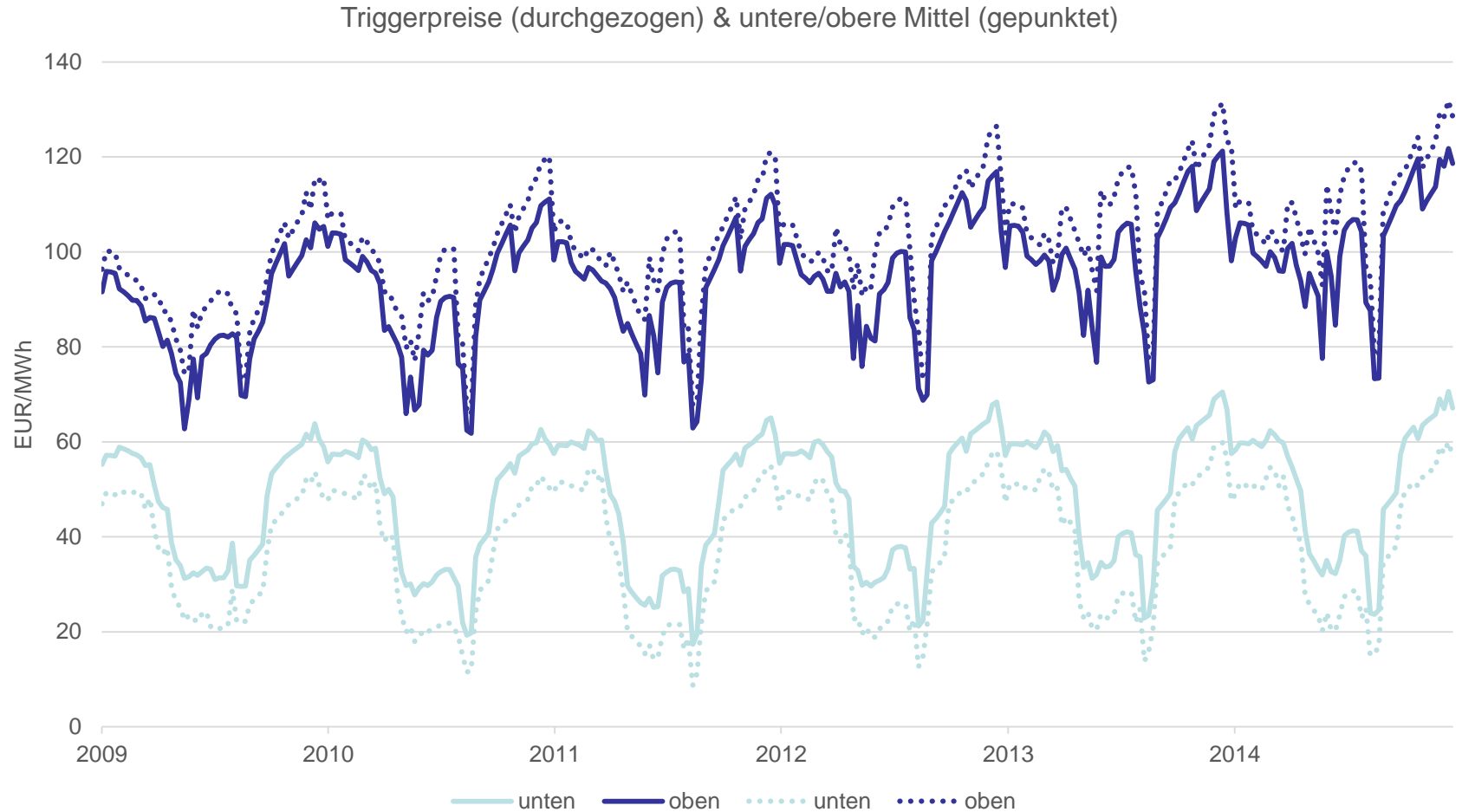
- ❖ **Innerer Wert eines VPP (Phelix vs. Swissix)**
 - ❖ per Futures Term Structure im Okt. 2016 (-2021)
 - ❖ **Per Futures Term Structure im Jan. 2009 (-2014)**
 - ❖ Historisches Ertragspotenzial (2008 – 2015)
- ❖ **Zeitwert der Flexibilität im VPP**
 - ❖ Volatilität im Spot-Market
 - ❖ Prämien (Black-Scholes Benchmark)
- ❖ **Implikationen**
 - ❖ VPP (Wochenspeicher)
 - ❖ Case L („Limmern“)
 - ❖ E-Mobilität
 - ❖ Lessons Learned



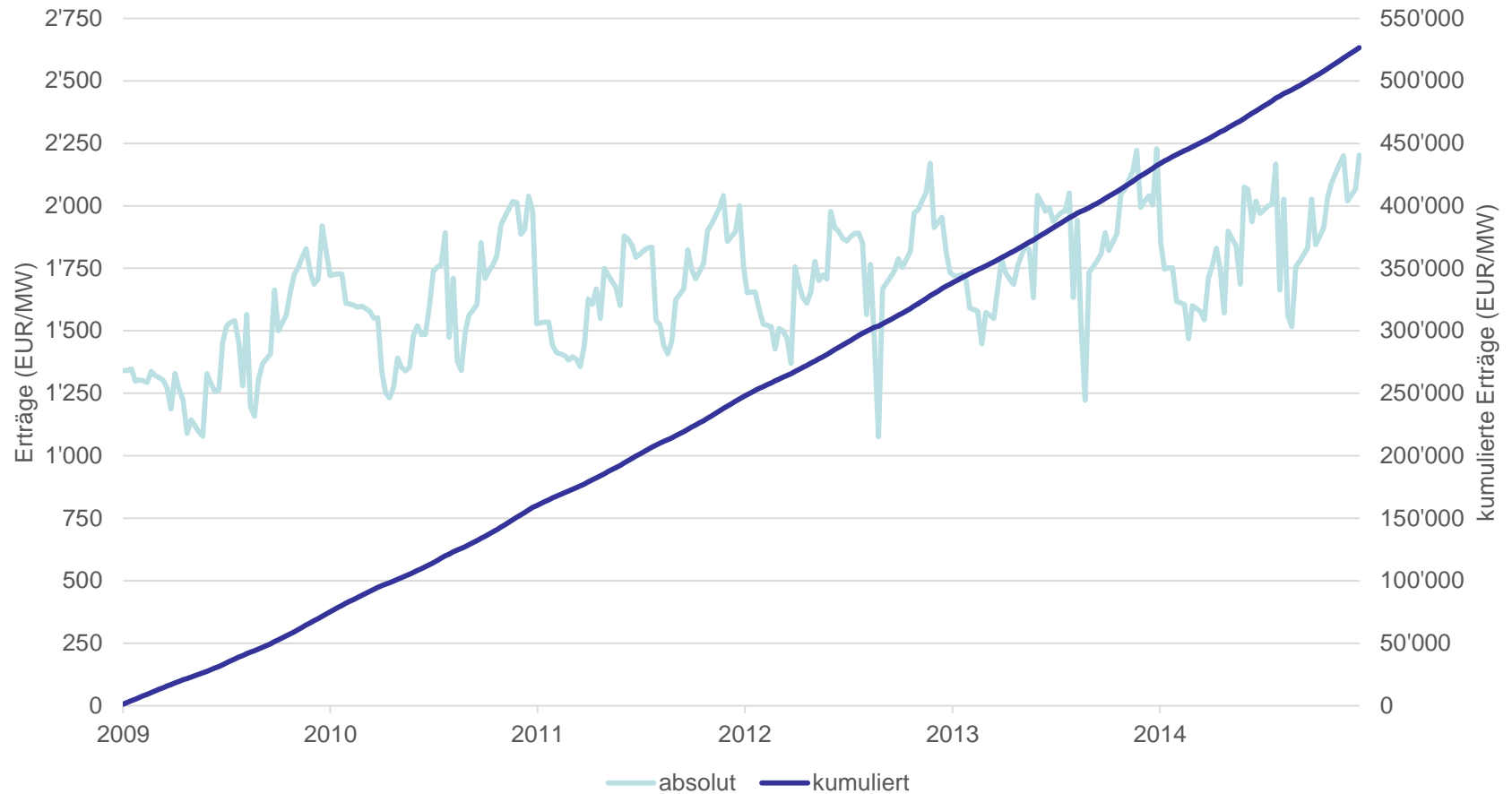
Phelix-HPFC Jan 2009 – Dez 2014 (Contango)



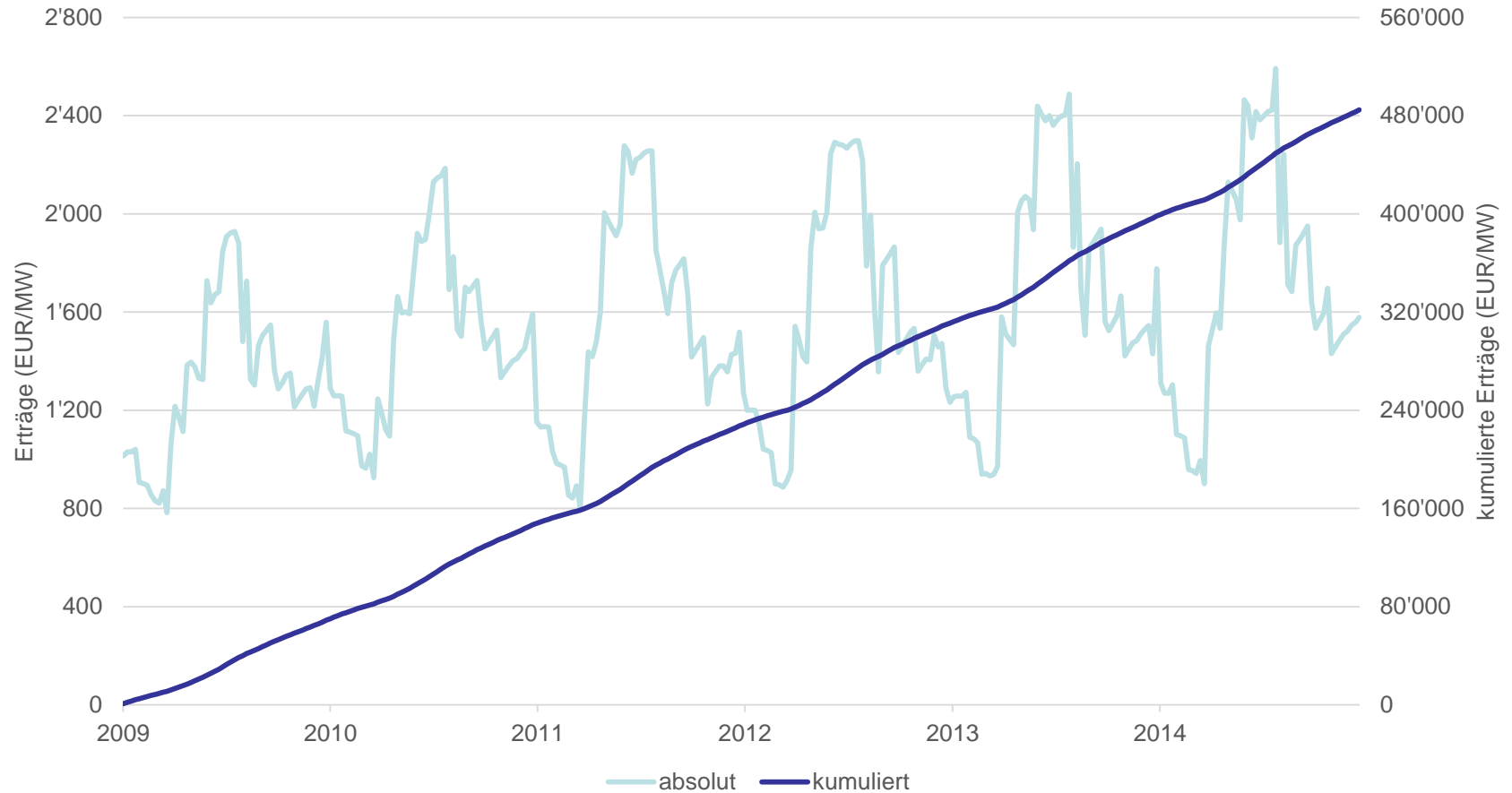
Swissix-HPFC Jan 2009 – Dez 2014 (Contango)



Erträge bzgl. Durchschnittspreise (absolut & kumuliert)



Erträge bzgl. Durchschnittspreise (absolut & kumuliert)

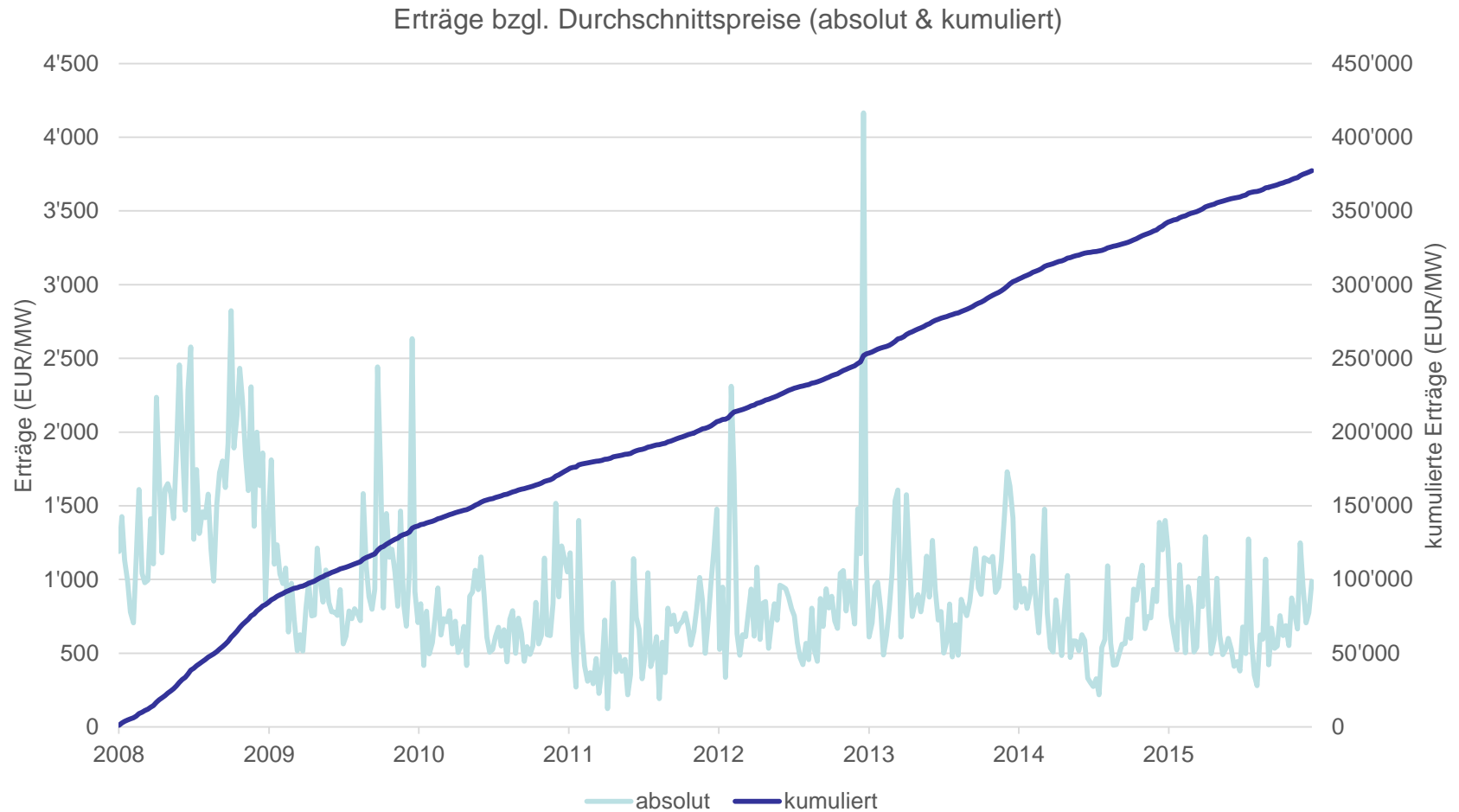


AGENDA

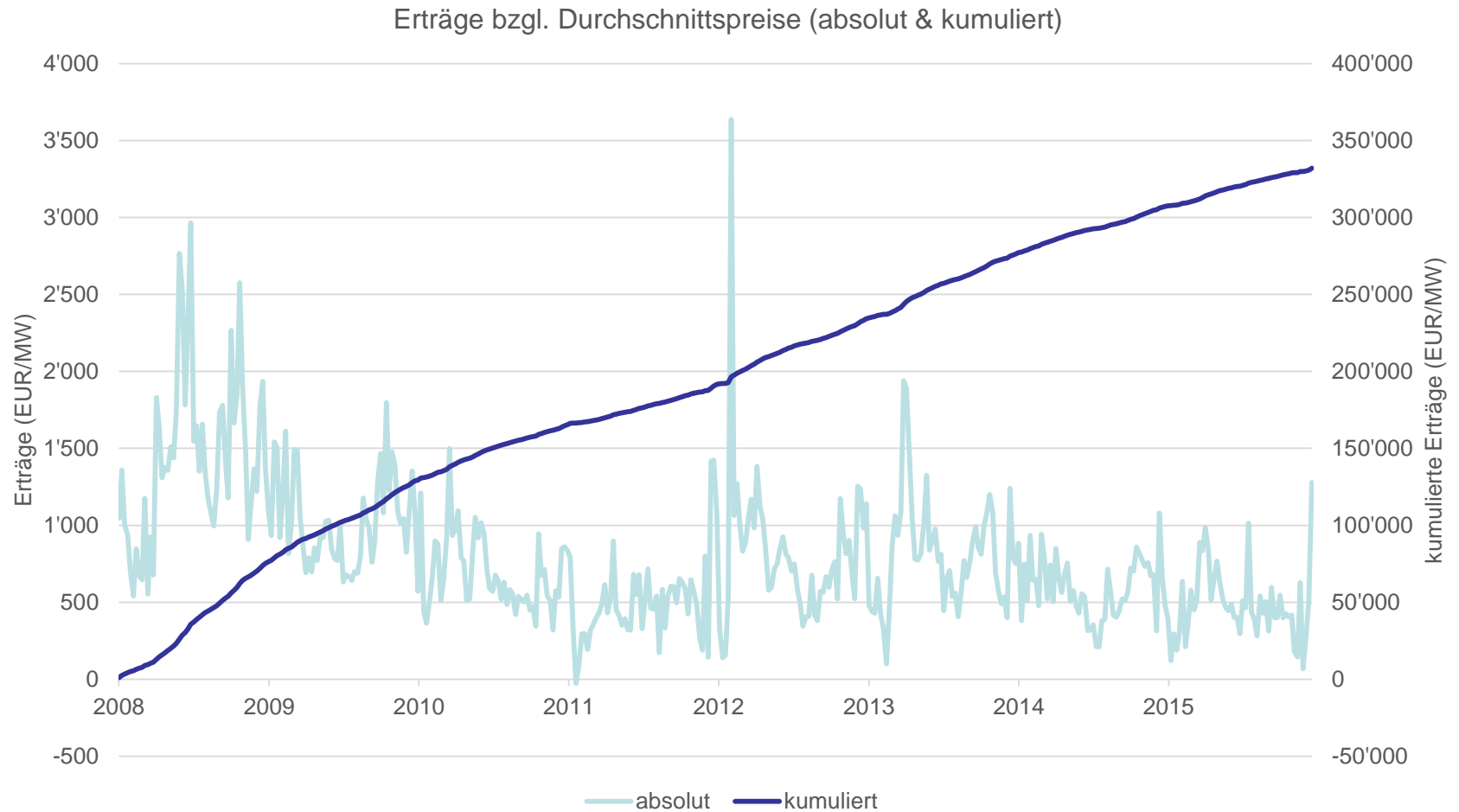
- ❖ **Innerer Wert eines VPP (Phelix vs. Swissix)**
 - ❖ per Futures Term Structure im Okt. 2016 (-2021)
 - ❖ Per Futures Term Structure im Jan. 2009 (-2014)
 - ❖ **Historisches Ertragspotenzial (2008 – 2015)**
- ❖ **Zeitwert der Flexibilität im VPP**
 - ❖ Volatilität im Spot-Market
 - ❖ Prämien (Black-Scholes Benchmark)
- ❖ **Implikationen**
 - ❖ VPP (Wochenspeicher)
 - ❖ Case L („Limmern“)
 - ❖ E-Mobilität
 - ❖ Lessons Learned



Phelix (2008 – 2015): Hist. Erlöse 47'000 € (p.a.)



Swissix (2008 – 2015): Hist. Erlöse 41'000 € (p.a.)

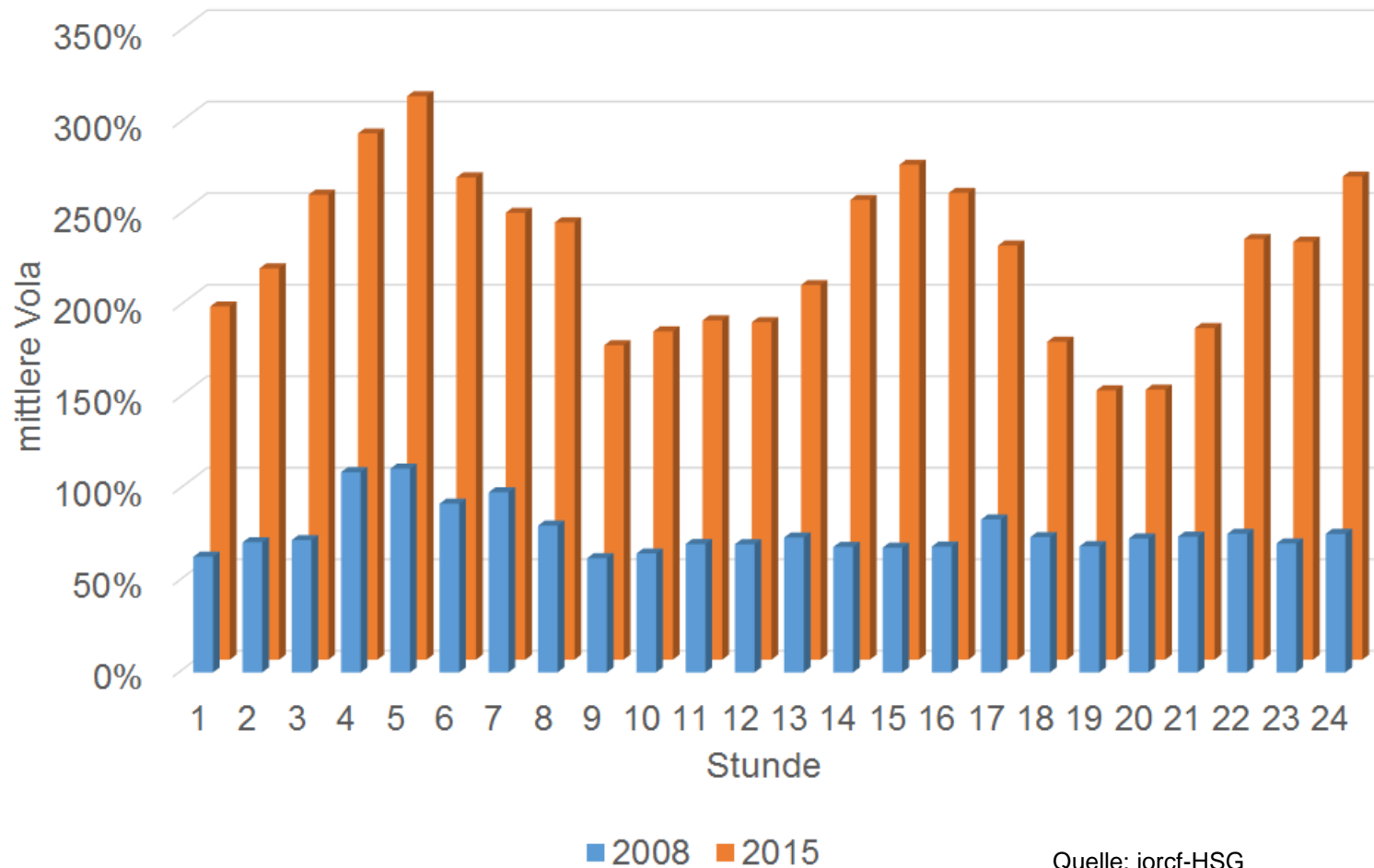


AGENDA

- ❖ Innerer Wert eines VPP (Phelix vs. Swissix)
 - ❖ per Futures Term Structure im Okt. 2016 (-2021)
 - ❖ Per Futures Term Structure im Jan. 2009 (-2014)
 - ❖ Historisches Ertragspotenzial (2008 – 2015)
- ❖ **Zeitwert der Flexibilität im VPP**
 - ❖ **Volatilität im Spot-Market**
 - ❖ **Prämien (Black-Scholes Benchmark)**
- ❖ Implikationen
 - ❖ VPP (Wochenspeicher)
 - ❖ Case L („Limmern“)
 - ❖ E-Mobilität
 - ❖ Lessons Learned



Volatilitäten Epex-Spot (2008 vs. 2015)



Flexibilitäts-Prämien (Vola 200%)

***Die historische Volatilität quantifiziert die Abweichung:
Experten-Meinung & realer Informationsentwicklung.***

Out-of-the-Money (Effizienz \approx 75%)

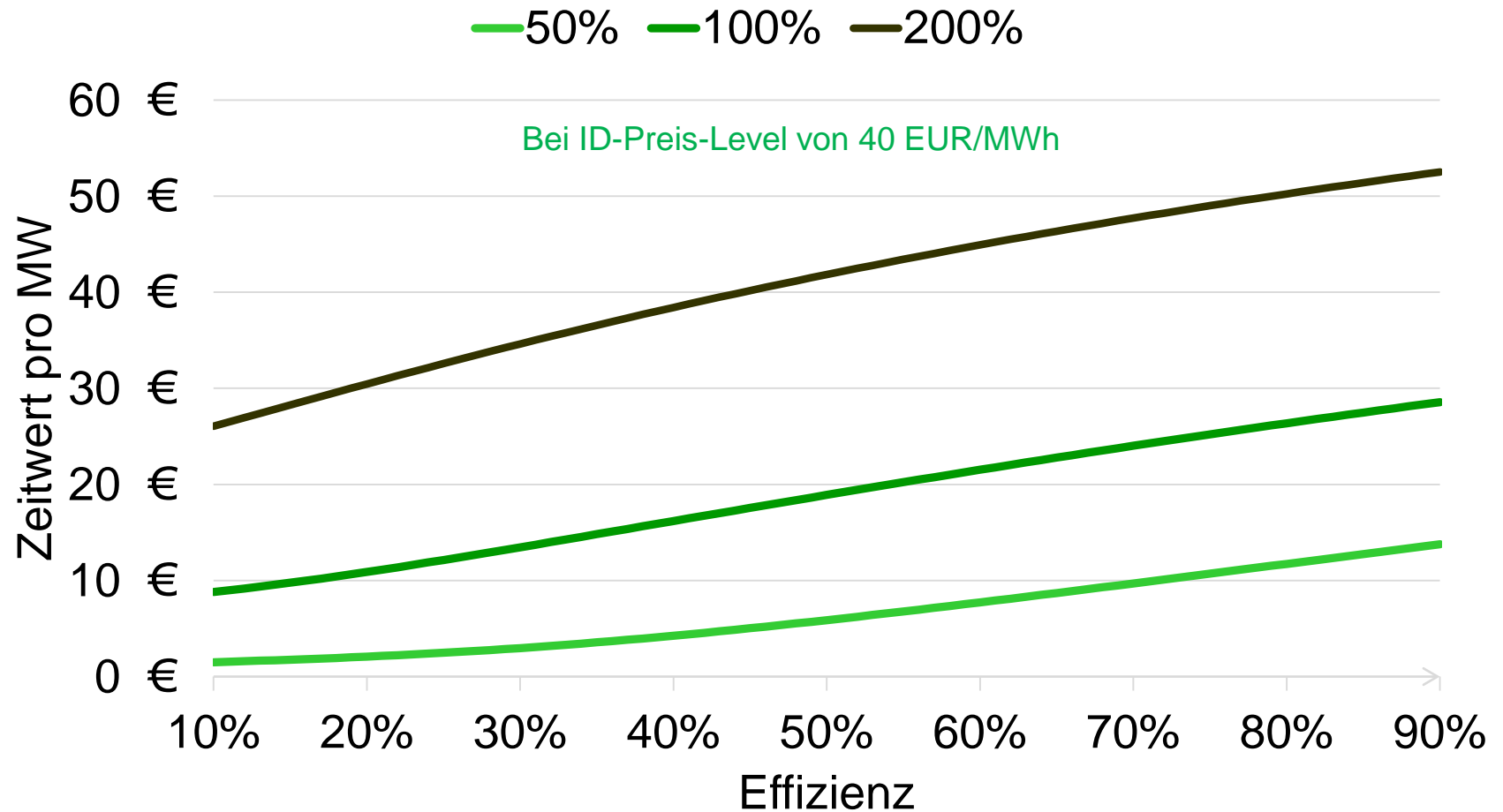
Black-Scholes Benchmark (ID price level 40€)

Turbine: \approx 26 €/MW (trigger price 45 €/MW)

Pumpe: \approx 23 €/MW (trigger price 35 €/MW)



Zeitwert (je MW) in Abhängigkeit der Effizienz



AGENDA

- ❖ Innerer Wert eines VPP (Phelix vs. Swissix)
 - ❖ per Futures Term Structure im Okt. 2016 (-2021)
 - ❖ Per Futures Term Structure im Jan. 2009 (-2014)
 - ❖ Historisches Ertragspotenzial (2008 – 2015)
- ❖ Zeitwert der Flexibilität im VPP
 - ❖ Volatilität im Spot-Market
 - ❖ Prämien (Black-Scholes Benchmark)
- ❖ **Implikationen**
 - ❖ **VPP (Wochenspeicher)**
 - ❖ **Case L („Limmern“)**
 - ❖ **E-Mobilität**
 - ❖ **Lessons Learned**



VPP Wochenspeicher (1 MW)

- ❖ Investments 2 Mio. €; 1% Operating Costs
 - ❖ Zinssatz 2% (20yr): Kapitalbedarf (p.a. \approx 145'000 €)
 - ❖ Zinssatz 2% (40yr): Kapitalbedarf (p.a. \approx 93'000 €)
- ❖ Intrinsischer Wert (Effizienz 75%)
 - ❖ per Futures Jan. 2009: Phelix \approx 87'000 € (p.a.) / Swissix \approx 80'000 € (p.a.)
 - ❖ historisch (2008-15): Phelix \approx 47'000 € (p.a.) / Swissix \approx 41'000 € (p.a.)
 - ❖ per Futures Oct. 2016: Phelix \approx 28'000 € (p.a.) / Swissix \approx 15'000 € (p.a.)
- ❖ Zeitwert der Flexibilität (Effizienz 75%; Preis-Level 40 €/MWh, 4000 h)
 - ❖ spot-vola 200% : \approx 25 €/MW (p.a. \approx 100'000 €)
 - ❖ spot-vola 100%: \approx 12 €/MW (p.a. \approx 50'000 €)

Case L “Limmern” – Planung 2006-2016

- ❖ Annahmen:
 - ❖ reines PSKW; Wochenspeicher; Effizienz 75%; 1000 MW
 - ❖ **CHF/EUR FX-Rate: 1,60 ... 1,00**
- ❖ Investments 2,1 Mio. CHF; 1% Operating Costs (ohne Wasserzins)
 - ❖ Zinssatz 4% (40yr): **Kapitalbedarf (p.a. ≈ 125 Mio. CHF)**
- ❖ Innerer Wert (Effizienz 75%; 1000 MW)
 - ❖ per Futures Jan. 2009: Phelix ≈ 87 Mio. € (p.a.) / **Swissix ≈ 80 Mio. € (p.a.)**
 - ❖ historisch (2008-15): Phelix ≈ 47 Mio. € (p.a.) / Swissix ≈ 41 Mio. € (p.a.)
 - ❖ per Futures Oct. 2016: Phelix ≈ 28 Mio. € (p.a.) / **Swissix ≈ 15 Mio. € (p.a.)**
- ❖ Zeitwert der Flexibilität (Effizienz 75%; Preis-Level 40 €/MWh, 4000 h)
 - ❖ spot-vola 200% : ≈ 25 €/MW (p.a. ≈ 100 Mio. €)
 - ❖ spot-vola 100%: ≈ 12 €/MW (p.a. ≈ 50 Mio. €)



Case L “Limmern” – Vergleich: Effizienz 75% vs. 85%

- ❖ Invest. 2,1 Mio. CHF; 1% Operating Costs (ohne Wasserzins, Div.)
 - ❖ Zinssatz 4% (40yr): **Kapitalbedarf (p.a. ≈ 125 Mio. CHF)**

- ❖ Innerer Wert (Effizienz 75%; 1000 MW)
 - ❖ per Futures Oct. 2016: **Phelix ≈ 28 Mio. € (p.a.) / Swissix ≈ 15 Mio. € (p.a.)**

- ❖ Innerer Wert (Effizienz 85%; 1000 MW)
 - ❖ per Futures Oct. 2016: **Phelix ≈ 48 Mio. € (p.a.) / Swissix ≈ 26 Mio. € (p.a.)**

- ❖ Zeitwert der Flexibilität (**Effizienz 85%**; Preis-Level 40 €/MWh, 4000 h)
 - ❖ spot-vola 200% : ≈ 26 €/MW (p.a. ≈ 105 Mio. €)
 - ❖ spot-vola 100%: ≈ 14 €/MW (p.a. ≈ 55 Mio. €)

E-Mobilität (Effizienz 75%)

- ❖ Zeitwert der Flexibilität (Preis-Level 40 €/MWh)
 - ❖ spot-vola 200% : ≈ 25 €/MW
 - ❖ spot-vola 100%: ≈ 12 €/MW
- ❖ **Preisauflschlag für „kurzfristiges Tanken“**
 - ❖ bei einer Spitzen-Volatilität 200%
 - ❖ Flexibilitäts-Prämie 2.5 Rp. / kWh
- ❖ **„Day-Ahead Tanken“ ohne Preisauflschlag**
- ❖ **Wert für „ex-ante zugesicherte Stillstand-Zeiten“ an Ladestation**
 - ❖ bei einer Basis-Volatilität 100%
 - ❖ 7 Tage (Wochenspeicher) $\approx 1,25$ €/kW
 - ❖ 1 Tag (Tagesspeicher) $\approx 0,1$ €/kW *(Mo, Di, Mi, Do)*



Lessons Learned (I)

- ❖ **Saisonalität in der stündlichen Preiskurve** hat sich aufgrund des massiven Zubaus der EE wesentlich verändert.
- ❖ **Volatilität im Spotmarkt** ist aufgrund des Zubaus an stochastischen Einspeisekapazitäten massiv gestiegen: von durchschnittlich ca. 50% in 2008 auf durchschnittlich ca. 250% in 2015.
- ❖ **Innerer Wertverlust eines reinen PSW (1000 MW):**
 - ❖ von 83 Mio. € in 2008 auf 28 Mio. € in 2015 (Marktgebiet D/A)
 - ❖ von 75 Mio. € in 2008 auf 15 Mio. € in 2015 (Marktgebiet CH)
- ❖ Im gegenwärtigen Marktumfeld sind für PSW Limmern keine **weiteren Abschreibungen** zu erwarten, **sofern aufgrund der hohen Volatilität im Spotmarkt die entsprechenden Erlöse erzielt werden.**



Lessons Learned (II)

- ❖ **Das Erlöspotenzial im Spothandel übersteigt deutlich den Inneren Wert flexibler Kapazitäten.**
- ❖ Das **Erlöspotenzial im Spothandel** dient als Benchmark für die Angebotsstellung im Regelenergiemarkt.
- ❖ **Das zusätzliche Erlöspotenzial je MW** bei einer Effizienzsteigerung von 75% auf 85% steigt
 - ❖ Von 28'000 € auf 48'000 € (p.a.) im Marktgebiet D/A
 - ❖ Von 15'000 € auf 26'000 € (p.a.) im Marktgebiet CH
- ❖ Die **Term-Structure von Futures-Preisen** beinhalten keine Informationen, ob die (Spot-)Preise steigen oder fallen.
 - ❖ die Erwartungs-Hypothese ist empirisch nicht belegbar.
 - ❖ Die Volatilität in den Futuresmärkten ist NICHT zu vernachlässigen.



Lessons Learned (III)

- ❖ Die **Volatilität** ist ein Mass dafür, wie stark „News“ von den Expertenmeinungen abweichen.
- ❖ Grundsatz des „**Smart Experts**“ sollte in den Vordergrund gestellt werden: **„Zu keiner Zeit kann man über einen noch so kleinen Planungshorizont vorhersagen, ob die Preise an den Handelsplätzen (Börsen, OTC) steigen oder fallen.“**
 - ❖ darauf basiert das **„Martingale-Pricing“** des modernen Asset Pricing
- ❖ **„Algorithmische Abstimmung“** zwischen Day-Ahead und Intra-Day sowie zwischen den Stunden- bzw. Viertel-Stunden Produkten öffnen zusätzliches Erlös-Potenzial für flexible Kapazitäten.
 - ❖ Preisdynamiken **„beyond Black-Scholes Dynamik“**
- ❖ Es ist **ein sign. Zuwachs von Speichertechnologien bzw. von flexiblen Kapazitäten und Verbrauchern** zu erwarten, die nochmals die **Saisonalität und Volatilität in den Spotmärkten stark prägen.**



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Karl Frauendorfer
Ordinarius für Operations Research
Direktor des Instituts für Operations Research
und Computational Finance (ior/cf-HSG)

Email: karl.frauendorfer@unisg.ch

