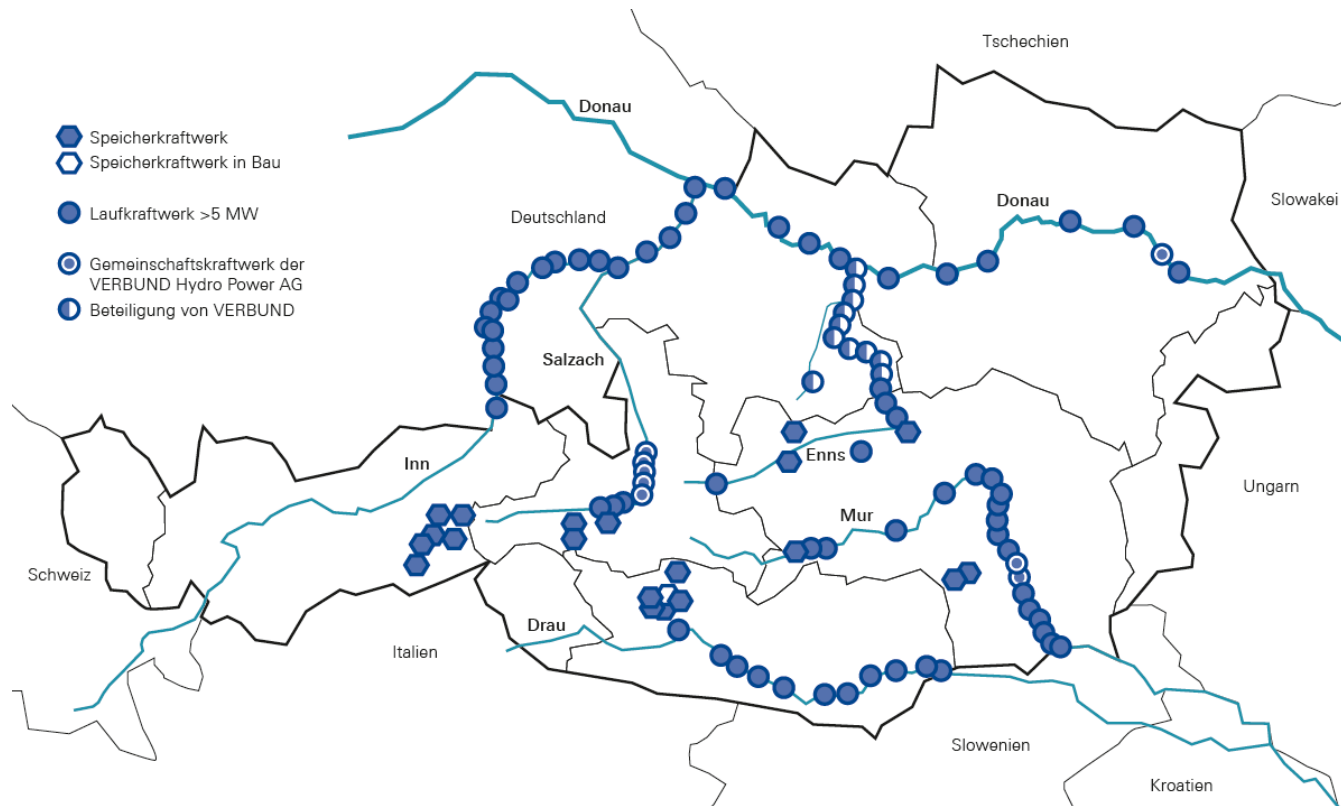


Strommärkte Teil 1

Österreich- (Deutschland)

Pfleger Markus, Wien 17.11.2023

Kraftwerkspark der VHP



Kurzfristige Einsatzplanung

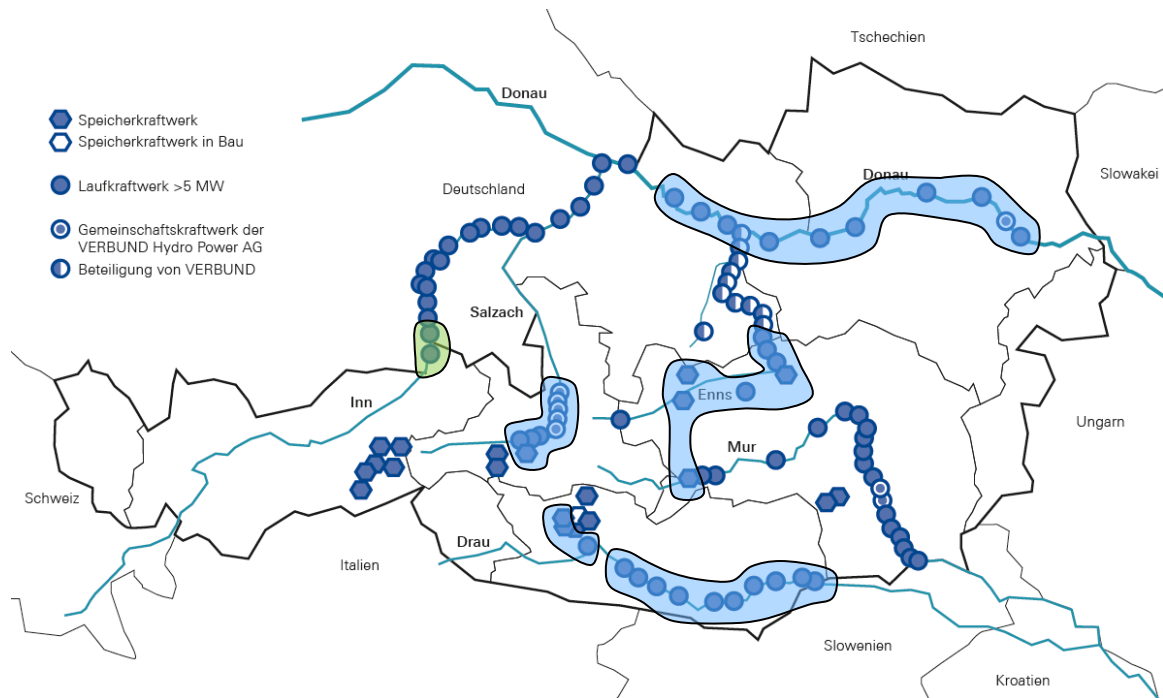
Übergeordnete Werkzeuge zur Einsatzplanung von Kraftwerken

- Laufende Berechnung des Einsatzes der Kraftwerke (Vorgabe von Leistung oder Durchfluss)
- Unterschiedliche Anforderungen und Ziele
 - Ökologie
 - Infrastruktur (Schifffahrt)
 - Einhaltung von Bescheiden
 - Optimierung

In Betrieb

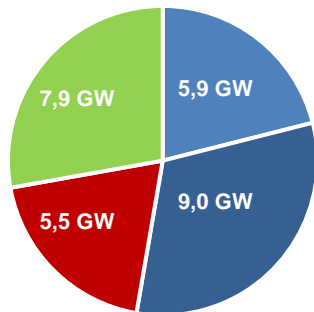
- Betreuung
- Weiterentwicklung und Anpassung
- Neubau der Tools (alle paar Jahre)

In Entwicklung

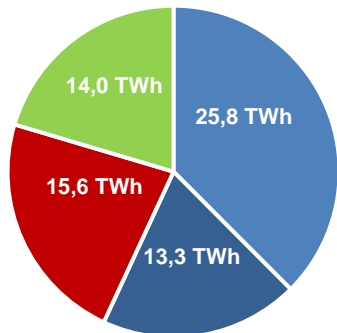


Verbund Stromsystem Österreich

Installierte Leistung

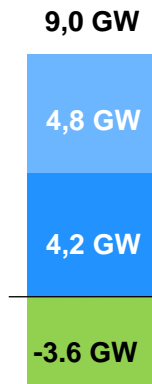


Jährliche Erzeugung



■ Run of river
■ Thermal
■ (Pump-) Storage
■ Other renewable

Installierte Leistung Speicher/ Pumpspeicher



■ Pumpspeicher (Turbine)
■ Speicher (Turbine)
■ Pumpspeicher (Pumpe)

Max. Leistung

Min. Leistung

10,3 GW

8,4 GW

5,5 GW

4,2 GW

Jan.

Aug.

Feb.

Aug.

max.

min.

max.

min.

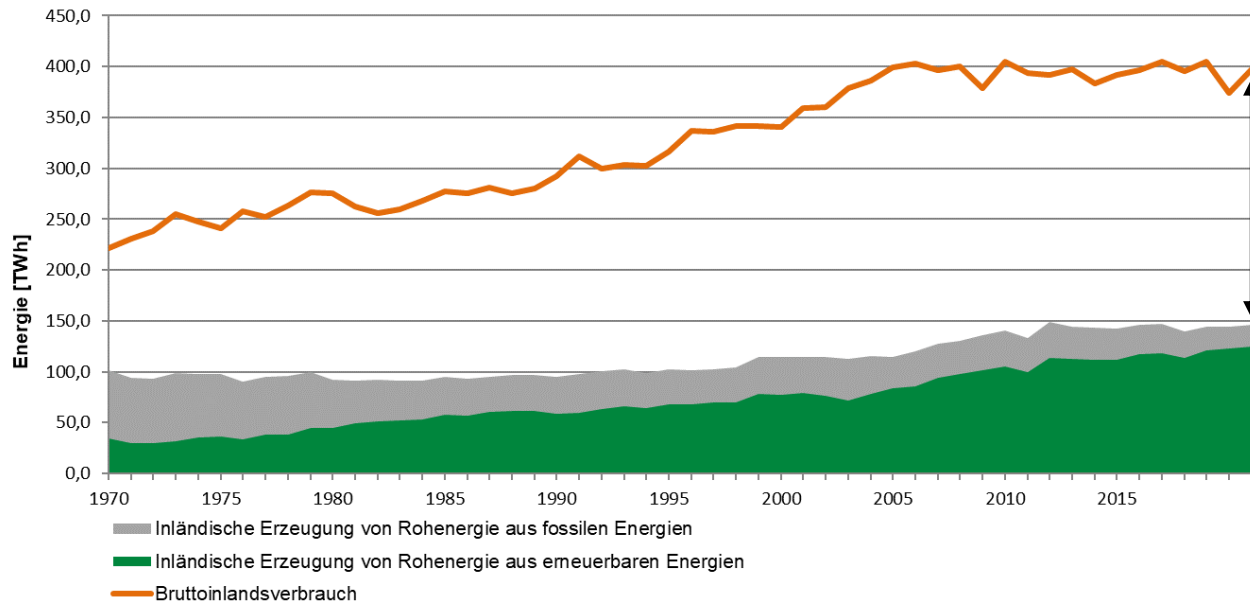
■ Netzhöchstlast

■ Netzniedrigstlast

2

Primärenergie Bereitstellung in Österreich

Energetischer Bruttoinlandsverbrauch je Jahr (Rohenergie vor Umwandlung), Entwicklung des Absolutwertes und Erzeugung in Österreich



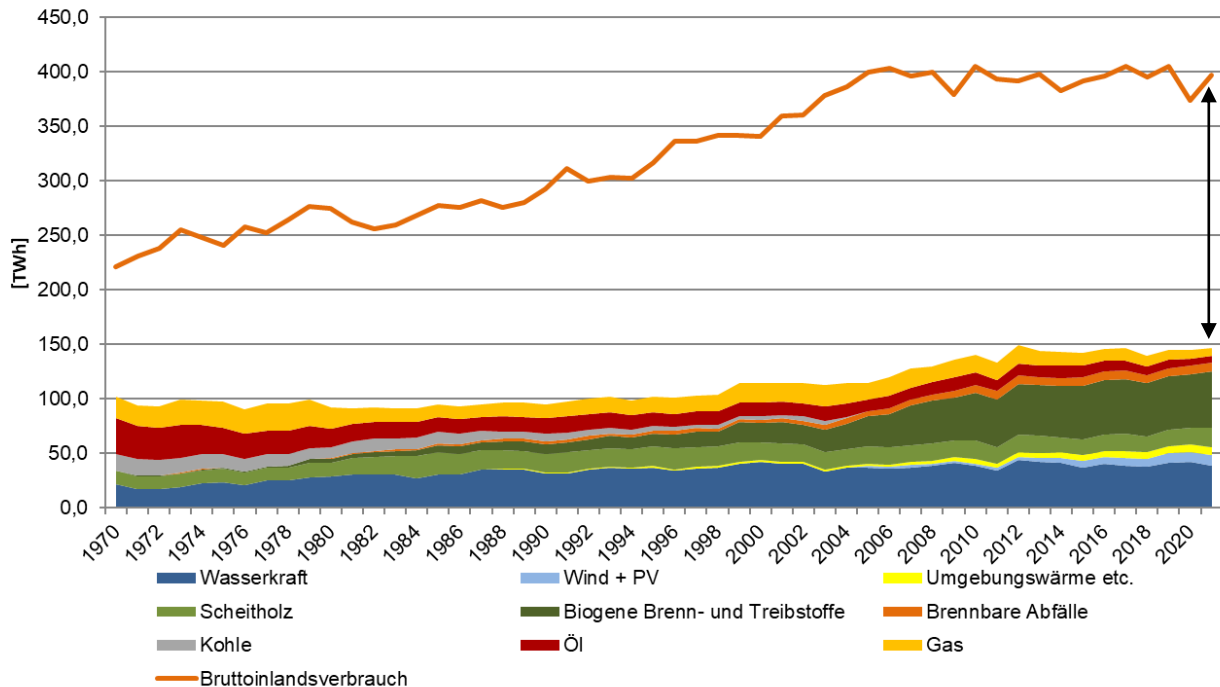
Ca. 63% Import (fossil)

Ca. 5% heimisch fossil bzw. nicht erneuerbar

Ca. 32% heimisch erneuerbar

Primärenergie Bereitstellung in Österreich

Erzeugung Primärenergie in Österreich [TWh/a]



Ca. 63% Import (fossil)

Ca. 5% heimisch fossil bzw. nicht erneuerbar

Ca. 32% heimisch erneuerbar

Märkte für elektrische Energie und Leistung - Marktplätze

Planungshorizont bzw. Reaktionszeit	Marktsegment / Produkt	Organisation des Marktes
Jahre bis Wochen Day Ahead 15 min	Termin-Markt Day-Ahead Markt Intraday-Markt	Energy Only Markt: Öffentliche Strombörsen Bilaterale Vereinbarungen   
15 min 5 min 30 s	Frequency Restoration Reserve (manual) Frequency Restoration Reserve (automatic) Frequency Containment Reserve	Markt für Regelenergie: Marktplatz organisiert durch TSO, Abruf organisiert durch TSO 
Wie vereinbart	Blindleistung Engpassmanagement Störungsmanagement Schwarzstart und Netzwiederaufbau	Kein Markt vorhanden: Bilaterale Vereinbarungen mit TSO, Abruf organisiert durch TSO 

Märkte für elektrische Energie und Leistung - Produktdetails

Planning / Reaction Horizon	Product / Service Provided by Pumped storage power plants	Organisation of Product
Weeks, Month	Terminmarkt	Continuous trading Pay as bid,
Day Ahead	Day-Ahead Markt	Erzeugung und Verbrauch werden durch einen volkswirtschaftlichen Wohlfahrtsalgorithmus zusammengeführt – (derzeit EUPHIMIA) → Preis je Zeitintervall und Marktgebiet wird fixiert pay as cleared
15 min	Intraday-Markt	Continuous trading Pay as bid, Very high volatility
15 min	Frequency Restoration Reserve (manual)	Zahlungen für Leistung und Energie Produktperiode 4h, positive and negative Produkte separat Abruf "manuell" durch TSO
5 min	Frequency Restoration Reserve (automatic)	Zahlungen für Leistung und Energie Produktperiode 4h, positive and negative Produkte separat Abruf "automatisch" durch TSO
30 s	Frequency Containment Reserve	Nur Zahlungen für Leistung Produktperiode 4h, positive and negative Produkte zusammen Abruf "automatisch" abhängig von der lokalen Netzfrequenz

TSO (Transmission System Operator)
APG is Austria's TSO

Märkte für elektrische Energie und Leistung

Planungshorizont bzw. Reaktionszeit	Marktsegment / Produkt	Organisation des Marktes
Jahre bis Wochen Day Ahead 15 min	Termin-Markt Day-Ahead Markt Intraday-Markt	Energy Only Markt: Öffentliche Strombörsen Bilaterale Vereinbarungen   
15 min 5 min 30 s	Frequency Restoration Reserve (manual) Frequency Restoration Reserve (automatic) Frequency Containment Reserve	Markt für Regelenergie: Marktplatz organisiert durch TSO, Abruf organisiert durch TSO 
Wie vereinbart	Blindleistung Engpassmanagement Störungsmanagement Schwarzstart und Netzwiederaufbau	Kein Markt vorhanden: Bilaterale Vereinbarungen mit TSO, Abruf organisiert durch TSO 

Terminmarkt – Futures (an der EEX „Phelix Futures“)

Future = verbindlicher Börsevertrag über

- genau bestimmten Vertragsgegenstand
- bestimmte Menge und Qualität
- fixer Zeitpunkt in der Zukunft
- bei Vertragsabschluss festgelegter Preis

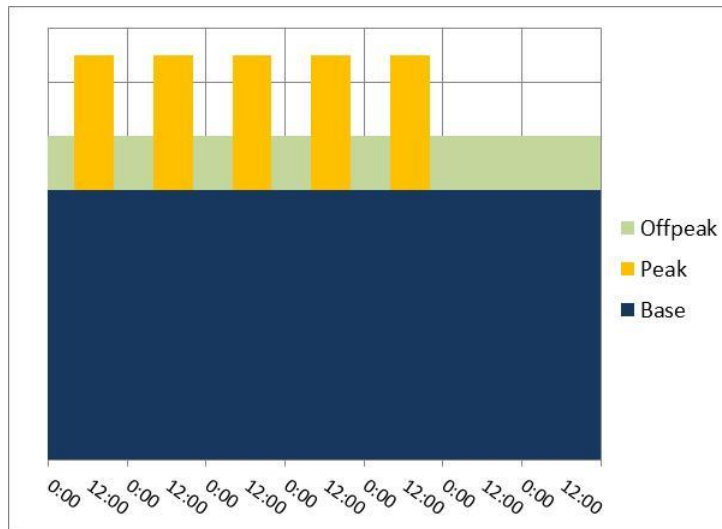
Strom ist eine Commodity

- Keine qualitative Unterscheidung des Gutes nach Produktionsort
- Andere Commodities:
 - Benzin, Stahl, Weizen, Kaffee,

Standardprodukte im Stromhandel

(Year, Quarter, Month, Week)

- Base 0-24 h
- Peak 8-20 Uhr (Wochentags)
- Offpeak 20-8 Uhr (Wochentags)
- 0-24 Uhr (Wochenende)
- ...



Terminmarkt – Futures

Preisentwicklung des Produktes Phelix DE-AT Base-Year 2020



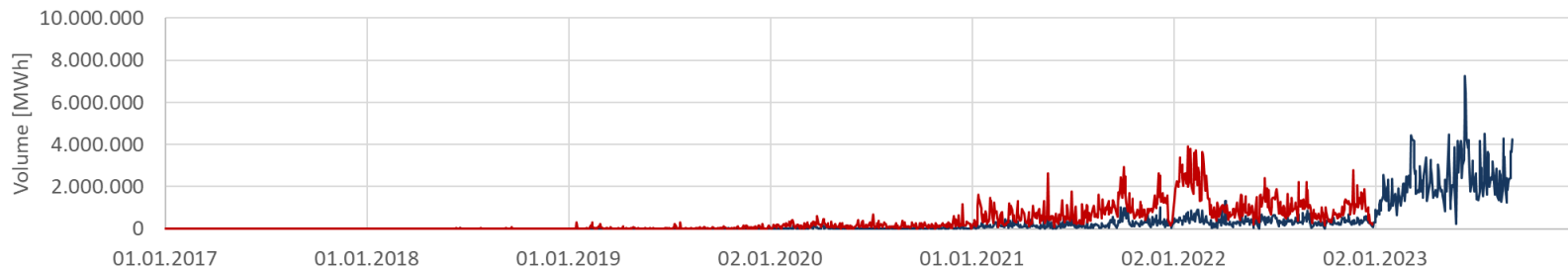
Terminmarkt – Futures

Preisentwicklung des Produktes Phelix DE-AT Base-Year 2024

Settlement Price and Volumen (pro Handelstag)



— Settlement Price 2024 — Settlement Price 2023



— Handelsvolumen 2024 — Handelsvolumen 2023

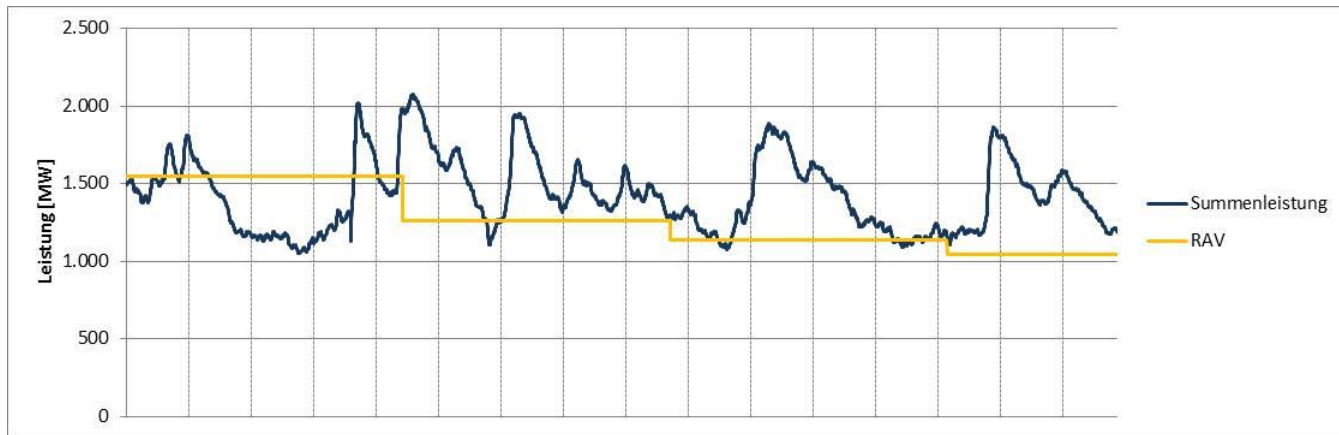
Erzeugung von Laufkraftwerken

Erwartete Erzeugung bei Laufkraftwerken

- Regelarbeitsvermögen (RAV): Die im Regelzeitabschnitt (Jahr, Monat,..) erwartete Erzeugung

Ein gewisser Prozentsatz der erwarteten Erzeugung wird langfristig verkauft (bzw. abgesichert)

- Gute Planbarkeit der Erlöse
- Kein Preisrisiko für die abgesicherte Erzeugungsmenge

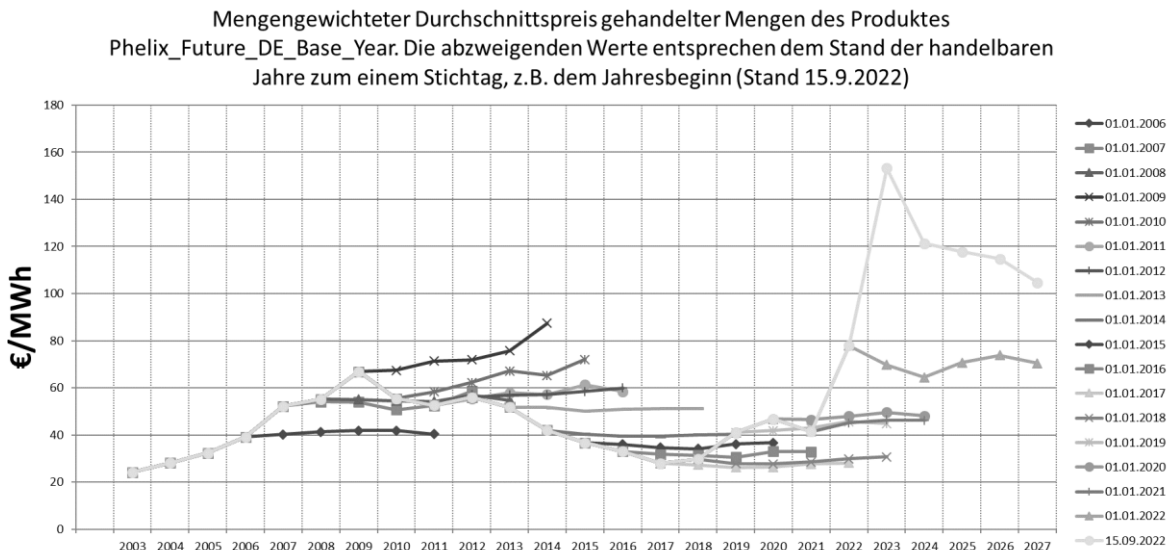


Quelle: VERBUND

Preisentwicklung und Preiserwartung

Am Beispiel des DE-Phelix-Base-Future, jeweils aus der Sichtweise zu Beginn der einzelnen Jahre und eines aktuellen Zeitpunktes

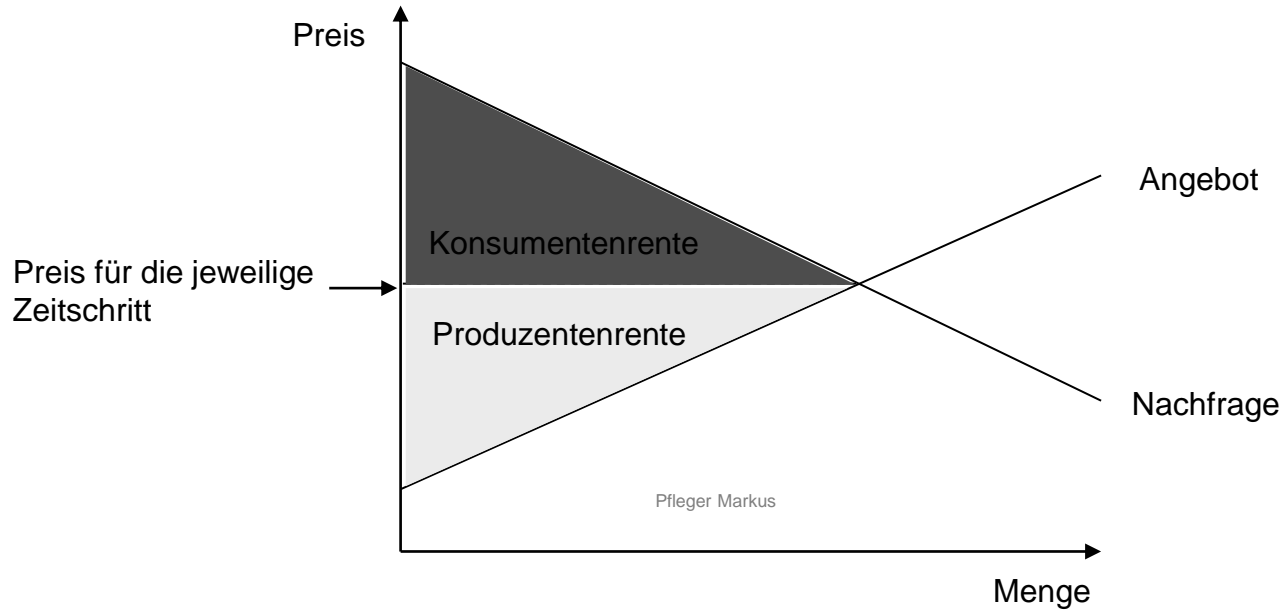
→ Welche Prognosequalität hat die Marktsicht?



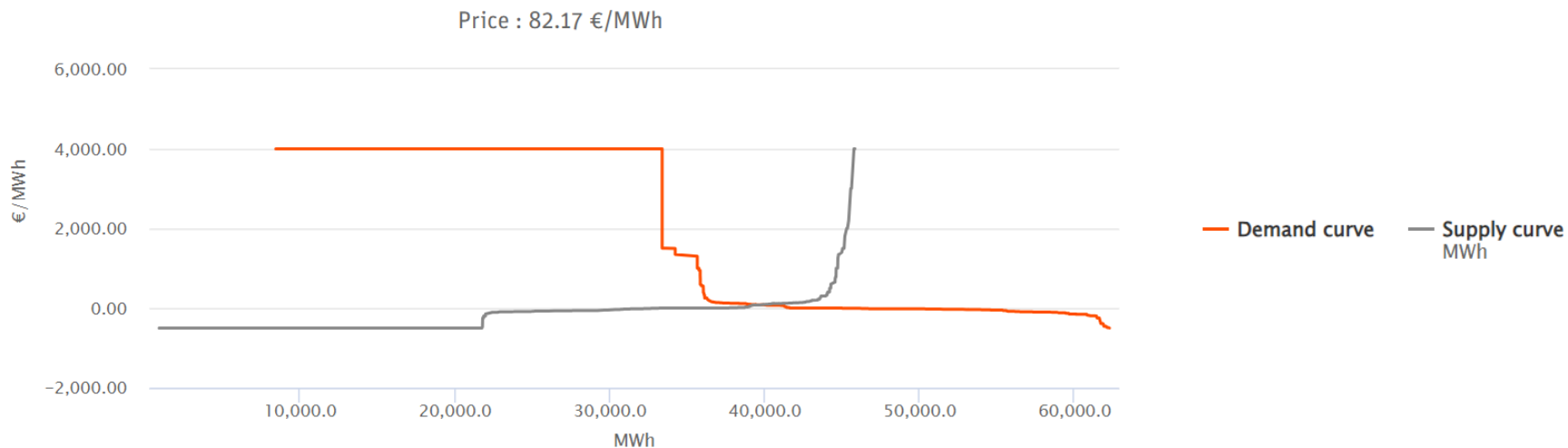
Märkte für elektrische Energie und Leistung

Planungshorizont bzw. Reaktionszeit	Marktsegment / Produkt	Organisation des Marktes
Jahre bis Wochen Day Ahead 15 min	Termin-Markt Day-Ahead Markt Intraday-Markt	Energy Only Markt: Öffentliche Strombörsen Bilaterale Vereinbarungen   
15 min 5 min 30 s	Frequency Restoration Reserve (manual) Frequency Restoration Reserve (automatic) Frequency Containment Reserve	Markt für Regelenergie: Marktplatz organisiert durch TSO, Abruf organisiert durch TSO 
Wie vereinbart	Blindleistung Engpassmanagement Störungsmanagement Schwarzstart und Netzwiederaufbau	Kein Markt vorhanden: Bilaterale Vereinbarungen mit TSO, Abruf organisiert durch TSO 

Preisbildung allgemein



Reale Angebots- und Nachfragekurven vom 13.11.2023 - 8:00-9:00

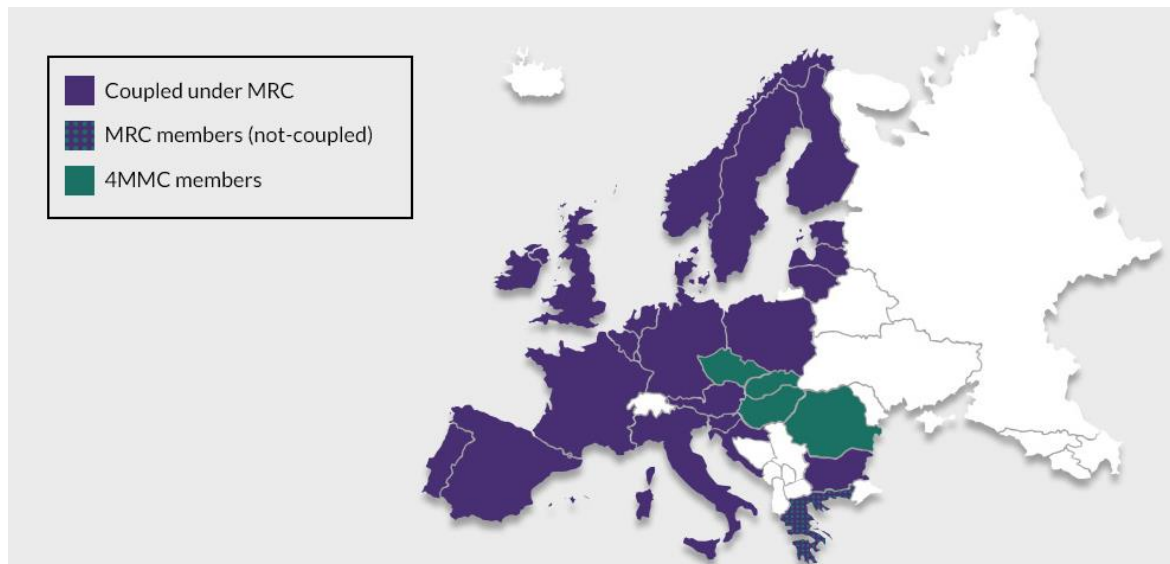


Quelle: epex spot

Day-Ahead-Marktgebiet

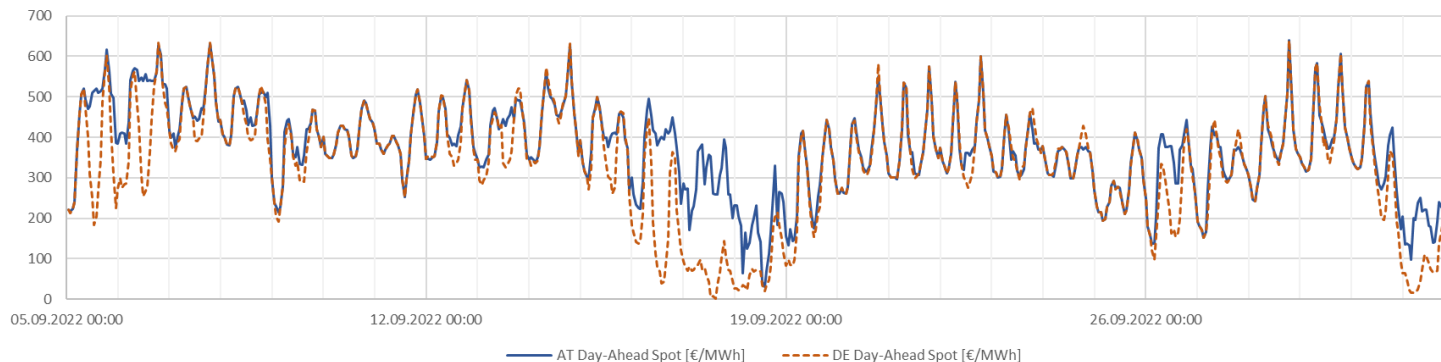
AT ist Teil der über das „**Multi-Regional-Coupling**“ (MRC) verbundenen Marktgebiete

- „Wohlfahrtsoptimierung findet zentral für das gesamte Gebiet gleichzeitig statt
 - Verwendung des Algorithmus „**Euphemia**“ (Pan-European Hybrid Electricity Market Integration Algorithm entwickelt von N-SIDE)
- „Implizite“ Allokation von Transportkapazitäten - Energie und Transportkapazitäten zwischen Marktgebieten werden in einer Auktion gleichzeitig gehandelt

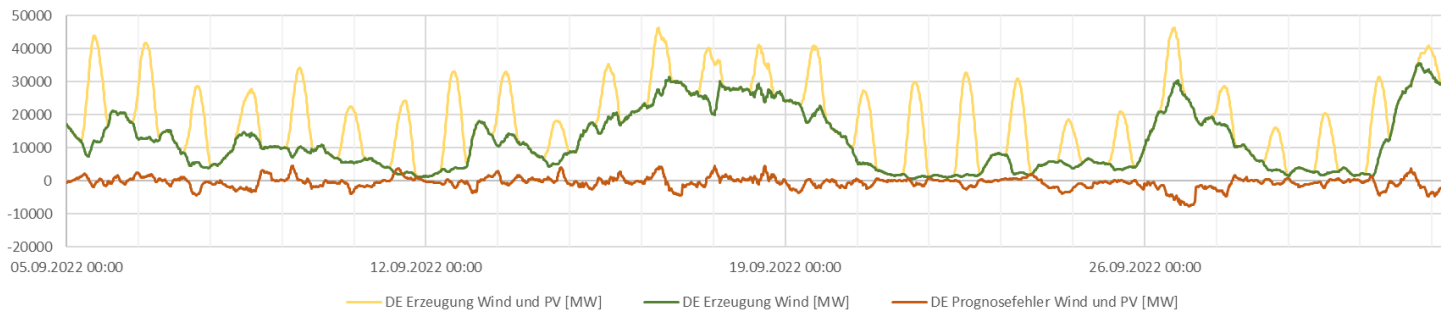


Day-Ahead Stundenpreise und Einfluss von Wind und PV

Day-Ahead Spot Markt in AT und DE (Okt.2022)



Wind und PV Erzeugung in DE

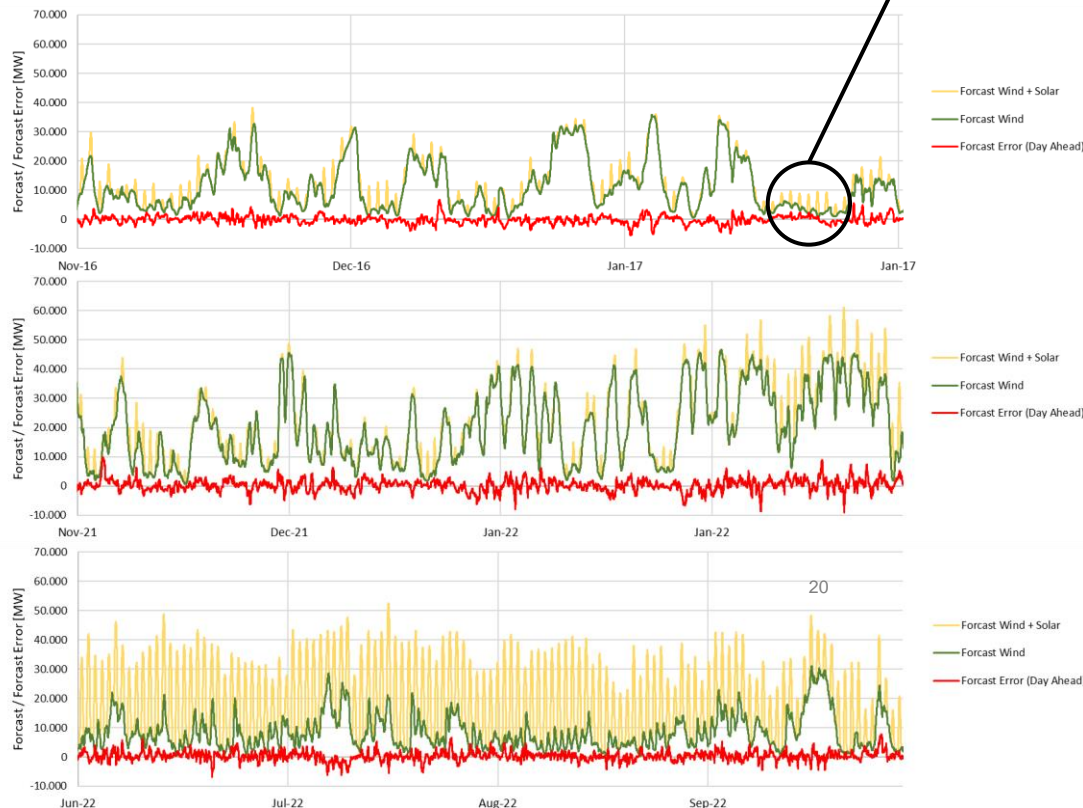


Fluktuierende Einspeisung von Wind und PV

- Dargestellt sind die für die Preisbildung am Day-Ahead Markt relevanten Prognosewerte
- Charakteristik Sommer – Winter
- Prognosefehler über 5 GW keine Seltenheit

2022: ca. 6,7% der Erzeugung waren Day-Ahead Prognosefehler
→ ca. 12,2 TWh

Russlandhoch Cooper und Dieter
→ Sehr kalt
→ Sehr hoher Verbrauch
→ Geringe EE- Erzeugung



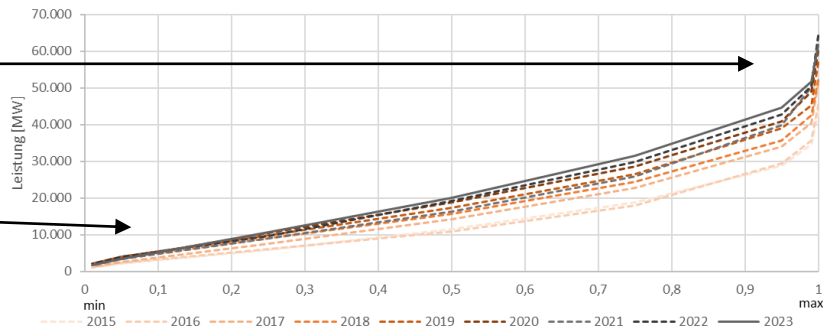
Erzeugung und Prognosefehler von Wind und PV in Deutschland

Netz: Stress (Wind/PV Abriegelung,
Engpassmanagement)
Speicher: Chance (niedrige Preise)

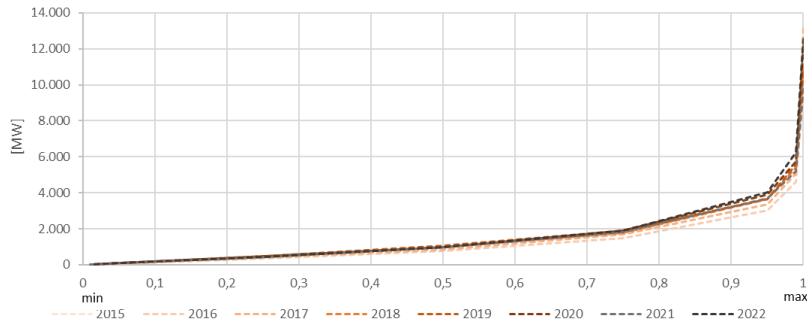
Netz: Problem (Ausreichend Kapazitäten?)
Speicher : Chance (hohe Preise)

Obwohl die Prognosen besser werden, sinken die absoluten Prognosefehler von Wind und PV bedingt durch den starken Zubau nicht.

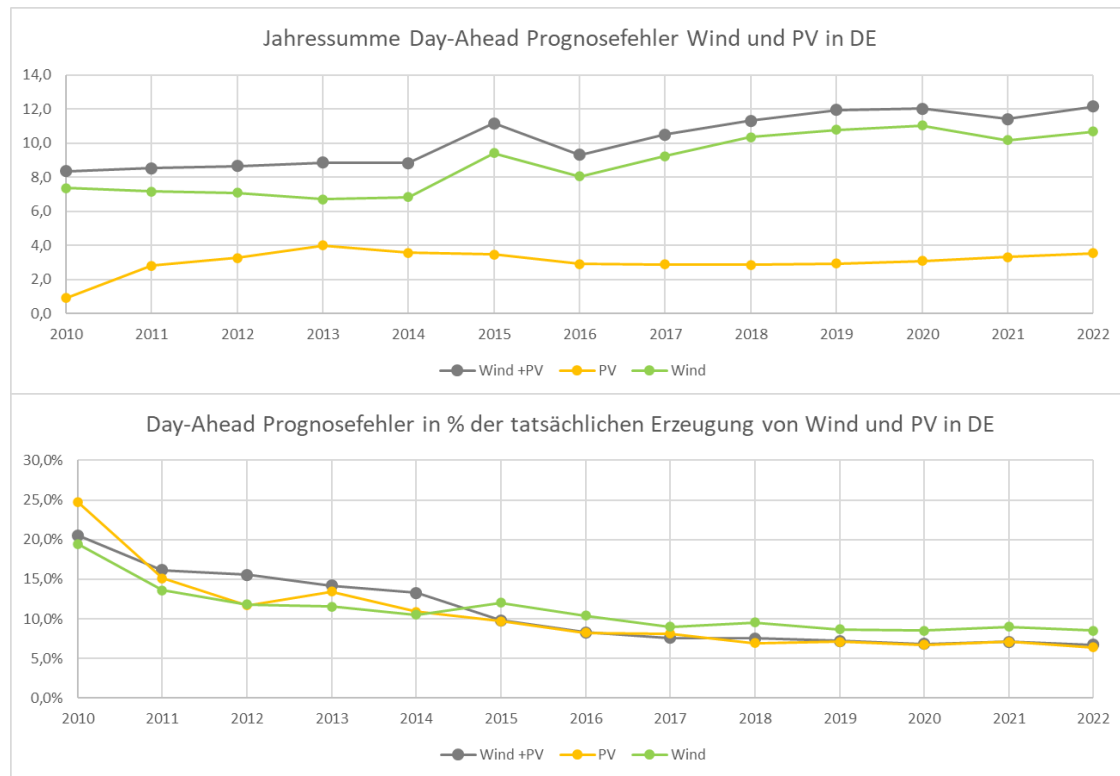
Quantile der Wind- und PV-Erzeugung



Quantile der absoluten Wind- und PV- Day-Ahead Prognosefehler



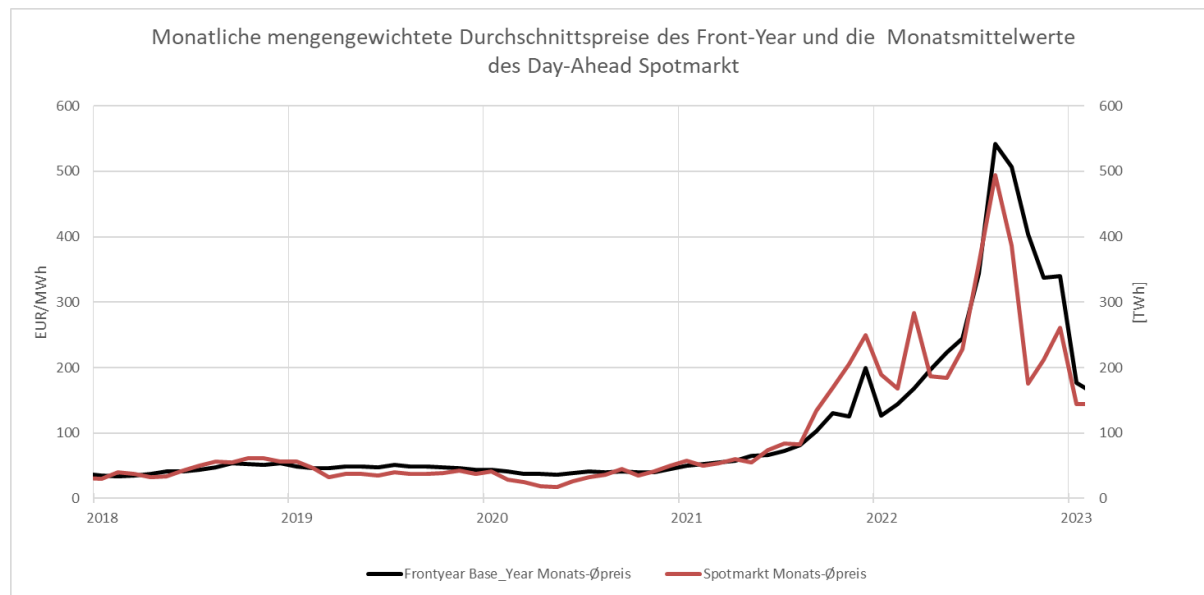
Entwicklung der Day-Ahead-Fehler von Wind und PV in Deutschland




Quelle: Berechnungen auf Basis von Daten der „entso-e Transparency Platform“: <https://transparency.entsoe.eu/>

Preisentwicklung und Preiserwartung 2

Zusammenhang zwischen den Day-Ahead Spotpreisen und den monatlichen Werten des DE-Phelix-Base-Future im Front-Year.



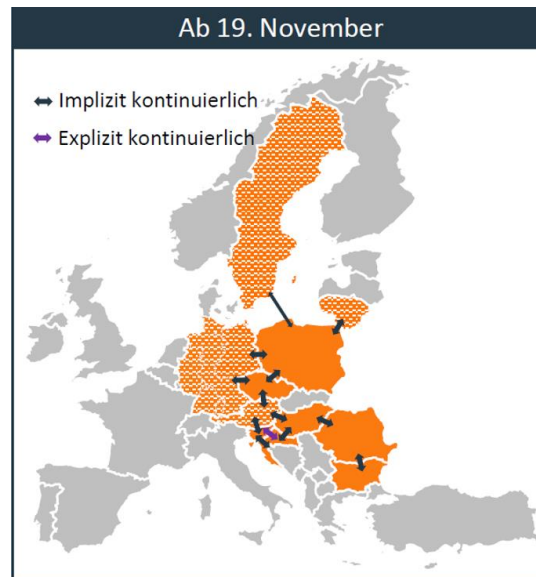
Märkte für elektrische Energie und Leistung

Planungshorizont bzw. Reaktionszeit	Marktsegment / Produkt	Organisation des Marktes
Jahre bis Wochen Day Ahead 15 min	Termin-Markt Day-Ahead Markt Intraday-Markt	Energy Only Markt: Öffentliche Strombörsen Bilaterale Vereinbarungen   
15 min 5 min 30 s	Frequency Restoration Reserve (manual) Frequency Restoration Reserve (automatic) Frequency Containment Reserve	Markt für Regelenergie: Marktplatz organisiert durch TSO, Abruf organisiert durch TSO 
Wie vereinbart	Blindleistung Engpassmanagement Störungsmanagement Schwarzstart und Netzwiederaufbau	Kein Markt vorhanden: Bilaterale Vereinbarungen mit TSO, Abruf organisiert durch TSO 

Intradayhandel - Marktgebiet

AT

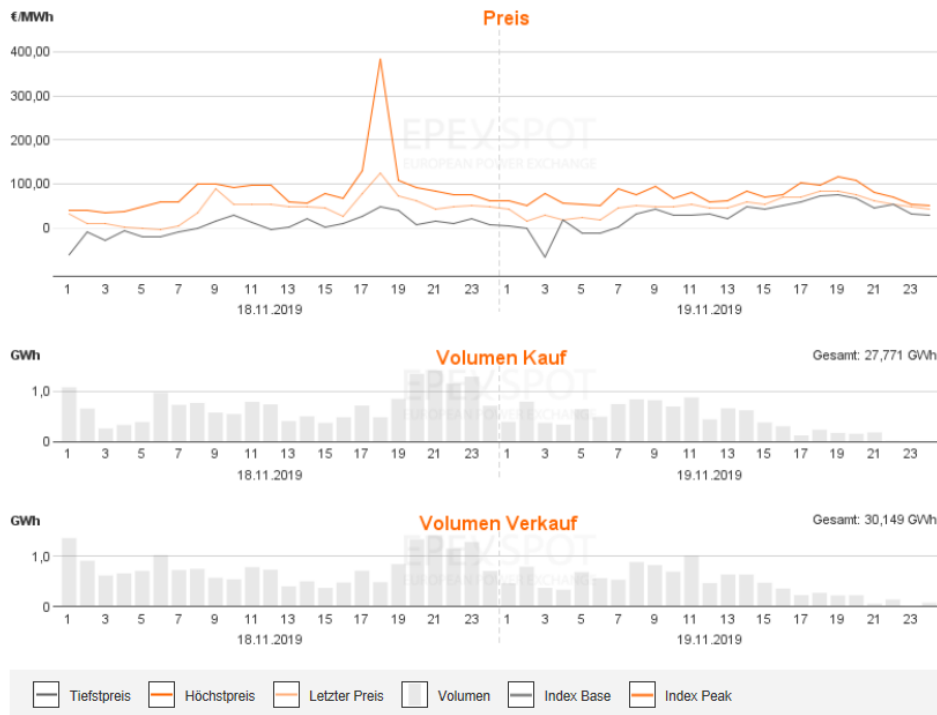
- Handel durch APG einschränkbar (Vor allem wenn Engpassmanagementmaßnahmen gesetzt werden müssen bzw. wurden)
- Vorlaufzeit (Gate Closure) bis Erbringung 5 Minuten
- Grenzüberschreitend (realisiert über die Plattform XBID)
 - Gleiche Logik wie beim Market-Coupling der Day-Ahead Märkte
 - Implizite Auktionen: Energie und Transportkapazität wird gemeinsam gehandelt
 - Erweiterung um sieben Länder seit 19.11.2019
 - Vorlaufzeit (Gate Closure) bis Erbringung bei Grenzüberschreitendem Handel 60 Minuten



Intradaymarkt

Chancen für flexibel
einsetzbare
Einheiten

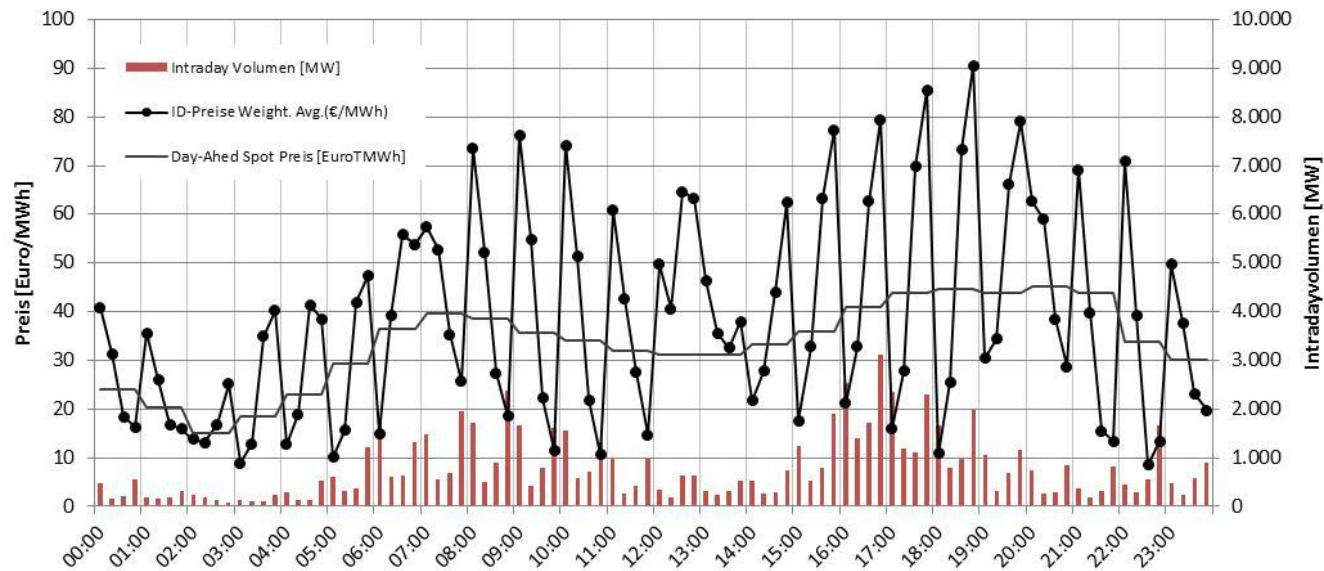
Ausgleich von
Prognosefehlern



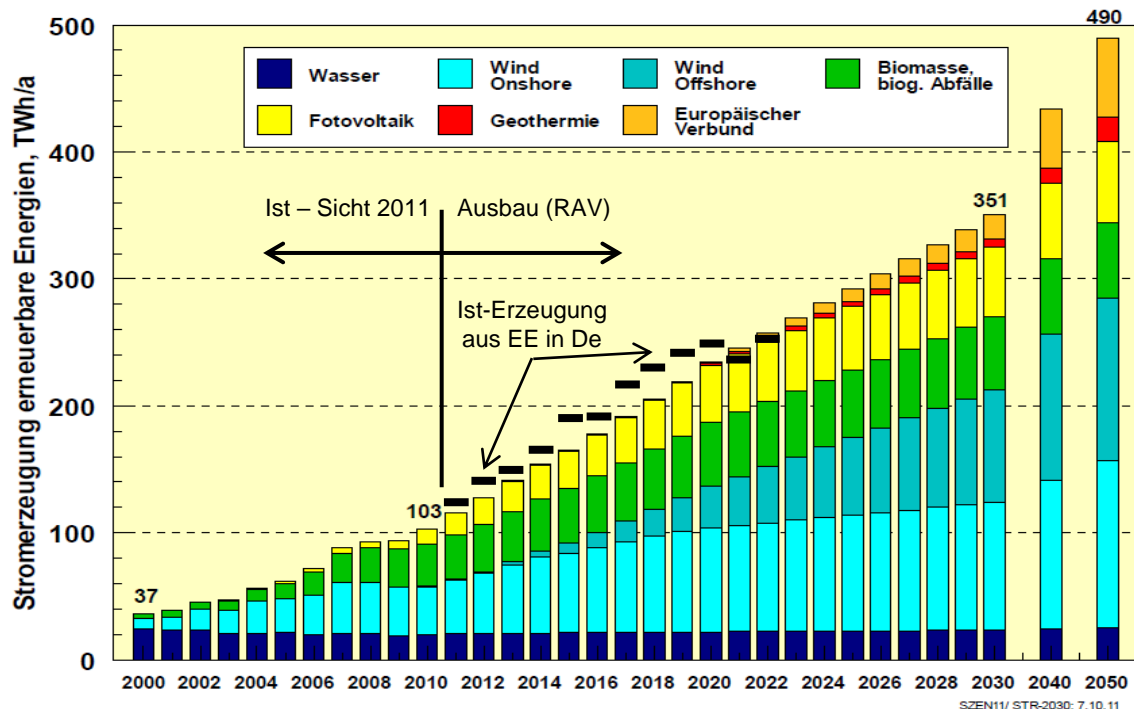
Quelle: EPEXSPOT

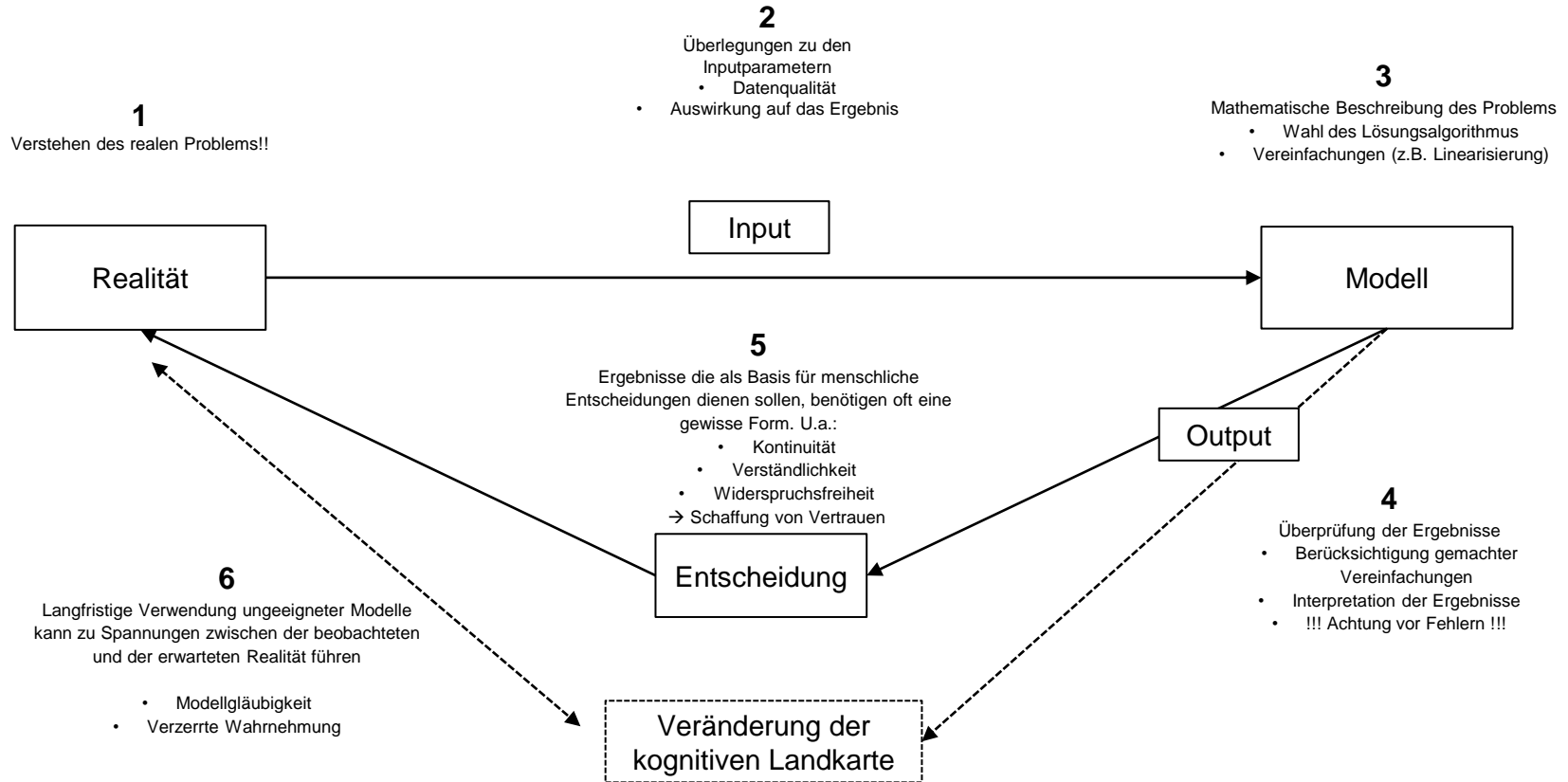
EPEXSPOT INTRADAY CONTINUOUS Markgebiet AT

Intraday- Viertelstunden im Mai 2015

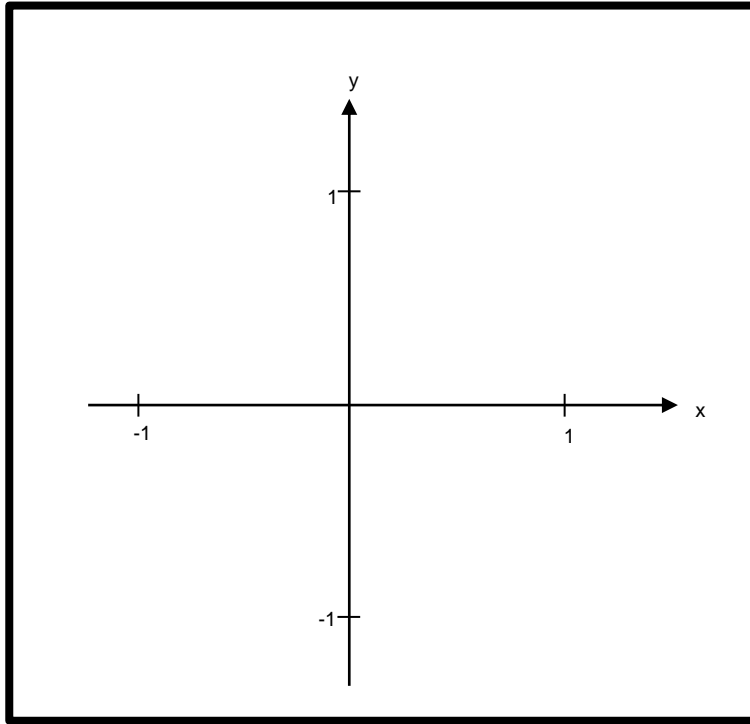


Rückblick: Ausbauszenarien aus 2011 für EE in Deutschland

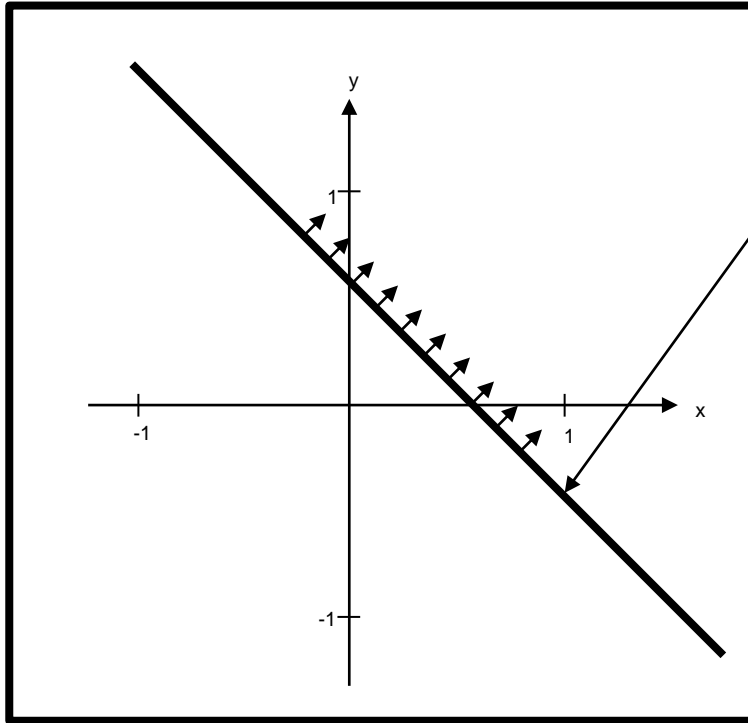




Einstiegsbeispiel 2-D

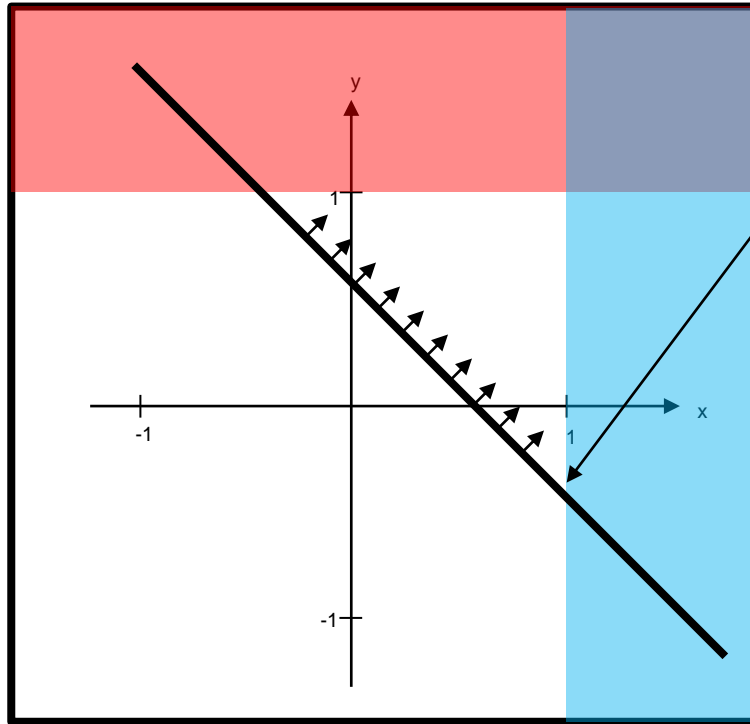


Einstiegsbeispiel



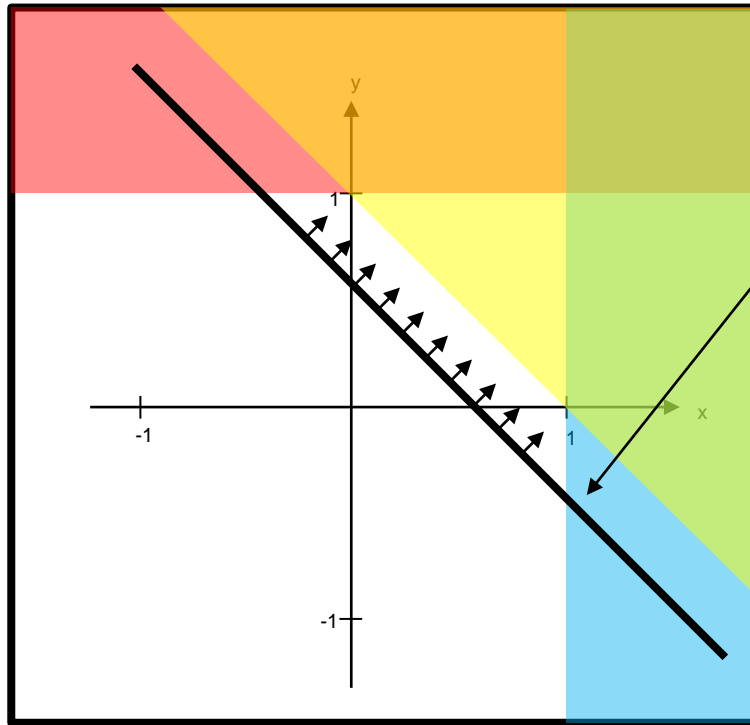
- Zielfunktional
 $ZZ = x + y$
- Lösungen mit gleich großem Zielfunktional
- Pfeile zeigen in Richtung steigenden Zielfunktional
- Lösungsraum
 - X von $-\infty$ bis $+\infty$
 - Y von $-\infty$ bis $+\infty$

Einstiegsbeispiel



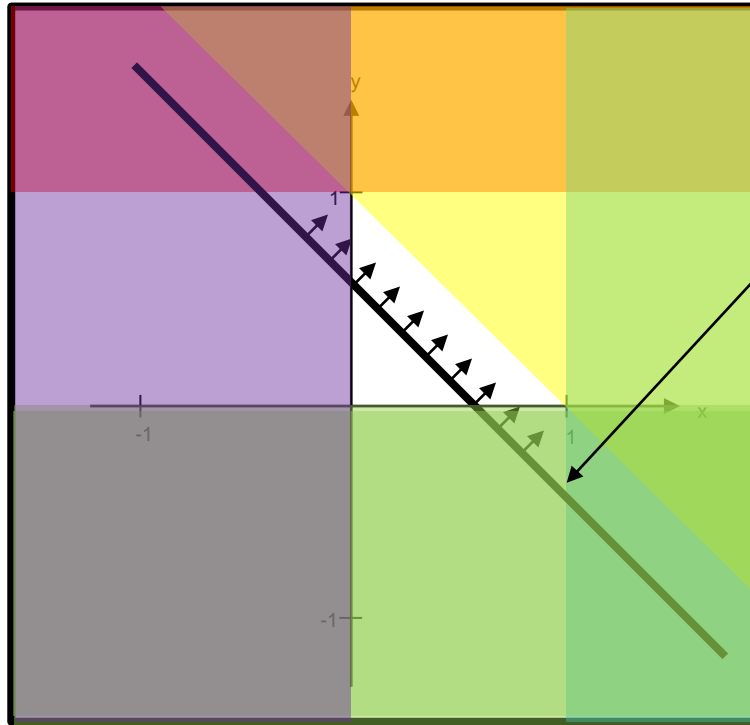
- Zielfunktional
 $zz = x + y$
- Lösungen mit gleich großem Zielfunktional
- Pfeile zeigen in Richtung steigenden Zielfunktional
- Einschränkung des Lösungsraumes durch Nebenbedingungen
 - $x < 1$
 - $y < 1$

Einstiegsbeispiel



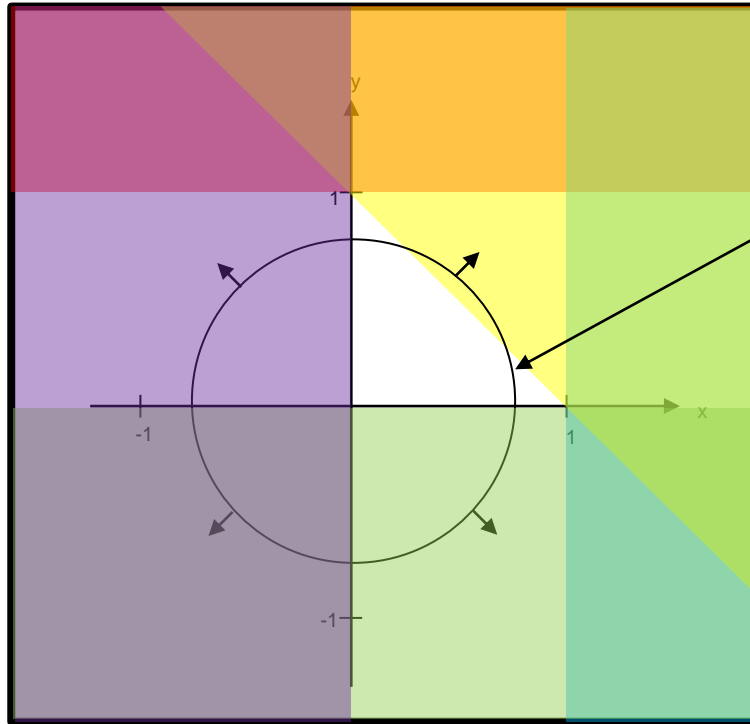
- Zielfunktional
 $zz = x + y$
- Lösungen mit gleich großem Zielfunktional
- Pfeile zeigen in Richtung steigenden Zielfunktional
- Einschränkung des Lösungsraumes durch Nebenbedingungen
 - $x < 1$
 - $y < 1$
 - $x + y < 1$

Einstiegsbeispiel



- Zielfunktional
 $zz = x(1) + x(2)$
- Lösungen mit gleich großem Zielfunktional
- Pfeile zeigen in Richtung steigenden Zielfunktional
- Einschränkung des Lösungsraumes durch Nebenbedingungen
 - $x(1) < 1$
 - $x(2) < 1$
 - $x(1) + x(2) < 1$
 - Pos.Variable $x(1)$
 - Pos.Variable $x(2)$

Einstiegsbeispiel



- Zielfunktional

$$zz = \sqrt{x^2 + y^2}$$
- Lösungen mit gleich großem Zielfunktional
- Pfeile zeigen in Richtung steigenden Zielfunktionals

- Einschränkung des Lösungsraumes durch Nebenbedingungen

- $X \leq 1$

- $Y \leq 1$

- $X + Y \leq 1$

- Pos.Variable X(1)

- Pos.Variable X(2)

Temporale Verknüpfung über
Lager- bzw. Speicherinhalt

