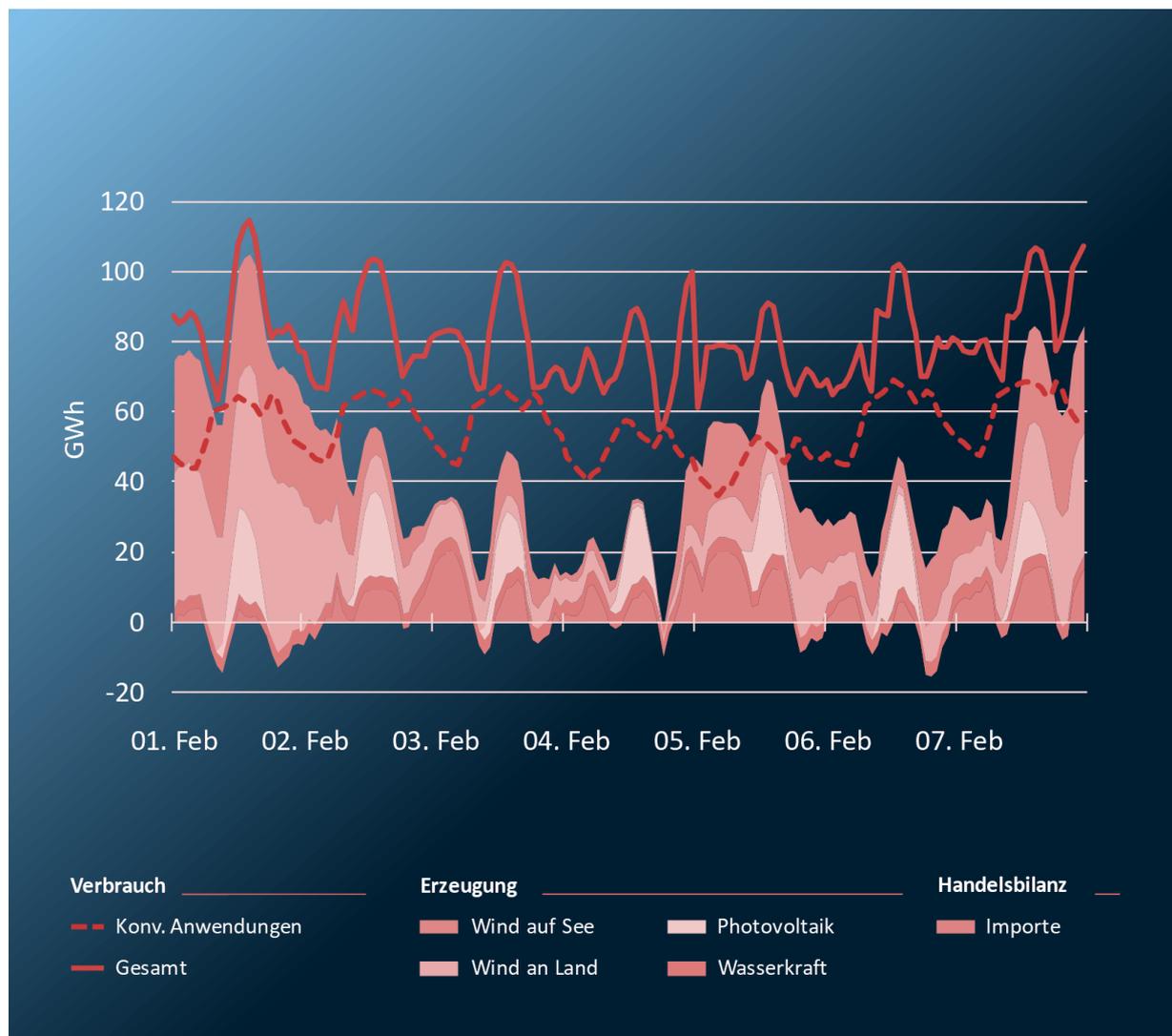


Produktinformation

Strommarktszenarien



Strommarktszenarien

Strommarktszenarien zeigen auf, wie sich das Stromsystem in Zukunft unter bestimmten Rahmenbedingungen entwickeln kann. Sie sind damit ein wichtiges Analyseinstrument für die verschiedenen Akteure: Öffentliche Institutionen können anhand von Szenarien mögliche Zielabweichungen identifizieren und die Wirkungen von politischen Instrumenten abschätzen. Private Energieversorgungsunternehmen haben eine quantitative Basis zur Ableitung von Unternehmensstrategien und Bewertung von Risiken.

Die konkrete Ausgestaltung von Strommarktszenarien wird von der dahinterliegenden Fragestellung bestimmt. Aktuell viel diskutierte Fragen sind u. a.:

- Auswirkung von dauerhaft niedrigen Brennstoffpreisen auf die Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken in einem Energy-Only-Markt
- Bedeutung von Gas-Kraftwerken bei der Dekarbonisierung des Stromsystems
- Einfluss von CO₂-Mindestpreisen auf die Großhandelsstrompreise

Da die Bandbreite der Untersuchungsfragen angesichts der Komplexität der europäischen Energiewende sehr groß ist, wird bei Prognos jedes Strommarktszenario auf die spezifischen Fragestellungen der Kunden maßgeschneidert. Jedes Szenario wird neu modelliert – im engen Austausch mit dem Auftraggeber.

Vor Beginn der Modellrechnungen empfehlen wir, einen Prämissen-Workshop vor Ort durchzuführen. Hier wird die Fragestellung konkretisiert und die aktuellen politischen und wirtschaftlichen Themen in die Szenarien eingeordnet. Diskutiert und abgestimmt werden im Workshop auch die zentralen Annahmen zu CO₂- und Brennstoffpreisen, zum Stromverbrauch sowie zum Ausbau der erneuerbaren Energien.

Die Ergebnisse der Modellierung werden im Rahmen eines Ergebnisworkshops vorgestellt, ausgewertet und mit Ihnen diskutiert. Im Anschluss erhalten Sie alle wesentlichen Ergebnisse als Daten im Excelformat.

► Abbildung 1 (Titelseite): Beispielhafte stündliche Darstellung von Einspeisung erneuerbarer Energien, inflexiblen und flexiblen Stromverbrauchern (z. B. flexible E-PKW) sowie Austausch mit dem Ausland in einem Stromsystem mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien.

Untersuchungsthemen (Beispiele)

- Brennstoffpreise und CO₂-Preise
- ETS und nationale Mindestpreise
- Corporate PPA
- Marktdesign: Energy-Only-Markt versus Kapazitätsmarkt
- Zuschnitt von Gebotszonen
- Zukunft der Stromerzeugung aus Erdgas
- Beschleunigter Kohleausstieg
- Effekte von Wärmepumpen und Elektromobilität

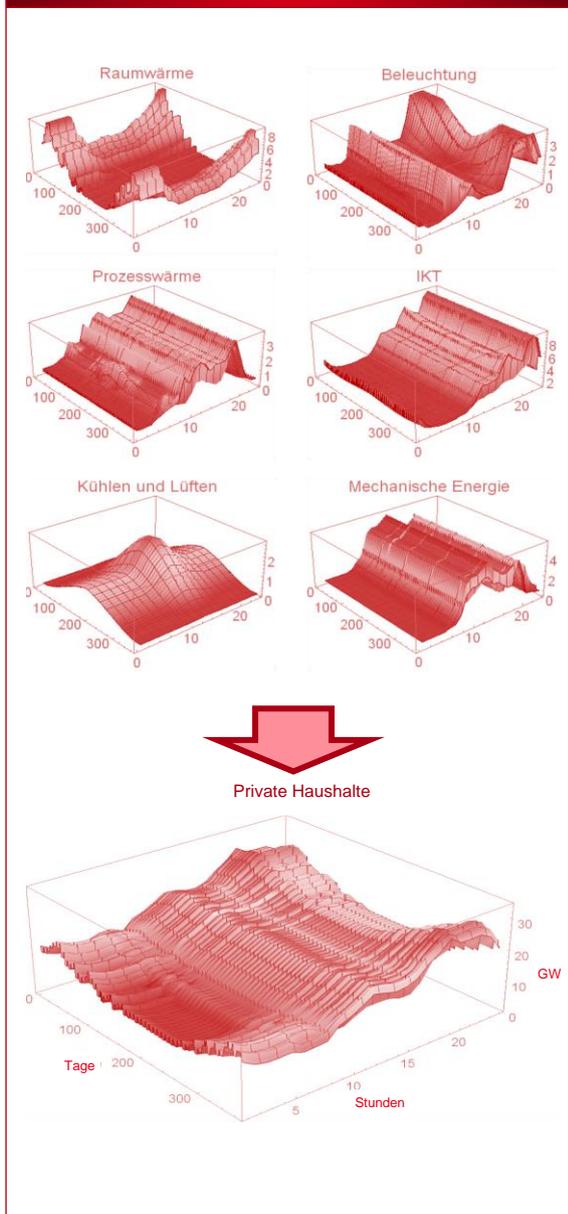
Oft bietet es sich an, verschiedene Szenarien zu berechnen, die ein breites Spektrum grundsätzlicher Entwicklungen analysieren und so einen möglichst großen Ergebnisraum abdecken. Soll hingegen die Stabilität eines Szenarios bewertet werden, können auch Sensitivitäten berechnet werden, bei denen die Inputdaten nur geringfügig von einem Leitszenario abweichen (z. B. höhere oder niedrigere Brennstoffpreise).

Wir unterstützen Sie gerne bei der Definition und Auswahl der Szenarien und Sensitivitäten.

Erfahrungen

Die Strommarktmodellierung der Prognos AG ruht auf zwei starken Säulen: Modellierungskompetenz und langjährige Erfahrung. Die Berechnung der Strommarktszenarien erfolgt durch unser seit vielen Jahren bewährtes und ständig weiterentwickeltes Strommarktmodell inklusive der dazugehörigen Modelle im Bereich Makroökonomie, Energienachfrage und erneuerbare Energien. Ebenso wichtig wie die Modelle ist unser tiefgreifendes Verständnis der aktuellen und zukünftigen energiepolitischen Fragestellungen. Mit unserer langjährigen Erfahrung in der Beratung von verschiedenen Akteuren – wie z. B. Ministerien, Verbände, Energieversorger und NGOs – können wir über die Szenarienprojekte hinaus unterstützen.

Modellierung der stündlichen Lastkurven der inflexiblen Stromverbraucher



► Abbildung 2: Die stündliche Struktur der inflexiblen Stromnachfrage ist eine zentrale Eingangsgröße für die Strommarktmodellierung. Sie hat einen starken Einfluss auf die Jahreshöchstlast und damit auf die Vorhaltung von gesicherter Leistung. Für die Strommarktmodellierung werden deshalb nicht historische Gesamtlastprofile in die Zukunft fortgeschrieben, sondern eigenständig modelliert. Basis für die Modellierung der stündlichen Lastkurven ist eine Bottom-Up-Modellierung der einzelnen Anwendungen in den vier Verbrauchssektoren Private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD), Verkehr und Industrie. Diese Verbräuche werden mit anwendungsspezifischen Lastprofilen (z.B. Beleuchtung) verschnitten. Die Lastprofile der einzelnen Anwendungen werden dann zu sektoralen Verbrauchslastgängen bzw. zu einem Gesamtlastgang aggregiert (siehe Abbildung 3).

Prognos-Modellfamilie

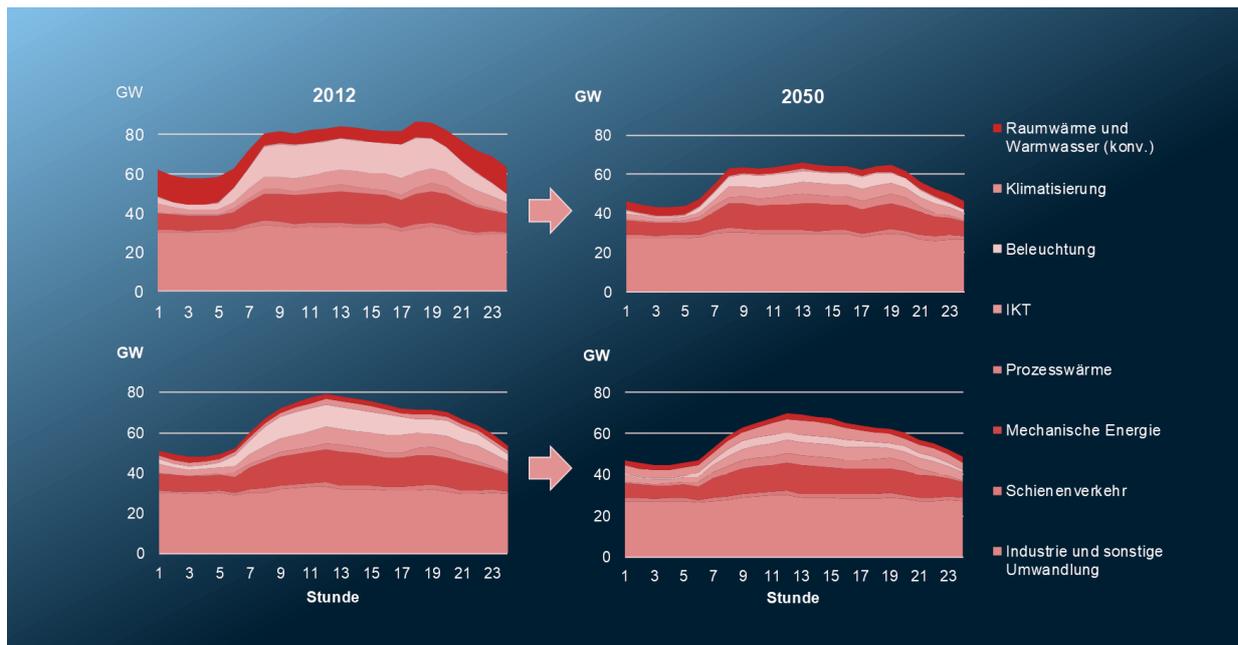
Die Modellierung erfolgt mit dem Prognos-Strommarktmodell. Es ist eingebettet in die firmeneigene Modellumgebung, die zentrale Inputdaten zur Entwicklung des Strombedarfs und der Art des Ausbaus der erneuerbaren Energien für die Strommarktmodellierung bereitstellt:

- Makroökonomisches Modell VIEW
- Modelle zur Ermittlung der Energienachfrage in den Sektoren PHH, GHD, Industrie und Verkehr
- Erneuerbare Energien-Modell

Ausgangspunkt der Strommarktmodellierung ist die demografische und wirtschaftliche Entwicklung. Hier setzen wir das makroökonomische Modell (VIEW) ein, welches den sozioökonomischen Rahmen für die wichtigsten Industrienationen weltweit liefert. In Verbindung mit Fundamentalanalysen zu internationalen Energiepreisen dienen diese Daten als Grundlage für die Modellierung der Endnachfragezenarien in den vier Sektoren Industrie, private Haushalte, Verkehr und GHD. Für Deutschland wird die Stromnachfrage bottom-up auf Basis detaillierter Daten zum Geräte- und Anlagenbestand sowie der Effizienzentwicklung modelliert und nach Anwendungszwecken ausgewiesen. Der Stromverbrauch wird dann mit Hilfe von anwendungsspezifischen Lastprofilen in stündliche Profile umgewandelt (siehe Abbildung 2 und 3) und fließen in die Strommarktmodellierung ein. Für die übrigen Länder erfolgt die Strombedarfsmodellierung anhand eines Top-down-Verfahrens auf Basis von Annahmen zu sozioökonomischen Rahmenbedingungen und Annahmen zur Effizienzentwicklung in den Sektoren.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird über ein eigenes exogenes Modell in der EU-27 sowie Norwegen und der Schweiz abgebildet. Auf der Basis von historischen Wetterdaten werden synthetische Einspeisezeitreihen für Wind und PV generiert. Diese ergeben in Verbindung mit historischen Einspeisezeitreihen für Laufwasser eine stündliche erneuerbare Einspeisung, die in das Strommarktmodell eingespeist wird.

Aus der Kombination des stündlichen Strombedarfs (Gesamtlastgang) mit der stündlichen Einspeisung der erneuerbaren Energien wird die Residuallast für die im Strommarktmodell abgebildeten Länder berechnet. Sie gibt den Rahmen vor, in dem die konventionellen Kraftwerke auf nationaler und internationaler Ebene agieren können. Mit der Einbindung des Strommarktmodells in die Modellfamilie ist es möglich, die Auswirkungen wirtschaftlich-demografischer Trends und verschiedener Ausbaupfade der erneuerbaren Energien konsistent zu modellieren.



► Abbildung 3: Hier ist beispielhaft die stündliche Stromnachfrage für einen Winter- und einen Sommertag in den Jahren 2012 und 2050 nach Verwendungszwecken abgebildet. Deutlich sichtbar sind die abnehmende Bedeutung von Beleuchtung, mechanischer Energie und IKT sowie die zunehmende Bedeutung der Anwendung Klima und Lüften (im Sommer). Dies führt tagsüber zu einer Senkung des Stromverbrauchs und einer Reduzierung der Lastspitzen.



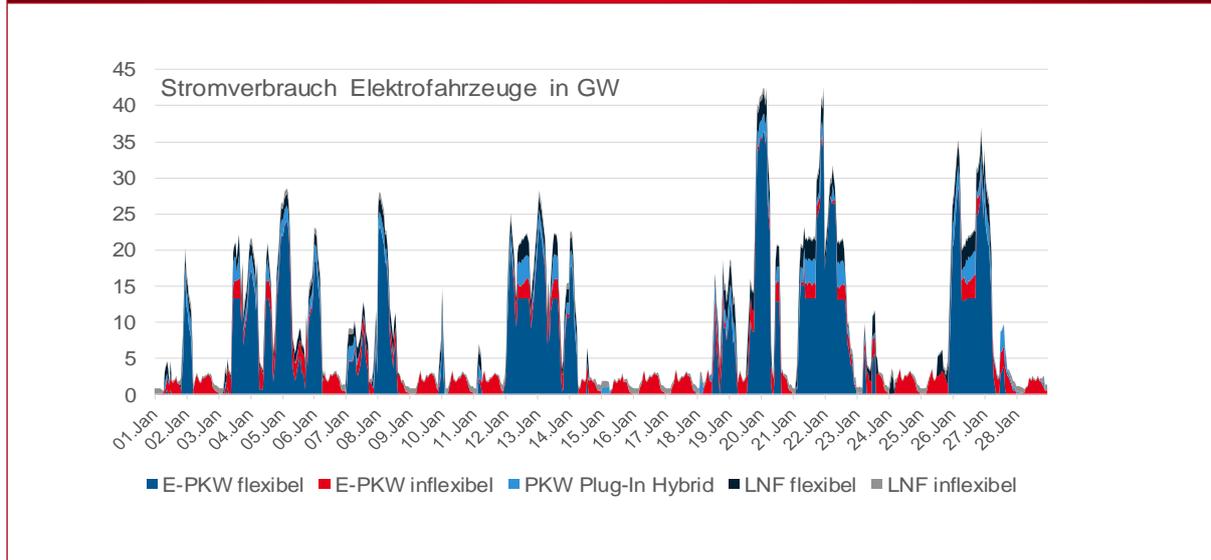
► Abbildung 4: Der Stromaustausch zwischen den einzelnen Ländern wird auf Basis der modellierten stündlichen Großhandelspreise und den vorhandenen Übertragungskapazitäten in einem iterativen Verfahren abgebildet. Bei Bedarf können weitere Länder abgebildet werden

Prognos-Strommarktmodell

Das Strommarktmodell der Prognos AG bildet die Großkraftwerke ab einer Leistung von 50 MW in Europa ab. Es simuliert bis zum Jahr 2050 stundenscharf den Einsatz der einzelnen Kraftwerksblöcke. In das Modell fließen für die zu betrachtenden Marktregionen unter anderem folgende Eingangsparmeter ein:

- Technische und ökonomische Parameter der einzelnen fossil-thermischen Kraftwerksblöcke (Nettonennleistung, Nettowirkungsgrad, Mindestleistung, Brennstofftyp, Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten, Anfahrstoffkosten, saisonale Verfügbarkeiten, Anforderungen aus Wärmebereitstellungen)
- Jahreslastgang der inflexiblen Verbraucher als Resultat des zukünftigen Strombedarfs in Abhängigkeit von Energieeffizienzpfaden und der Entwicklung der volkswirtschaftlichen Indikatoren der einzelnen Sektoren
- Restriktionen für das Ladeverhalten von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der stündlichen Wärmenachfrage, der verschiedenen Fahrprofile sowie den Restriktionen beim Wärmespeicher und der Fahrzeugbatterie

Einsatz von Elektrofahrzeugen



► Abbildung 5: E-Fahrzeuge und Wärmepumpen werden im Strommarktmodell als flexible Verbraucher abgebildet. Sie können auf Basis von Strompreisimpulsen ihren Verbrauch intelligent steuern.

- Einspeisezeitreihen für variable erneuerbare Energien unter Berücksichtigung nationaler Ausbauziele
- Mittlere Brennstoffpreise für Kraftwerke in Abhängigkeit von internationalen Energiepreisen, Transportkosten und volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Netztransferkapazitäten (NTC) zwischen den benachbarten Marktregionen
- Preis für CO₂-Zertifikate in Abhängigkeit von den Vorgaben zur Klimapolitik und den Emissionen des jeweiligen Kraftwerksparks
- Restriktionen bei der Bewirtschaftung von Speicherkraftwerken

Die einzelnen Eingangsparameter des Modells werden auf die zukünftigen regulatorischen, ökonomischen und technischen Rahmenbedingungen angepasst. Im Fokus der regulatorischen bzw. politischen Rahmenbedingungen stehen vor allem europäische Klimaschutzinstrumente (EU ETS inkl. Marktstabilitätsreserve) und nationale Ergänzungsmaßnahmen (CO₂-Mindestpreis, Klimabeitrag, Ordnungsrecht).

Aufgrund der flexiblen Eingabemöglichkeiten bestehen hohe Freiheitsgrade bei der Definition von Szenarien und Sensitivitäten. Über die Einbindung in die Modellfamilie stehen darüber hinaus Instrumente zur Verfügung, die inhaltliche Konsistenz dieser Szenarien bereits im Vorfeld verifizieren.

Im Modell erfolgt der Kraftwerkseinsatz realitätsnah entsprechend der jeweiligen Lastnachfrage nach der Grenzkostenlogik (Merit-Order).

Das Kraftwerk mit den niedrigsten Grenzkosten wird zuerst eingesetzt, alle weiteren Kraftwerke sortieren sich gemäß ihren Grenzkosten ein, bis die Last für jede einzelne Stunde des Betrachtungszeitraumes gedeckt ist. Dabei bestimmt das jeweils letzte eingesetzte Kraftwerk mit den höchsten Grenzkosten den Preis. Stromspeicher (insbesondere Speicherwasserkraftwerke) werden bei der Einsatzplanung berücksichtigt. Diese Anlagen bieten zu Grenzkosten, so dass der Ertrag dieser Anlagen über das Jahr maximiert wird.

Der Stromaustausch zwischen den einzelnen Ländern wird auf Basis der modellierten stündlichen Großhandelspreise und den vorhandenen Übertragungskapazitäten in einem iterativen Verfahren abgebildet. Wie am realen Strommarkt glätten Im- und Exporte im Modell die Preise in den einzelnen Ländern, einseitige Preisausschläge werden im Rahmen der Strommarktkopplung reduziert.

Die Stilllegung von Kraftwerken erfolgt i. d. R. automatisch, sobald die festgelegte Lebensdauer des jeweiligen Kraftwerkstyps erreicht ist. Retrofitmaßnahmen und Stilllegungen aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten werden in einem externen Modul nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien überprüft, so dass die Flexibilisierung der Lebensdauer der Kraftwerke möglich ist.

Der Zubaubedarf für Kraftwerke wird anhand der höchsten erwarteten Last des aktuellen Jahres in dem jeweiligen Land und des jeweils verfügbaren Angebots (Kraftwerkspark, Stromspeicher, Lastmanagementpotenzial) ermittelt. Erneuerbare werden nach exogenen Vorgaben unter Berücksichtigung der bestehenden Potenziale zugebaut. Ihr Beitrag zur gesicherten Leistung wird bei der Berechnung des Zubaubedarfs durch konventionelle Kraftwerke kapazitätsmindernd berücksichtigt. Die Auswahl der zusätzlichen Kraftwerke erfolgt anhand ihrer Wirtschaftlichkeit, der Zubau wird wie die Stilllegungen iterativ geprüft.

Dabei wird zwischen 15 Kraftwerkstypen nach Brennstoff und Betriebsart unterschieden. Für (potenziell) neu in den Kraftwerkspark kommende Kapazitäten wird zunächst ihre Position in der Merit-Order ermittelt, davon ausgehend wird die Erlös- und Kostensituation berechnet.

Als Ergebnis der stündlichen Modellierung liefert das Strommarktmodell mit seinen Zusatzmodulen die Stromerzeugung, CO₂-Emissionen, den Brennstoffeinsatz, Großhandelsstrompreise sowie die Wirtschaftlichkeit und Rentabilität der einzelnen Kraftwerksblöcke.

Ergebnisformate (Beispiele)

- Großhandelsstrompreise: Baseload, Peakload, 1000 und 3000 teuerste Stunden, stündliche Preise
- Stromerzeugung, Leistung, Brennstoffeinsatz, Importe und Exporte
- THG-Emissionen
- Spreads
- Deckungsbeiträge und Wirtschaftlichkeit von einzelnen Anlagen (z.B: Erlöse von Windparks im Rahmen von Corporate PPA)
- Endkundenstrompreise
- Kosten des Stromsystems

Im Nachgang zur Modellierung des Strommarktes werden aus Großhandelspreisen und Umlagen die Endkundenpreise für verschiedene Verbrauchergruppen (private Haushalte, Gewerbe, energieintensive Industrie etc.) ermittelt. Im Rahmen von Szenarioberechnungen werden diese wiederum iterativ genutzt, um die ursprüngliche Stromnachfrage hinsichtlich ihrer Preiselastizität zu verifizieren und gegebenenfalls anzupassen.

Zur Validierung der Ergebnisse werden regelmäßig Backtestings durchgeführt. Das heißt, die Ergebnisse des Modells werden mit den historischen Ergebnissen verglichen.

Referenzen

Wir erstellen regelmäßig Strommarktszenarien für Stadtwerke, überregionale Versorger, Kraftwerksbetreiber, Netzbetreiber und Investmentgesellschaften in Deutschland, Österreich und der Schweiz

Öffentliche Szenarienprojekte:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP)“ und Bewertung des Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung, 2020
- Bundesverband der deutschen Industrie (BDI): „Klimapfade für Deutschland“, 2017
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „Makrowirkungen der Energiewende“, 2017/18
- World Wide Fund for Nature (WWF): „Zukunft Stromsystem“, 2017
- Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw): Energiemonitoring, fortlaufend
- Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg: Energiestrategie 2030, 2017
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „Klimabeitrag für den deutschen Stromsektor“, 2015

Ihre Ansprechpartner

Prognos AG

Energiewirtschaft
Goethestraße 85
DE-10623 Berlin
www.prognos.com

Marco Wunsch
Tel.: +49 30 520059 - 225
marco.wuensch@prognos.com

Marcus Koepf
Tel.: +49 30 520059 - 233
marcus.koepf@prognos.com

Inka Ziegenhagen
Tel.: +49 30 520059 - 277
inka.ziegenhagen@prognos.com