

Swing-Optionen im Elektrizitätsmarkt – Bewertung und optimale Ausübungsstrategien komplexer Stromderivate

von Karl Frauendorfer, Gido Haarbrücker, Klaus Kiske, Daniel Kuhn

Die im Elektrizitätsmarkt als Swing-Optionen bekannten Derivate sind hinsichtlich ihres Charakters und ihrer Einsatzgebiete klassischen Call- und Put-Optionen aus der Finanzwelt ähnlich. So geben Swing-Optionen dem Optionshalter das Recht, während der vereinbarten Ausübungsperiode Energie zu einem vertraglich festgelegten Preis zu kaufen (Call) oder zu verkaufen (Put). Analog den klassischen Finanzoptionen eignen sich Swing-Optionen daher einerseits als Absicherungsinstrumente, andererseits lassen sich spekulative Interessen verfolgen. Die Bewertung von Swing-Optionen erweist sich jedoch als ungleich schwerer, denn oft ist eine solche Option nicht nur durch Rechte, sondern auch durch Verpflichtungen gekennzeichnet. Der hohen Komplexität dieser Derivate kann man mit numerischen Bewertungsmethoden begegnen.

Einleitung

Angesichts typischer Preisspitzen am Spotmarkt mit anschließender Rückkehr zu einem durchschnittlichen Preisniveau existiert das Interesse, sich gegen diese 'Spikes' abzusichern. Betrachten wir z.B. einen Marktteilnehmer XY mit einer Shortposition für einen zukünftigen Kalendermonat mit 23 Werktagen, wobei die Eintretenszeitpunkte der effektiven Unterdeckung noch unbekannt sind und deren Ausmaß nur grob im Sinne einer maximalen täglichen Unterdeckung abschätzbar ist. Bei einer gesunden Risikoaversion könnte XY darum besorgt sein, seine Exponierung gegen allfällige Preisspitzen zu reduzieren. Eine völlige Absicherung wäre erzielbar durch den Erwerb von 23 täglichen Europäischen Call-Optionen - eine übermäßige und sehr kostspielige Absicherung, denn die Wahrscheinlichkeit für Preisspitzen an allen 23 Tagen ist sehr gering. Eine ausreichende Absicherung könnte etwa erzielt werden durch den Erwerb acht identischer Amerikanischer Call-Optionen, deren Ausübungsperiode alle 23 Werktage überdeckt. Da es sich um identische Call-Optionen handelt, haben einerseits alle acht Optionen denselben optimalen Ausübungszeitpunkt; andererseits kann (etwa aufgrund eigener Absatzbeschränkungen) oder

will XY vielleicht nicht alle Optionen gleichzeitig ausüben. Erneut hat er also insgesamt eine zu hohe Prämie bezahlt. In dieser Situation wäre für XY ein risikogerechtes Hedging-Instrument durch folgendes Anrecht gegeben: eine Ausübungsperiode, die jene 23 Werktage überdeckt, bei täglicher Ausübung sowie einem zulässigen Gesamt-Maximalbezug, welcher der erwarteten offenen Short-Position von acht Tagen entspricht.

Solche Derivate sind im Elektrizitätsmarkt als Swing-Optionen bekannt und stellen das Analogon zu den aus der Finanzwelt bekannten Call- bzw. Put-Optionen dar. Da Swing-Optionen gegenüber klassischen Finanzoptionen aber durch zusätzliche Verpflichtungen gekennzeichnet sind und überdies pfadabhängige Derivate mit amerikanischer Ausübung darstellen, existieren keine einfachen Optionspreis-Formeln. Das ist mitverantwortlich dafür, dass Swing-Optionen noch nicht standardisiert gehandelt werden, sondern dass es sich um spezifisch ausgestaltete Verträge handelt, die auf OTC-Basis ausgehandelt werden. Da somit keine große Marktliquidität mit transparenten Pricing-Informationen gegeben ist, benötigen Options-Schreiber und -Halter umso mehr ein Instrument zur Bewertung und Ermittlung optimaler Ausübungsstrategien von Swing-Optionen, das eine adäquate Modellierung und Lösungsmethode verwendet und auch im operativen Geschäft eingesetzt werden kann.

Ausgestaltung von Swing-Optionen

Eine Swing-Option verbrieft dem Optionshalter das Recht, während der vereinbarten Ausübungsperiode Energie zu einem vertraglich fixierten Preis innerhalb vorgegebener Leistungsgrenzen zu kaufen bzw. zu verkaufen. Die konkrete Ausgestaltung ist oft durch Verpflichtungen gekennzeichnet, etwa einen Mindest- oder Höchstbezug innerhalb der gesamten Ausübungsperiode oder durch die Festlegung von sog. Ratchets. Sie begrenzen die Differenz der ausgeübten Leistung zwischen zwei aufeinander folgenden Stunden. Die Festlegung von Ratchets, die signifikant kleiner als die zulässige Leistungsspanne sind, führt somit zu einer trägen Anfahrcharakteristik, massive Leistungsschwankungen werden unterbunden. Des Weiteren wird einer Swing-Option häufig ein Qualitätsprofil zugeordnet, d.h. die Ausübung der Option wird auf bestimmte Stunden oder Tage (typischerweise base, peak oder off-peak) der Vertragsperiode beschränkt.

Zusammenfassend ist eine Swing-Option üblicherweise charakterisiert durch:

- Ausübungsperiode und Strikepreis

- untere und obere Leistungslimite [MW]
- untere und obere Energielimiten [MWh]
- Ausübungsart: stündlich, täglich oder wöchentlich
- Qualität der Ausübung: Festlegung der on-quality Stunden (z.B. base, peak, off-peak, oder benutzerdefiniertes Qualitätsprofil)
- bei stündlicher Ausübungsart: Festlegung der Ratchets [MW]
- optional: Festlegung von Strafkosten bei Über- bzw. Unterschreiten der jeweiligen Energielimiten am Ende der Ausübungsperiode [Preiseinheiten/MWh]

Aufgrund dieser vielfältigen Gestaltungsmerkmale ist eine analytisch geschlossene Bewertung von Swing-Optionen nicht möglich. Stattdessen kann der faire Wert einer Swing-Option ermittelt werden, indem man den maximalen erwarteten Gewinn berechnet, den ein strategisch geschickter Optionshalter mit geeigneten Transaktionen am Spotmarkt erwirtschaftet. Hervorzuheben ist: Die zukünftige Strategie über die gesamte Ausübungsperiode hinweg ist nicht lediglich ein Nebenprodukt der Options-Bewertung, sondern unabdingbares Mittel zum Zweck für die eigentliche Bewertung. Das Hauptaugenmerk einer adäquaten Bewertungsmethode muss daher auf der Modellierung des zukünftigen Spotpreises und dem Raum der zulässigen Ausübungsstrategien liegen.

Swing-Optionen aus der Unternehmensperspektive

Die Frage, ob und in welchem Maß Swing-Optionen sinnvoll durch ein Unternehmen eingesetzt werden können, darf nicht allein aus der problem- oder lösungsorientierten Perspektive beantwortet werden. Die Tatsache, dass Swing-Optionen z.B. einen aktiven Absicherungsbeitrag leisten können und überdies Bewertungsansätze bzw. -tools existent sind, sollte nicht zu voreiligen Aktivitäten auf evtl. unbekanntem Terrain verleiten. Vielmehr sind Aspekte bzgl. des Einsatzes per se und der Koordination mit anderen Unternehmensbereichen zu analysieren: Als Derivat stellen Swing-Optionen risikobehaftete Instrumente dar, die nicht nur anhand ihres Optionswertes, sondern unter Einbeziehen der gesamten Profit & Loss-Verteilung bzw. deren statistischen Kennziffern zu beurteilen sind. Je nach Spezifikation der Swing-Option und der zugrunde liegenden Spotpreisdynamik wird es sich um mehr oder weniger

riskante Positionen handeln. Es sind somit vorderhand unternehmensspezifisch die Fragen zu klären,

- ob und, falls ja, auf welche Art diese Derivate im Einklang mit Geschäftszweck und Unternehmensphilosophie stehen,
- ob im Falle angedachter Verkäufe von Swing-Optionen das Sales Department potenzielle Käufer sieht und gewillt ist, immanentes Risiko zu tragen, und
- ob die Koordination mit dem Riskmanagement gewährleistet werden kann, etwa um übergeordnete Risiko-Limiten einzuhalten.

Aus der operativen Sicht bringt der Einsatz von komplexen Swing-Optionen weitere Anforderungen mit sich: Vertrauen der Anwender in die Bewertungsmethoden u. -software, die Verwendung aktueller Marktdaten sowie akzeptable Rechenzeiten.

Quantitative Bewertung von Swing-Optionen

Modellierung der Stochastik

Der Gewinn, der mit einer gegen den Spotmarkt eingesetzten Swing-Option erwirtschaftet wird, hängt wesentlich von der Entwicklung des Strompreises in der Ausübungsperiode ab. Ein Händler wünscht sich daher eine möglichst zuverlässige Spotpreisprognose. Aufgrund einer Vielzahl hochgradig zufälliger Einflussfaktoren ist die präzise Vorhersage künftiger Strompreise aber unmöglich. Eine aktuelle Forwardpreiskurve (z.B. aus beobachtbaren Preisen für marktgehandelte Terminprodukte konstruiert) spiegelt gleichsam die Erwartung des Marktes über künftige Preisentwicklungen wider. Obwohl die Forwardkurve wertvolle Informationen über die Spotpreise liefert, deren Vernachlässigung zur Unterbewertung von Swing-Optionen führen würde, ist sie als exakte Prognose ungeeignet. Sie kann aber als durchschnittliches Szenario für eine Menge möglicher Spotpreisszenarien betrachtet werden, die um die Forwardkurve streuen.

Zu jedem Zeitpunkt entspricht der aktuelle Spotpreis dem ersten Punkt auf der aktuellen Forwardpreiskurve; die übrigen Punkte liefern wichtige (jedoch unvollständige) Informationen über künftige Spotpreise. Zukünftige Forwardkurven sind aus heutiger Sicht Zufallsgrößen. Daher muss ein seriöses Bewertungsschema für Swing-Optionen auf einem stochastischen Modell der Forwardpreiskurven (und nicht nur der Spotpreise!) basieren. Die hohe Dimensionalität einer üblichen stündlich

aufgelösten Forwardpreiskurve macht das jedoch zu einem schwierigen Unterfangen: Im Prinzip müsste jede Maturität auf der Kurve separat modelliert werden. Glücklicherweise sind Forwards mit ähnlichen Maturitäten so stark korreliert, dass ein einziger stochastischer Faktor genügt, um deren Fluktuationen mit hinreichender Genauigkeit abzubilden. Aber die sehr kurzfristigen Maturitäten sind keineswegs mit den langfristigen Maturitäten korreliert. Ebenso wenig beobachtet man eine perfekte Korrelation der Peak- und Off-Peak-Stunden einer Woche. Auch wenn nicht jede Stunde auf der Forwardkurve durch einen eigenen stochastischen Faktor beschrieben werden muss, bedarf es doch eines Modells mit wenigstens drei unabhängigen Risikofaktoren, um die Fluktuationsstruktur der Forwardkurve korrekt abzubilden. Eine Bewertungsmethode für Swing-Optionen muss also mit mehrdimensionalen Preismodellen kompatibel sein.

Bewertungsansatz mittels stochastischer Optimierung

Da künftige Forwardkurven aus heutiger Perspektive Zufallsgrößen sind, stellt die stochastische Optimierung einen natürlichen Ansatz zur Berechnung des aus der Option zu erwartenden Gewinns dar: Das stochastische Optimierungsproblem nimmt quasi die Perspektive eines fiktiven Optionshalters ein, der sich angesichts der unsicheren Preisdynamik über die gesamte Ausübungsperiode hinweg effizient verhält. Dabei wird unterstellt, dass Energiemengen, die über die Swing-Option zum Strikepreis bezogen wurden, unmittelbar danach auf dem Spotmarkt zum aktuellen Spotpreis wieder verkauft werden und umgekehrt Energiemengen, die über die Swing-Option zum Strikepreis verkauft werden, unmittelbar davor auf dem Spotmarkt zum aktuellen Spotpreis eingekauft wurden.

Als Basis für den Bewertungsansatz von Swing-Optionen dient die Methodologie der mehrstufigen stochastischen Optimierung. Sie eignet sich besonders zur Bewertung solcher Derivate, deren Komplexität sich nicht mit analytischen Ansätzen bewältigen lässt.

Die Spot- und Forwardpreis-Entwicklung wird durch einen mehrdimensionalen parametrierbaren stochastischen Prozess berücksichtigt, wobei alle Charakteristika der üblicherweise verwendeten Prozessklassen (Mean Reversion, Saisonalitäten, Spikes, stochastische Spreads zwischen Peak und Off-Peak Preisen, etc.) abgedeckt werden können. Die aktuelle Forwardkurve bestimmt dabei den erwarteten Spotpreis in der Zukunft, um den alle übrigen Preisszenarien fluktuieren.

Die Ausübungen gemäß den Options-Rechten und -Pflichten erfolgen auf stündlicher (bzw. täglicher oder wöchentlicher) Basis, wobei die Strategien für die zukünftigen Zeitintervalle (Stufen) auch von der Entwicklung der Forwardpreiskurve und der Ausübungen bis zum entsprechenden Zeitpunkt abhängen dürfen.

Zur effektiven Bewertung einer Swing-Option sind weitere Inputs erforderlich:

- das Datum der Bewertung (je weiter eine Transaktion in der Zukunft liegt, desto höher ist das entsprechende Preisrisiko)
- eine aktuelle, stündliche Forwardpreiskurve, welche die zukünftige (Rest-)Ausübungsperiode abdeckt
- die bereits ausgeübte Energiemenge
- im Falle der Berücksichtigung von Ratchets: die ausgeübte Leistung in der letzten Stunde vor dem Bewertungsdatum

Eine so spezifizierte Swing-Option kann dann unter Berücksichtigung der Preisunsicherheit im Zeitablauf marktkonform bewertet werden. Abhängig davon, ob schlussendlich die Rechte oder die Pflichten aus der Swing-Option überwiegen, wird der berechnete faire Werte der Option positiv oder negativ ausfallen. Darüber hinaus wird als Ergebnis die zeitnah optimale Ausübungsstrategie geliefert.

Vorteile der stochastischen Optimierung gegenüber alternativen Bewertungsansätzen

Eine Simulation kann beim Vergleich verschiedener bekannter Strategien helfen, ist aber eher ungeeignet zur Ermittlung der (a priori unbekannten) optimalen Strategie. Techniken auf der Grundlage der stochastischen dynamischen Programmierung (SDP) schaffen hier Abhilfe. Sie bestimmen den (residualen) Optionswert und die optimale Ausübungsentscheidung rekursiv zu jeder Stunde und in Abhängigkeit der aktuell zulässigen Energie-, Preis- und Leistungsparameter. In gewissen Situationen liefern SDP-Ansätze gute Resultate; sie sind aber langsam oder unpräzise, wenn die Ausübungsperiode viele (d.h. mehr als 1000) Entscheidungsstufen umfasst oder der Parameterraum mehr als drei Dimensionen aufweist.

Im Gegensatz zu Simulation und SDP repräsentiert die stochastische Optimierung die Risikofaktoren (d.h. die stochastischen Determinanten der Forwardpreiskurve) sowie den Entscheidungsprozess des Optionshalters als

sich sukzessive verzweigende Szenariobäume. Der Optionswert und die optimale Ausübungsstrategie werden im Zuge einer globalen Maximierung des erwarteten Profits über sämtliche zulässigen Entscheidungsbäume ermittelt. Dank geschickter Aggregation von Entscheidungsstufen und Szenarien können mit der stochastischen Optimierung selbst komplizierteste Swing-Optionen schnell und sehr genau bewertet werden.

Optimierungsergebnisse: Bewertung, Ausübung, Hedging

Die primären Resultate einer Bewertungsrechnung mittels stochastischer Optimierung sind der faire Optionswert – als Maximum der über alle Pfade gemittelten Szenariogewinne – sowie die optimale Ausübungsstrategie in Baumstruktur, die diesen maximalen Erwartungsgewinn erwirtschaftet. Natürlich hängt der Optionswert in nichttrivialer Weise von fixierten Vertragsparametern und zeitlich variablen Daten ab. Oft sind vor der Berechnung qualitative Aussagen über diese funktionalen Abhängigkeiten verfügbar. Z.B. ist klar, dass eine Einschränkung der Optionsrechte zur Abnahme des Optionswerts führt. Um die Geschwindigkeit der Abnahme für verschiedene Parameterkonstellationen zu quantifizieren, ist eine numerische Rechnung jedoch unerlässlich. Abbildung 1 visualisiert die Abhängigkeit des Optionswertes von der Größe der Ratchets (in % der max. Leistungsspanne) sowie der oberen Energielimits (in % der natürlichen Energieobergrenze). Die Figur zeigt, dass der Wert im Bereich großer Ratchets und bei konstanter Energielimits nur geringfügig abnimmt. Unterschreiten die Ratchets aber eine kritische Größe, fällt der Optionswert abrupt um bis zu 30%. Bei sukzessiver Reduktion der oberen Energielimits beobachtet man ein ähnliches Phänomen: Je geringer die Energielimits angesetzt ist, desto größer ist die Rate des Wertverlusts.

Neben dem Optionswert hängt die optimale Ausübungsstrategie von den Vertragsparametern ab. Dies manifestiert sich deutlich bei Verschärfung der Ratchet-Restriktion. Abbildung 2 zeigt die week-ahead Ausübungsstrategien dreier Swing-Optionen, die sich nur durch die Anzahl der Ratchets unterscheiden. Bei vielen Ratchets muss die Leistung schon in unprofitablen Off-Peak-Stunden erhöht werden, um in den profitablen Peak-Stunden ein hinreichendes Leistungsniveau zu erreichen. Bei welchem Preisniveau die Leistung jeweils konkret erhöht oder reduziert wird, hängt in hohem Maße und in nicht offensichtlicher Weise von den Energielimits über die gesamte Ausübungsperiode ab. Abbildung 2 zeigt die Ausübungsstrategie für die erste Woche nach dem Bewertungsdatum; weiter in der Zukunft ist die Strategie

nicht mehr eindeutig, sondern reflektiert die Baumstruktur der Preisszenarien.

Je nach Entwicklung des Spotpreises kann der während der Ausübungsperiode tatsächlich erwirtschaftete Gewinn über oder unter dem a priori (zum Bewertungszeitpunkt) ermittelten fairen Optionswert liegen. Die stochastische Optimierung liefert diese Gewinnrealisierung für jeden Pfad des Szenariobaums als Nebenprodukt. Aus der Vielzahl dieser Daten und den Szenariowahrscheinlichkeiten ergibt sich die Profit & Loss-Verteilung am Ende der Lieferperiode. Mit wenig Mehraufwand lassen sich auch gängige Risikokennziffern (Erwartungswert, Varianz, Value-at-Risk, Conditional Value-at-Risk, Profit-at-Risk, etc.) der Profit & Loss-Verteilung ermitteln.

Von Tag zu Tag ändert sich der Optionswert, weil sich einige seiner Determinanten (Bewertungszeitpunkt, aktuelles Leistungsniveau, bereits bezogene Energiemenge und die aktuelle Forwardpreiskurve) ändern. Zeit-, Leistungs- und Energieänderungen sind komplett durch den Optionshalter kontrollierbar. Änderungen der Forwardpreiskurve sind aber nicht prognostizierbar; eine Eigenschaft, die sich auf den Optionspreis überträgt. Um sich gegen einen unvorhersehbaren Wertverlust der Swing-Option abzusichern, kann der Optionshalter in ein dynamisch rebalanciertes Portfolio von Forward-Kontrakten investieren, dessen Preisschwankungen die Optionspreisänderungen jederzeit neutralisiert.

Ein perfektes Hedging-Portfolio existiert nur, falls der zugrunde liegende Elektrizitätsmarkt vollständig ist. Aber selbst im realen (teilweise unvollständigen) Markt kann ein approximatives Hedging-Portfolio konstruiert werden. Die optimalen Portfoliogewichte entsprechen dabei gerade den Sensitivitäten des Optionspreises bezüglich kleiner Veränderungen der Forwardkurve in vorgegebenen Intervallen. Diese als Deltas bezeichneten Sensitivitäten werden durch die auf dem stochastischen Optimierungsansatz basierende Bewertungssoftware geliefert. Für Abbildung 3 wurden die Peak- und Off-Peak-Deltas zu sämtlichen Wochen (beginnend jeweils am Sonntag) ermittelt, die sich mit der Ausübungsperiode der betrachteten Swing-Option überschneiden.

Softwaretechnische Umsetzung in ET3000RM

Die beschriebene Bewertungsmethode kann in die Risiko-Management-Softwarelösung ET3000RM der Delta Energy Solution AG, Basel, eingebunden werden. So ergibt sich ein integrativer Bewertungsansatz, bei dem die Inputdaten

in einer Datenbank des Systems vorgehalten werden und der Bediener seine Eingaben an einer grafischen Oberfläche vornehmen kann. Die Software startet die intensiven Optimierungsrechnungen und visualisiert die Resultate in der grafischen Benutzeroberfläche. Neben den Eingabedaten können auch die Ergebnisse in der Datenbank archiviert werden. Das erlaubt den späteren Zugriff auf Berechnungen, ermöglicht aber insbesondere Vergleiche: Der Bediener kann Parameter (z.B. Strikepreis oder Qualität der Ausübung) variieren und die Resultate gegenüberstellen. Diese Variationen vermitteln ein zusätzliches Gefühl bei der Bewertung potenzieller Einflussfaktoren und tragen zur sicheren Entscheidungsfindung bei. Einsatzmöglichkeiten für die Software ergäben sich sowohl bei Energieerzeugern/Kraftwerksbetreibern als auch bei z.B. Händlern.

zur Person

Karl Frauendorfer ist Direktor des Institut für Operations Research und Computational Finance der Universität St. Gallen (ior/cf-HSG) und Ordinarius für Betriebswirtschaftslehre mit besonderer Berücksichtigung des Operations Research der Universität St. Gallen.

Gido Haarbrücker ist Vize-Direktor des Institut für Operations Research und Computational Finance der Universität St. Gallen (ior/cf-HSG) und Lehrbeauftragter für Entscheidungsorientierte Unternehmensführung der Universität St. Gallen.

Klaus Kiske ist zuständig für Sales & Marketing bei der Delta Energy Solution AG, Basel, und Ansprechpartner für die Märkte Deutschland, Österreich und Schweiz.

Daniel Kuhn leitet den Bereich 'Derivate' des Institut für Operations Research und Computational Finance der Universität St. Gallen (ior/cf-HSG).

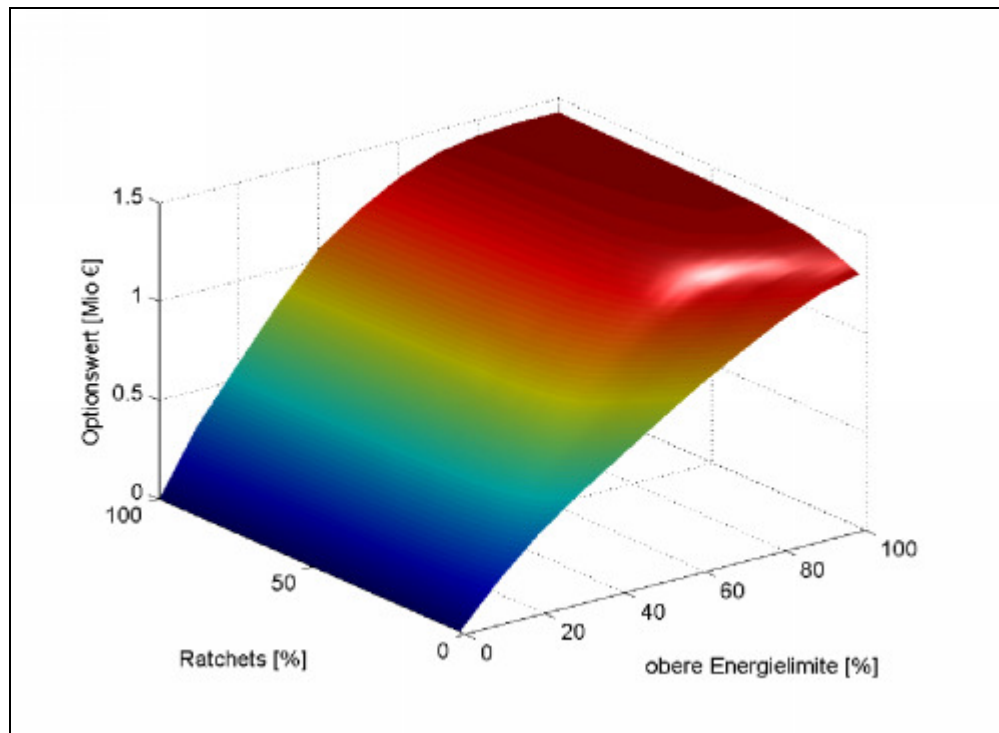


Abbildung 1: Optionswert in Abhängigkeit der Größe der Ratchets und der oberen Energielimit.

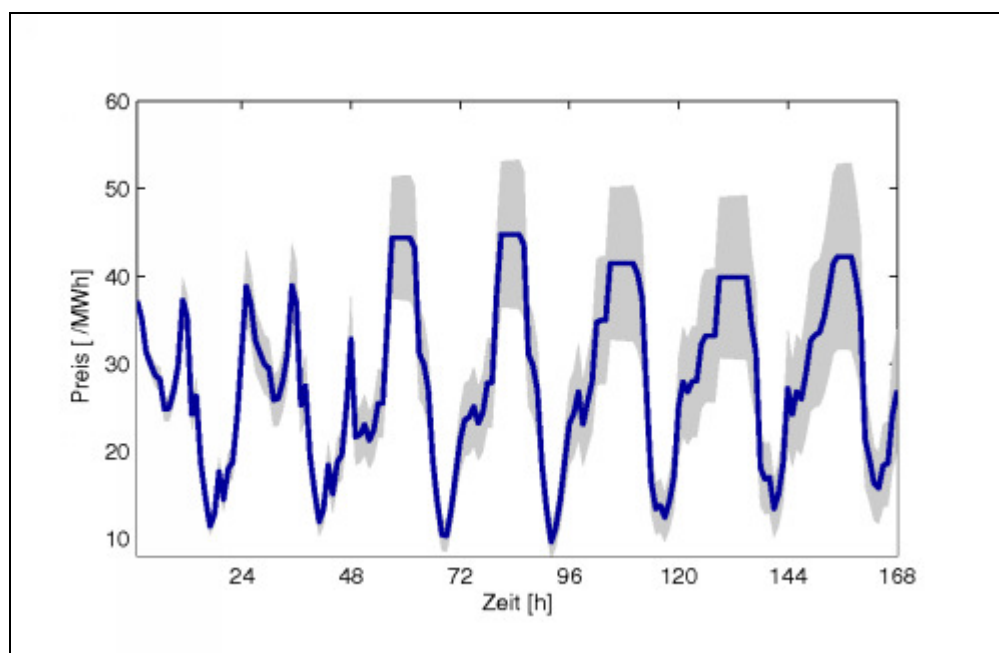


Abbildung 2a: Erwarteter Verlauf (blaue Kurve) und 67% Konfidenzintervall (grau schattierter Korridor) des Spotpreises in der ersten Woche der Ausübungsperiode.

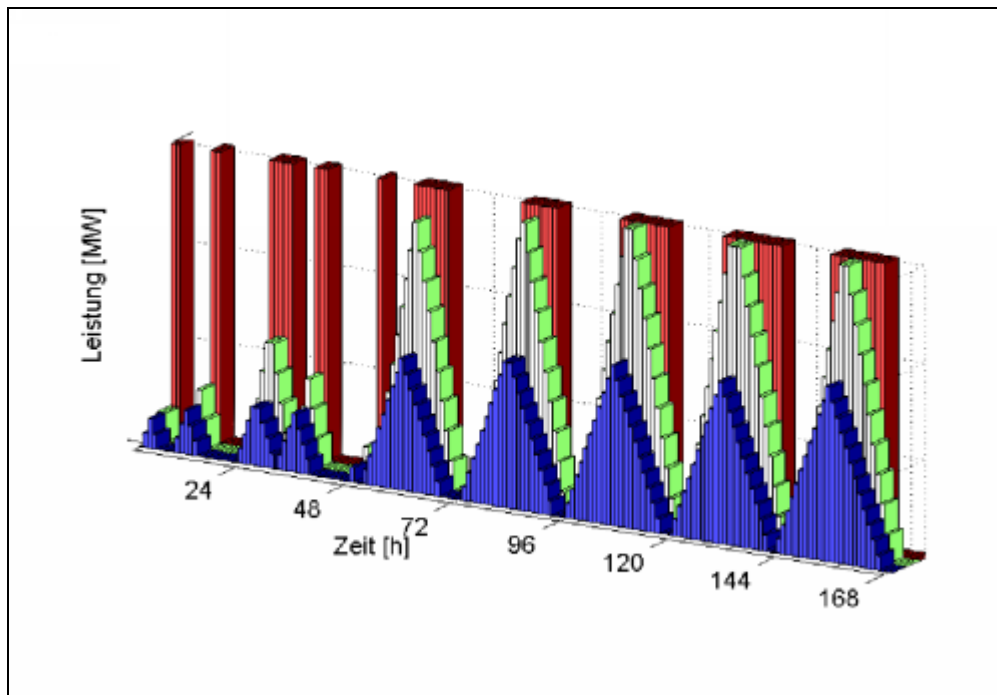


Abbildung 2b: Optimale week-ahead Ausübungsstrategien für drei Swing-Optionen bei zunehmend erhöhter Ratchet-Anzahl (rot: 1 Stufe, grün: 10 Stufen, blau: 20 Stufen). Die obere Energielimit wurde so gewählt, dass die Option in der Hälfte der Zeit ausgeübt werden kann.

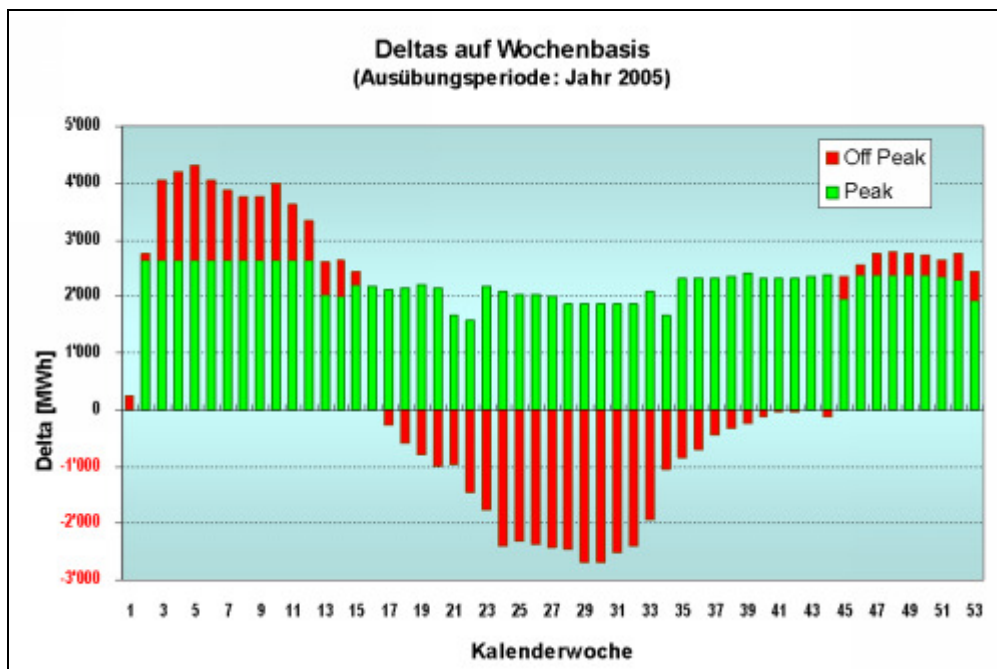


Abbildung 3: Exemplarische Sensitivitäten des Wertes einer Swing-Option gegenüber kleinen Veränderungen der Forwardpreise in einzelnen Wochen der Ausübungsperiode.

Kontakt-/Belegadressen:

Delta Energy Solution AG
Klaus Kiske
Gartenstrasse 95
4052 Basel, Schweiz
www.delta-energy.ch

Institut für Operations Research
und Computational Finance (ior/cf-HSG)
Bodanstrasse 6
9000 St. Gallen, Schweiz
www.iorcf.unisg.ch