

# Risikomanagement mit Schwung

**Swing-Kontrakte bieten die Möglichkeit, das Volumen- und Preisrisiko, dem die Teilnehmer des geöffneten Strommarktes ausgesetzt sind, sowohl auf der Verbraucher- als auch der Erzeugerseite zu steuern. Dabei stellt nicht nur die Bewertung dieser Kontrakte eine Herausforderung dar. Auch die Bestimmung der Zeitpunkte und Strompreise, zu denen die Swing-Rechte ausgeübt werden sollten, um eine maximale Auszahlung aus dem Swing-Kontrakt zu erhalten (optimale Ausübungsstrategie), ist bei weitem nicht trivial.**

VON DR. T. WEGNER, DR. U. DÖRR UND DR. A. WERNER

Im Rahmen der Liberalisierung der Energiemärkte in Europa, die in Deutschland durch das Energiewirtschaftsgesetz in der Fassung vom April 1998 eingeleitet wurde, kommt der Öffnung des Strommarktes eine besondere Rolle zu. Die Besonderheiten des Strommarktes im Gegensatz zu den meisten anderen Rohstoff- und Warenmärkten liegen in der Tatsache begründet, dass Strom praktisch nicht gelagert werden kann. Daraus ergibt sich unmittelbar die Konsequenz, dass im Stromnetz eine ausgeglichene Bilanz von eingespeistem und entnommenem Strom vorliegen muss. Allerdings ist das Verbrauchsverhalten bzw. der Lastgang nur schwer vorhersehbar, was sowohl auf der Erzeugerseite als auch auf der Verbraucherseite zu Volumenunsicherheiten führt. Grundsätzlich ermöglicht die Deregulierung des Strommarktes den Marktteilnehmern, mit Hilfe kurzfristiger Geschäfte diese Volumenrisiken zu begrenzen. Zu diesem Zweck kann beispielsweise am Spotmarkt der European Energy Exchange in Leipzig (EEX) Strom für einzelne Stunden oder Blöcke von Stunden des Folgetages gehandelt werden. Der Preis des Stroms, der zu der entsprechenden Zeit geliefert wird, unterliegt jedoch starken Schwankungen und weist insbesondere ausgeprägte Spitzen auf. Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit sind die extremen Strompreise im August 2003 (Rekordhitze und damit verbundene Kühlwasserprobleme) in ganz Europa und im Januar 2003 (extreme Kälte und Anlaufschwierigkeiten bei einigen Kraftwerken) in Deutschland und den Niederlanden. Mit der Öffnung des Strommarktes wird den Marktteilnehmern an den Börsen die Möglichkeit gegeben, aus Verbraucherschwankungen resultierende Volumenrisiken abzusichern und dabei Preisrisiken einzugehen.

## Die Swing-Option als Instrument zum Risikomanagement

Den reinen Preisrisiken kann, wie aus der Finanzwelt bekannt, mit unbedingten Termingeschäften (z. B. Forwards) oder mit bedingten Termingeschäften (z. B. Optionen) begegnet werden. Dabei hängt das Auszahlungsprofil des Termingeschäftes vom Strompreis ab. Insbesondere sollten sich jedoch, gerade hinsichtlich der physischen Stromlieferung, aus dem Einsatz von Derivaten zur Begrenzung des Preisrisikos keine erneuten Volumenrisiken ergeben, wie dies bei einem unbedingten Termingeschäft der Fall sein könnte.

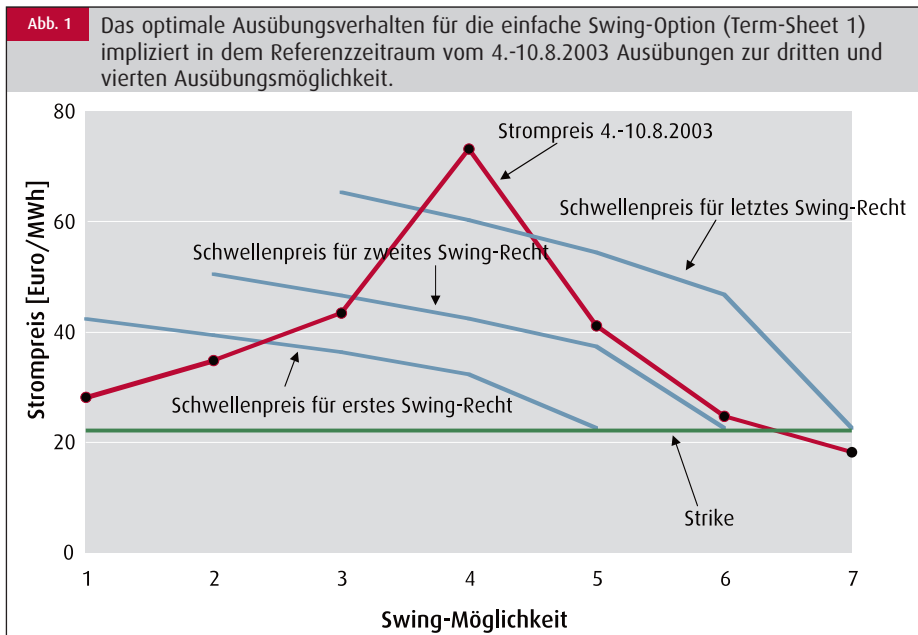
Ein Instrument, das dieser Anforderung genügt, ist die aus dem Erdgashandel bekannte Swing-Option. Der Käufer einer Swing-Option erhält gegen Zahlung einer Prämie das Recht, während der Laufzeit des Vertrages zu einem festgelegten Preis in festgelegten Perioden eine bestimmte Strommenge zu kaufen („Up-Swing“) oder zu verkaufen („Down-Swing“). Im Allgemeinen wird die Gesamtzahl der Up-Swings und Down-Swings beschränkt sein. Des Weiteren wird die Flexibilität bisweilen durch Strafzahlungen eingeschränkt, die fällig werden, wenn die gesamte zum Vertragsende abgenommene Menge außerhalb vorgegebener Schranken liegt.

Für den Käufer einer Swing-Option bedeuten diese Einschränkungen zum einen einen geringeren Kaufpreis, zum anderen aber auch, dass die Strategie für die optimale Ausübung seiner Optionsrechte nicht mehr trivial ist. Die Entscheidung, ein einzelnes Swing-Recht auszuüben, hängt nicht nur von dessen Wert zum aktuellen Zeitpunkt ab. Denn das ausgeübte Swing-Recht steht in der Zukunft nicht mehr zur Verfügung. Des Weiteren kann die Ausübung mögliche Strafzahlungen am Ende der Laufzeit zur Folge haben. Deshalb muss die Auszahlung durch die Ausübung am jetzigen

Zeitpunkt größer sein als der durch die Ausübung eintretende Wertverlust der weiterlaufenden Swing-Option. Damit hängt die Ausübungsentscheidung nicht nur vom aktuellen Strompreis relativ zum Ausübungspreis ab, sondern auch von seiner Historie und seiner Verteilung in der Zukunft.

Dies soll anhand eines Beispiels erläutert werden. In der Abbildung 1 (nächste Seite) ist das optimale Ausübungsverhalten über den Referenzzeitraum vom 4. bis 10. August 2003 für eine einfache Swing-Option (siehe Term-Sheet 1) mit drei Up-Swing-Rechten, die an den folgenden sieben Tagen ausgeübt werden können, dargestellt. Eine Strafzahlung wird hier nicht berücksichtigt. Die Swing-Rechte werden optimal genutzt, wenn der Strompreis den entsprechenden Schwellenpreis überschreitet. Dabei ist der Schwellenpreis nur dann gleich dem Strike, wenn die Anzahl der verbleibenden Swing-Rechte gleich der Anzahl der verbleibenden Swing-Möglichkeiten ist. In dem Beispielzeitraum vom 4.-10.8.2003 wären die Swing-Rechte also an der dritten und vierten Swing-Möglichkeit ausgeübt worden. Wie die in Abbildung 1 dargestellten Kurven zustande kommen, ist das Thema der folgenden Abschnitte.

Variationen von Swing-Optionen sind Recall- und Nominierungsoptionen. Bei Recall-Optionen hat der Stromlieferant und nicht der Stromabnehmer das Optionsrecht. Bei Nominierungsoptionen beziehen sich die Ausübungsrechte auf die gesamte verbleibende Restlaufzeit des Vertrages, nicht nur auf die folgende Periode. Wird die Swing-Option als bedingtes Termingeschäft mit einem unbedingten Termingeschäft kombiniert, so ergibt sich die Möglichkeit, die Abnahmemenge im Rahmen der Kontraktdetails flexibel zu variieren. Im Folgenden wird diese Kombination als Swing-Kontrakt bezeichnet.



## Der Swing-Kontrakt in der Praxis

Ein typisches Beispiel für einen Swing-Kontrakt, wie er in der Praxis vorkommt, ist ein Vollversorgungsvertrag, wobei der Versorger üblicherweise eine implizite Swing-Option verkauft. Hier hat der Abnehmer die Möglichkeit, ohne Vorankündigung Strom in beliebiger Menge bis zu einer vereinbarten Maximallast in Anspruch zu nehmen. Strafzahlungen sind hier als „Take-or-Pay“-Klauseln bekannt: Unge-

rücksichtigt die Entscheidungsmöglichkeit für mehr oder weniger Volumen als die Normlast sowie die „Take-or-Pay“-Klausel. Es ist intuitiv einsichtig, dass der Preis eines Versorgungsvertrages mit dem Abstand zwischen Minimal- und Maximallast zunimmt. Dies wird unmittelbar durch den gestiegenen Wert der Option, der sich wiederum in einer höheren Prämie bzw. einer höheren Grundgebühr widerspiegelt, zum Ausdruck gebracht. Die Kenntnis des Wertes entsprechender Versorgungsverträge und der damit verbundenen Risiken ist notwendig, um im Rahmen eines ausgewogenen Managements von Volumen- und Preisrisiken eine etwaige Neuausrichtung des Stromversorgungskonzeptes diskutieren zu können, das beispielsweise die Wahl zwischen einer Vollversorgung und einem Portfolio-Management ermöglichen könnte.

Im Folgenden wird erläutert, wie Käufer und Verkäufer den fairen Wert eines Swing-Kontraktes und das optimale Ausübungsverhalten in Abhängigkeit von der konkreten Vertragsgestaltung, z. B. der Anzahl der Swing-Rechte oder der Art der Vertragsstrafe, ermitteln können. Dazu wird neben der mathematischen Formulierung der Swing-Kontrakte ein Modell für den stochastischen Prozess des Strompreises sowie eine Optionspreistheorie benötigt, die die Besonderheiten des Strommarktes wie Spitzen und Saisonalität der Preise berücksichtigt. Schließlich ist eine nume-

rische Auswertung der Modelle erforderlich, wobei in diesem Artikel die Methoden der Finiten Differenzen und der Monte-Carlo-Simulationen vorgestellt und deren Ergebnisse miteinander verglichen werden.

## Modellierung von Swing-Kontrakten

Im Folgenden wird angenommen, dass der Inhaber des Swing-Kontraktes einen Zugang zum Strommarkt besitzt, der es ihm ermöglicht, Strom zum aktuellen Marktpreis zu kaufen und zu verkaufen. Mit dieser Annahme kann unterstellt werden, dass der Inhaber die Swing-Rechte ökonomisch bzw. rational im Sinne des Marktpreises und somit unabhängig von etwaigen Volumenbedürfnissen ausübt, da die Differenzmenge am Markt ausgeglichen werden kann.

Die Diskussion wird anhand eines weiteren Beispiels präsentiert. Die wichtigsten Daten sind in dem Term-Sheet 2 zusammengefasst. Der Käufer der Swing-Option hat das Recht, an den sieben Tagen einer Woche zu entscheiden, ob er dem Verkäufer 1 MWh Strom zu einem Preis von 22,54 Euro liefert, abnimmt oder nichts unternimmt. Dabei darf nicht mehr als 3 mal geliefert bzw. abgenommen werden. Zudem muss die Liefer- und Abnahmebilanz am Laufzeitende ausgeglichen sein.

Zusammen mit einem Forward-Kontrakt, der den Käufer verpflichtet, täglich die gleiche Menge Strom (hier 1 MWh) zu einem festgelegten Preis abzunehmen (hier  $7 \times 22,54 \text{ Euro} = 157,78 \text{ Euro}$ ), ergibt sich ein Swing-Kontrakt. Bei diesem hat der Käufer dann das Recht, an maximal 3 Tagen 2 MWh Strom und an maximal 3 Tagen keinen Strom abzunehmen. Die Strafe ist so konstruiert, dass der Käufer des Swing-Kontraktes die gleiche Gesamtmenge an Strom abnehmen muss, wie ein Kunde, der nur den Forward-Kontrakt abgeschlossen hat. Dementsprechend müssen genauso viele Up-Swings wie Down-Swings ausgeübt werden.

## Modellierung des Strompreises

Zur expliziten Bewertung dieses Beispielkontraktes ist als nächster Schritt ein stochastisches Modell für den Strompreis notwendig. Ganz allgemein weist der Strompreis an den Spotmärkten unabhängig davon, welcher nationale bzw. lokale Markt gerade betrachtet wird, charakteristische Merkmale auf, die bei der Mo-

**Tab. 1** Term-Sheet 1: Einfache Swing-Option

	Swing-Option
Laufzeit	1 Woche
Ausübungszeitpunkte	täglich
Strikepreis	22,54 Euro/MWh
Up-Swing-Rechte	3
Down-Swing-Rechte	0
Swing-Volumen	1 MWh
Gesamtvolumen	-

achtet der tatsächlichen Abnahme muss eine Mindestmenge Strom bezahlt werden. Verfeinerungen des Versorgungsvertrages, wie bei Sondervertrags- und Großkunden üblich, gibt es bezüglich einer vereinbarten Minimallast (Grundlast) bzw. Maximallast (Spitzenlast). Ein entsprechender Swing-Kontrakt lässt sich als unbedingtes Termingeschäft über die Vertragslaufzeit mit einer Abnahmemenge, die dem Normlastgang entspricht, sowie einer Swing-Option darstellen. Die Swing-Option be-

dellierung des Strompreises beachtet werden müssen. Dabei handelt es sich um das Auftreten von extremen Preisspitzen sowie um Saison-Effekte mit täglichen, wöchentlichen und jährlichen Periodizitäten. Beide Eigenschaften erklären sich direkt aus der Unmöglichkeit heraus, Strom in nennenswertem Umfang zu speichern. Des Weiteren wird sich die grundsätzliche Charakteristik des Stromverbrauchs mittelfristig nur wenig ändern, so dass die Stromerzeuger ihre Kapazitäten an der Nachfrage orientieren, um ein Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch von Strom herzustellen. Dementsprechend wird der Strompreis um einen Mittelwert herum schwanken, was mathematisch durch ein Mean-Reversion-Modell beschrieben werden kann.

Als Startpunkt wird folgendes Modell für den Strompreisprozess angenommen:

$$S_t = F(t)e^{Y_t}$$

Hier ist  $F(t)$  der deterministische Anteil, der beispielsweise die Saison-Effekte berücksichtigt, während  $Y_t$  das stochastische Verhalten beschreibt. Im einfachsten Fall kann das stochastische Verhalten mit Hilfe eines Ein-Faktor-Modells dargestellt werden, das die Fluktuationen des Strompreises um den Mittelwert beschreibt. Die entsprechende stochastische Differenzialgleichung nimmt die Gestalt

$$dY_t = -\alpha Y_t dt + \sigma(t) dX_t$$

an. Hier ist  $\alpha$  die Geschwindigkeit der Mean-Reversion (Rückkehr zum erwarteten Mittelwert),  $dX_t$  ist das Inkrement einer Brownschen Bewegung und  $\sigma(t)$  ist die Volatilität, deren Zeitabhängigkeit dazu dienen soll, die Saison-Effekte realistischer darzustellen. Der „Market-Price-of-Risk“, der im Sinne des Girsanov-Theorems zwischen der Darstellung des Prozesses in der realen Welt und in der risikoneutralen Welt vermittelt, wird hier und im Folgenden ignoriert. Es wird also davon ausgegangen, dass in dem betrachteten Markt keine Risikoprämien gezahlt werden, was eine Vereinfachung darstellt, die im Prinzip ohne weiteres aufgegeben werden kann. Beispielsweise können Future- bzw. Forward-Kontrakte verwendet werden, um den Market-Price-of-Risk zu ermitteln.

Werden die beiden obigen Gleichungen kombiniert, so ergibt sich die stochastische Differenzialgleichung des Strompreises

$$dS_t = \alpha(\rho(t) - \ln S_t) S_t dt + \sigma(t) S_t dX_t,$$

die problemlos integriert werden kann. Als Abkürzung für das Gleichgewichtsniveau ist  $\rho(t)$  eingeführt worden. Es verbleibt die Aufgabe, die Modell-Parameter  $\alpha$ ,  $\sigma(t)$  und  $F(t)$  zu bestimmen, womit dann auch  $\rho(t)$  festliegt. Die Zeitabhängigkeiten beziehen sich jeweils auf die Periodizität der zu betrachtenden Saison-Effekte.

### Beispieldaten für den Strompreis

Als Beispiel soll hier der Phelix-Base der EEX über den Zeitraum vom 16. Juni 2000 (erster Handelstag an der damaligen LPX) bis zum 9. September 2003 gelten. Da der Phelix-Base dem über einen gesamten Tag gemittelten Strompreis entspricht, entfällt die Betrachtung der täglichen Periodizität des Strompreises. Bezüglich der jährlichen Periodizität ergibt sich aus einer Analyse der Zahlen der AG Energiebilanzen ([www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de)) für 2002, dass als Energieträger zur Stromerzeugung überwiegend Kohle (zu 51%) und Kernenergie (34%) verwendet werden, während Öl und Gas nur eine untergeordnete Rolle (10%) spielen. Auf der anderen Seite ist Kohle im Endenergieverbrauch (exklusive Strom) desjenigen Sektors, in dem die Endenergie überwiegend zu Heizzwecken verwendet wird (Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleitungen, militärische Dienststellen), mit nur 1% vertreten. Öl und Gas sind hier mit 85% die wichtigsten Rohstoffe. Daraus lässt sich ableiten, dass die Kosten der zur Stromerzeugung eingesetzten Energieträger keinen Anlass zu einer Jahreszeitenabhängigkeit des Strompreises geben. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass die Stromerzeuger in Deutschland derzeit über ausreichend Kapazität verfügen, um dem erwarteten von der Jahreszeit abhängigen Verbrauch zu einem annähernd konstanten Erzeugungspreis begegnen zu können. Tatsächlich zeigen die Strompreise an der EEX nur eine geringe Jahreszeitenabhängigkeit – im Gegensatz beispielsweise zu den Preisen an der skandinavischen Strombörse NordPool. Damit bleibt als wesentliche Komponente die wöchentliche Periodizität im deterministischen Teil des Strompreises zu berücksichtigen, während auf die Berücksichtigung der Schwankungen auf Jahresbasis verzichtet werden kann. Für die genannte Periode ergibt sich eine Geschwindigkeit der Mean-Reversion, die mit Hil-

fe einer Martingal-Bestimmungsfunktion ermittelt wurde, von 29% pro Tag, was einer charakteristischen Zeitskala von einer halben Woche entspricht. Die Volatilität nimmt Werte zwischen 13% für Preisänderungen von Sonnabend auf Sonntag und 209% für Preisänderungen von Donnerstag auf Freitag an, wobei die Zeiteinheit einem Tag entspricht. Der enorme Wert für Preisänderungen von Donnerstag auf Freitag ist eine unmittelbare Konsequenz der extremen Wittersituation des vergangenen Sommers: wird dieser Zeitraum aus der Betrachtung herausgenommen, so ergibt sich eine maximale Volatilität von 90% für Preisänderungen von Sonntag auf Montag. Die geometrisch gemittelten Strompreise liegen zwischen 14 EUR/MWh am Sonntag und 27 EUR/MWh am Dienstag. Wird die Periodizität auf Wochenbasis ignoriert, so erhöht sich der Wert für die Mean-Reversion-Geschwindigkeit auf 55% pro Tag und die Volatilität nimmt einen Wert von 95% an. Eine Theorie, die die Saison-Effekte nicht berücksichtigt, würde also sub-optimale Indikatoren für die Ausübung von Swings liefern.

Das bisher vorgestellte Modell ist mit der Einschränkung versehen, dass es die für den Strommarkt typischen Preisspitzen nicht adäquat beschreibt. Hierzu sind Mehr-Faktor-Modelle notwendig, die insbesondere berücksichtigen sollten, dass die Preisspitzen keine einfachen Sprünge sind und somit auch nicht durch die Addition eines Sprungprozesses zu dem hier vorgestellten Mean-Reversion-Prozess hinreichend beschrieben werden können. Vielmehr muss berücksichtigt werden, dass der Preis auf ein hohes Niveau springt, dort eine bestimmte Zeit verweilt, um dann wieder auf das Ausgangsniveau zurückzufallen.

### Preisfindung für Swings

In Märkten mit lagerfähigen Waren kann eine Strategie zur so genannten „Cost-of-Carry“-Arbitrage konstruiert werden. Als Konsequenz ergibt sich der zukünftige Wert eines derivativen Instrumentes aus dem (zum risikofreien Zinssatz) verzinsten heutigen Wert des Instrumentes. Da Strom jedoch praktisch nicht lagerfähig ist, kann eine solche Strategie für den Strommarkt nicht konstruiert werden. Demgemäß werden Kontrakte mit physischer Stromlieferung (die im Folgenden vorausgesetzt

wird) hier so modelliert, als seien diese vom Zinssatz unabhängig.

Konkret werden zwei konzeptionell unterschiedliche Herangehensweisen für die Preisfindung von Swing-Kontrakten vorgestellt. Zum einen wird die Methode des Replikationsportfolios im Sinne der Optionspreistheorie gemäß Black und Scholes benutzt. Zum anderen wird eine Monte-Carlo-Methode für die Berechnung der zu erwartenden Auszahlungen des Kontraktes verwendet.

## Finite Differenzen

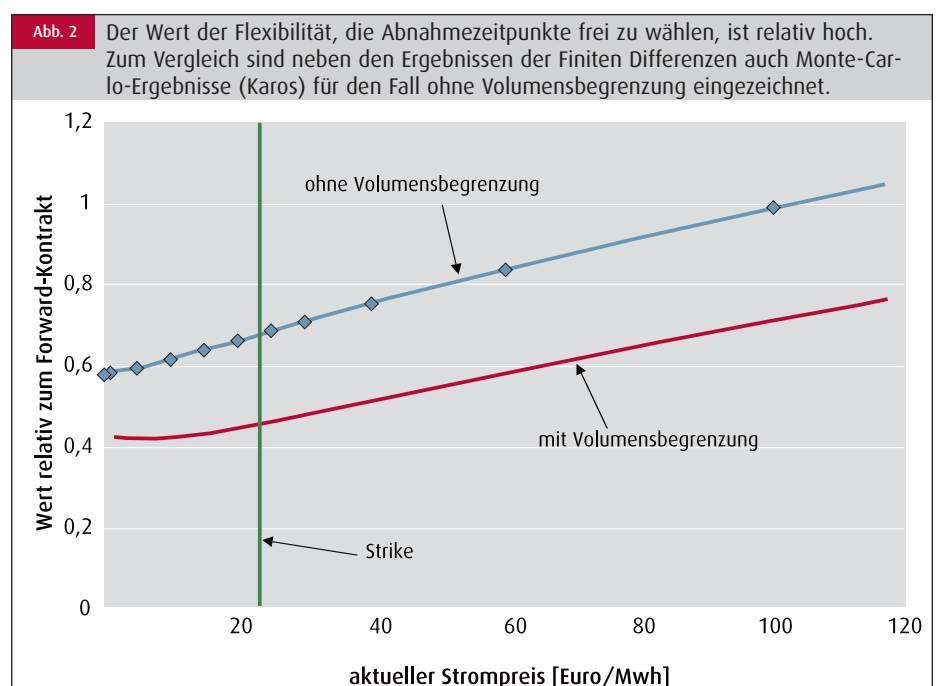
Der Zugang über das Replikationsportfolio führt zu einer partiellen Differenzialgleichung, wobei sich die Anfangsbedingungen aus dem Auszahlungsprofil des Swing-Kontraktes ergeben. Zur Lösung derartiger Gleichungen kennt die numerische Mathematik das Verfahren der Finiten Differenzen, das eine Verallgemeinerung so genannter „Tree“-basierter Verfahren darstellt. Im Rahmen der Methode der Finiten Differenzen wird das Problem der Preisermittlung auf einem Gitter formuliert, das von Strompreis und Zeit aufgespannt wird. Erfahrungsgemäß ergeben sich robuste Lösungen, wenn entlang der Stromachse zentrale Differenzen und entlang der Zeitachse implizite Integrationen verwendet werden. Die Ausübungsentscheidung eines Swings wird dann an denjenigen Gitterpunkten getroffen, die eine Ausübungsmöglichkeit vorsehen.

Als Ergebnis liefert die Methode der Finiten Differenzen den Preis des Swing-Kontraktes am Bewertungstag als Funktion des Strompreises. Darüber hinaus enthält die angesprochene partielle Differenzialgleichung das Delta und das Gamma der Swing-Option (ebenfalls als Funktion des Strompreises). Hierbei handelt es sich um die erste bzw. zweite Ableitung des Werts der Swing-Option nach dem Strompreis. Für gewöhnlich werden diese so genannten Griechen auch als Hedge-Sensitivitäten bezeichnet. Das Delta gibt an, wie viele Einheiten des Underlyings nötig sind, um das Auszahlungsprofil zu replizieren, während Gamma ein Maß für die Änderung der Hedge-Position ist. Da Strom jedoch nicht gelagert werden kann, sind auch die Hedge-Sensitivitäten nicht in dieser Weise interpretierbar. Dennoch können die so berechneten Griechen vor allem durch den Vergleich mit traditionellen Optionen (Aktienoptionen

etc.) das Verständnis sowohl des Strommarktes als auch der für Swing-Optionen spezifischen Mechanismen fördern. Der Methode der Finiten Differenzen sind jedoch bzgl. der Zahl der Faktoren des zu Grunde liegenden Preisprozesses Grenzen gesetzt, die sowohl die Rechenperformance also auch die Stabilität der Lösungen betreffen. Der Grund hierfür ist letztlich, dass jeder zusätzliche Faktor zu einer weiteren Dimension des oben beschriebenen Gitters führt. Nichtsdestotrotz lohnt sich eine Untersuchung des Problems mit dieser Methode, da sie

die Flexibilität, die Zeitpunkte für die Abnahme der im Forward-Kontrakt festvorgegebenen Strommenge annähernd (im Rahmen der Swing-Rechte) frei zu wählen.

Infolge der hohen Werte für Mean-Reversion-Geschwindigkeit und Volatilität sind die Optionswerte vergleichsweise flach. Das Plateau für die Option mit Einschränkungen bei kleinen Strompreisen deutet die Möglichkeit eines Down-Swings an. Ein Down-Swing ähnelt einer Put-Option, deren Werte mit sinkendem Strompreis zunimmt. Zum Vergleich sind in



die funktionalen Zusammenhänge in generischer Weise darstellt und sich somit besonders gut für ein detailliertes und fundiertes qualitatives Verständnis von Strommarkt und Swing-Kontrakten eignet.

Da Saisonalitäten auf die folgende Diskussion keinen Einfluss haben, werden diese hier ignoriert. In der Abbildung 2 ist der Wert der Swing-Option aus dem Term-Sheet 2 dargestellt. Dabei ist der Optionswert als Vielfaches des Preises des Forward-Kontraktes angegeben. Zum Vergleich ist auch die gleiche Swing-Option ohne festgelegtes Gesamtvolumen abgebildet. Bemerkenswert ist vor allem der hohe Wert der Option mit Volumenbeschränkung. Denn diese Option berechtigt den Inhaber nicht etwa zum Kauf oder Verkauf von Strom. Vielmehr erlaubt diese Option lediglich

der Abbildung auch Resultate von Monte-Carlo-Simulationen (siehe folgender Abschnitt) als Karos eingezeichnet.

## Monte-Carlo-Simulationen

Die zweite hier untersuchte Möglichkeit, den Wert einer Swing-Option zu ermitteln, ist die Methode der Monte-Carlo-Simulationen. Diese hat den Vorteil, dass sie praktisch keine Einschränkungen bezüglich des stochastischen Prozesses für den Strompreis impliziert. Somit lassen sich insbesondere auch Prozesse mit (im Prinzip) beliebig vielen Faktoren verwenden, die die tatsächliche zeitliche Entwicklung des Strompreises entsprechend realistisch beschreiben. Bezüglich der Rechenzeit sind Monte-Carlo-Routinen jedoch bei einer geringen Zahl von prozesstreibenden Faktoren anderen

Methoden gegenüber meist im Nachteil. Grund hierfür ist die vergleichsweise langsame Konvergenz. Die Genauigkeit des Ergebnisses

den neben den drei Up-Swings auch noch drei Down-Swings ohne Volumensbegrenzung zugelassen, so ergeben sich die in Abbildung 3a

wert für Down-Swings zur ersten Ausübungsmöglichkeit oberhalb des Strikes liegt. Es wird also eine Ausübung nahegelegt, die einen negativen Zahlungsstrom zur Folge hat, obwohl noch kein Swing-Recht ausgeübt werden konnte, das aufgrund der Volumensbegrenzung ein solches Ausübungsverhalten offensichtlich machen würde. Der Grund dürfte in der Tatsache zu finden sein, dass die maximal mögliche Auszahlung eines Down-Swings ohnehin durch den Strike beschränkt ist. Ein Up-Swing hingegen kann im Prinzip zu einer beliebig hohen Auszahlung führen. Insofern erkaufte sich der Halter der Option mit der vermeintlich irrationalen Ausübung eines Swing-Rechtes, das aus dem Geld ist, die Möglichkeit, einen Up-Swing mit einer entsprechend hohen Auszahlung auszuüben, ohne gegen die Strafe zu verstoßen. Die Volumensbegrenzung führt also zu einer nicht trivialen Kopplung der Ausübungsentscheidungen von Up- und Down-Swings. Darüber hinaus können Monte-Carlo-Methoden dazu verwendet werden, das Auszahlungsprofil einer Swing-Option unter der Verwen-

Tab. 2 Term-Sheet 2: Swing-Kontrakt mit Volumensbeschränkung

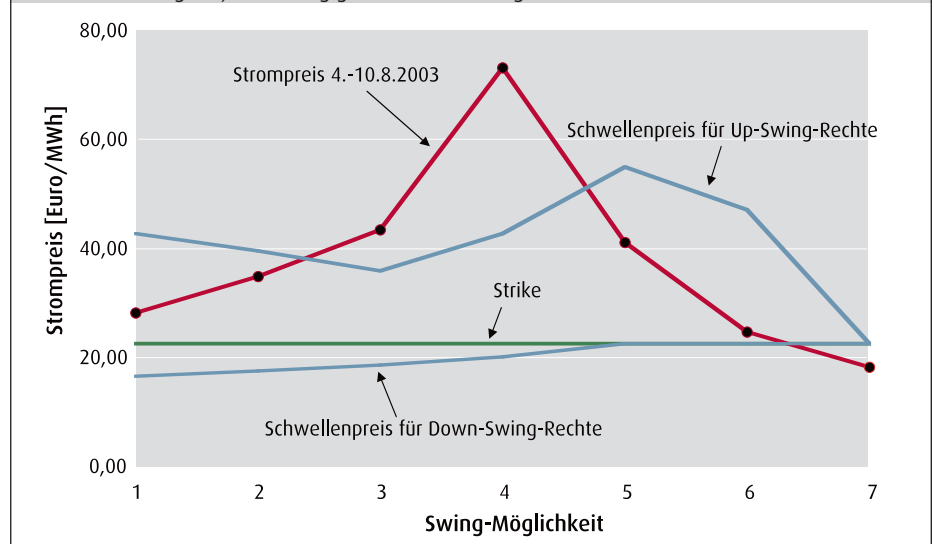
	Swing-Option	Forward-Kontrakt	Swing-Kontrakt
Laufzeit	1 Woche	1 Woche	1 Woche
Ausübungszeitpunkte	täglich	täglich	täglich
Strikepreis	22,54 Euro/MWh	22,54 Euro/MWh	22,54 Euro/MWh
Up-Swing-Rechte	3	-	3
Down-Swing-Rechte	3	-	3
Swing-Volumen	1 MWh	-	1 MWh
Gesamtvolumen	-	7 MWh	7 MWh

nimmt nur mit der Quadratwurzel der verwendeten Pfade zu, d. h. zur Verbesserung der Genauigkeit beispielsweise um eine Kommastelle muss die Zahl der „gewürfelten“ Pfade ver Hundertfacht werden. Es wurden allerdings eine Reihe von konvergenzbeschleunigenden Verfahren entwickelt (z. B. Varianz-Reduktion, Quasi-Monte-Carlo etc.), um dieses Problem zu entschärfen. Darüber hinaus ändert sich das Konvergenzverhalten kaum, wenn die Zahl der prozesstreibenden Faktoren erhöht wird. Somit sind Monte-Carlo-Simulationen bei höherdimensionalen Problemen gegenüber anderen Methoden im Vorteil.

Neben der Konvergenzbeschleunigung stellt die vorzeitige Ausübung eine erhebliche Komplikation des Monte-Carlo-Zugangs zur Bewertung von Swing-Optionen dar. Das Problem der vorzeitigen Ausübung erfreute sich in der Finanzwelt im Zusammenhang mit Optionen vom amerikanischen bzw. Bermuda-Typ in jüngster Vergangenheit großem Interesse. Heute kann in diesem Kontext auf verschiedene Verfahren zurückgegriffen werden. Eines dieser Verfahren ist die 2001 erstmals von Longstaff und Schwartz veröffentlichte „Least-Squares“-Monte-Carlo-Methode (LSM-Methode), die mit moderatem Aufwand auf Swing-Optionen erweitert werden kann. Der Optionswert, den der Algorithmus liefert, ist das erwartete Auszahlungsprofil unter der Bedingung, dass die optimale Ausübungsstrategie angewendet wird. Neben diesem Erwartungswert ergibt sich aus dem Algorithmus auch die optimale Strategie selbst, d. h. die optimalen Schwellenwerte für die vorzeitige Ausübung, die z. B. in Abbildung 1 dargestellt sind. Wer-

gezeigten Schwellenwerte für Up- und Down-Swings zu jeder Ausübungsmöglichkeit, wobei die Ausübungshistorie bereits mitberücksichtigt wurde. Es sind also nur solche Schwellenpreise dargestellt, die angesichts der Ausübungshistorie tatsächlich zur Verfügung stehen. Up- und Down-Swings können in diesem Fall erwartungsgemäß unabhängig voneinander ausgeübt werden. Mit der Volumensbe-

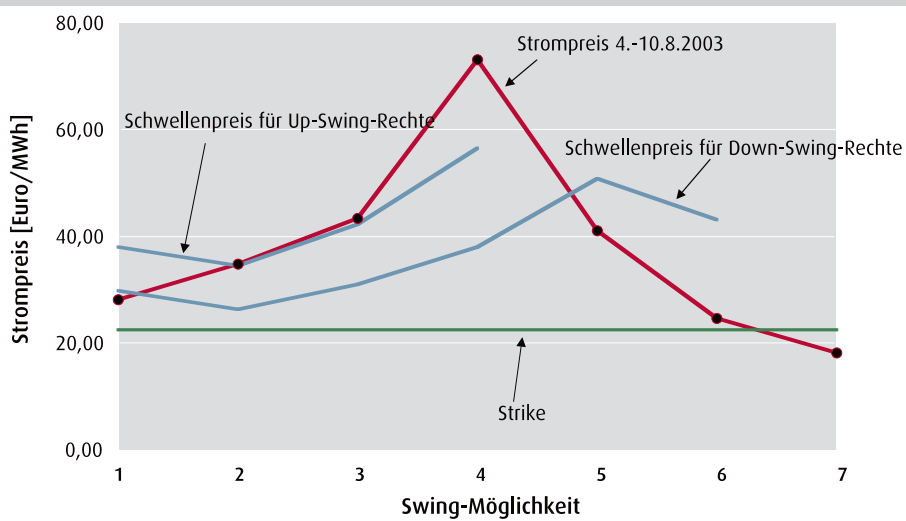
Abb. 3a Ohne Volumensbegrenzung werden in dem Referenzzeitraum Up-Swings (an der dritten und vierten Möglichkeit, siehe auch Abbildung 1) und Down-Swings (zur Endfälligkeit) unabhängig voneinander ausgeübt.



grenzung (Term-Sheet 2) ändert sich das durch die optimale Ausübungsstrategie empfohlene Ausübungsverhalten signifikant. Die drei Up-Swings werden zur zweiten, dritten und vierten Möglichkeit ausgeübt, während die Down-Swings zur ersten, fünften und sechsten Möglichkeit benutzt werden. Bemerkenswert ist vor allem der Umstand, dass der Schwellen-

wert einer vorgegebenen unökonomischen bzw. nicht-optimalen Strategie zu berechnen. Ein interessanter Spezialfall ist die zufällige Ausübung. Dieser Spezialfall beschreibt die Situation eines Optionsinhabers, der nur einen eingeschränkten Zugang zum Markt besitzt und dessen Strombedarf von äußeren Gegebenheiten abhängt, auf die er keinen Einfluss

Abb. 3b Durch die Volumensbegrenzung entsteht eine Kopplung von Up- und Down-Swings, die zu einem bemerkenswerten Ausübungsverhalten führt (siehe Text).



hat. Der eingeschränkte Marktzugang macht es ihm unmöglich, von günstigen Ausübungsgelegenheiten zu profitieren, da er beispielsweise den billig erworbenen Strom nicht am Markt verkaufen kann, um sein Auszahlungsprofil zu realisieren. Das Ergebnis entsprechender Simulationen unter der Annahme des oben beschriebenen Ein-Faktor-Prozesses ist in der Abbildung 4 für die einfache Option gemäß Term-Sheet 1 mit drei Up-Swing-Rechten an den kommenden sieben Tagen und ohne Strafe (vgl. Abbildung 1) dargestellt. Das erwartete Auszahlungsprofil für zufällige Ausübungen

liegt etwa bei 50-60% des Wertes, der sich unter der Annahme optimaler Ausübung ergibt.

### Zusammenfassung

In diesem Artikel wurde gezeigt, wie der Preis von Swing-Optionen bestimmt werden kann, die oftmals implizit in Versorgungsverträgen enthalten sind. Insbesondere ist deutlich geworden, dass selbst die Entscheidungsmöglichkeit, wann eine festgelegte Strommenge über die Laufzeit abgenommen wird, einen beachtlichen Wert hat. Des Weiteren wurde verdeutlicht, dass die Umsetzung einer optimalen

Strategie bei der Ausübung der Swing-Rechte keineswegs trivial ist. Dies gilt insbesondere für Swing-Kontrakte mit Strafvereinbarungen. Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist die Beobachtung, dass die Swing-Optionen für den Inhaber auch dann noch einen erheblichen Wert haben, wenn die Optionsrechte nicht rational ausgeübt werden können, z. B. weil er über keinen eigenen Marktzugang verfügt.

Neben dem Einsatz der Swing-Kontrakte zur Bewertung von Versorgungsverträgen können die hier vorgestellten Konzepte auch zur Wertmittlung realer Optionen benutzt werden. Als prominentes Beispiel sei hier der Wert eines Wasserkraftwerkes genannt: Nach der Schneeschmelze im Frühjahr sind die Stauseen gefüllt und müssen bis zum Beginn der nächsten Schneeschmelze geleert sein, um drohende Überflutungen abzufangen. Abhängig von der Größe des Wasserkraftwerkes stehen also entsprechend viele Up-Swings zur Verfügung. Ist das Wasserkraftwerk darüber hinaus mit einer Pumpe sowie einem unteren Wasserreservoir ausgestattet, so können auch Down-Swings ausgeübt werden.

Wie gezeigt wurde, können Swing-Kontrakte vielfältig zum Management von Volumen- und Preisrisiken sowohl auf Verbraucher- als auch Erzeugerseite durch eine geeignete Kombination aus Flexibilität und Rahmenbedingungen eingesetzt werden. Deshalb haben sie einen hohen Wert für Erzeuger und Verbraucher, der nicht unterschätzt und der bei der Ausgestaltung entsprechender Verträge berücksichtigt werden sollte. Voraussetzung hierfür ist neben einer mathematischen Formulierung des Problems auch eine adäquate EDV-technische Erfassung. ■

## zur Person

### Dr. Torsten Wegner

· Senior-Berater bei der d-fine GmbH

### Dr. Uwe Dörr

· Senior-Berater bei der d-fine GmbH

### Dr. Andreas Werner

· Manager bei der d-fine GmbH

Abb. 4 Die Annahme zufälliger Ausübung der Swings (z.B. wegen eines fehlenden Markt-zuganges) führt bei dem Beispiel einer einfachen Swing-Option (Term-Sheet 1) für den Käufer zu einer Wertreduktion gegenüber der optimalen Ausübung von 50-60%.

