



Een prijs voor optietheorie

Auteur(s):

Vorst, A.C.F.

Hoogleraar financiering aan de Erasmus Universiteit Rotterdam.

Verschenen in:

ESB, 82e jaargang, nr. 4126, pagina 823, 29 oktober 1997

Rubriek:**Trefwoord(en):**

aandelenmarkten, economie-beoefening, nobelprijs

De Nobelprijs voor de economie is dit jaar toegekend aan de Amerikaanse financieel economen Merton en Scholes. Een beloning voor de pioniers van de derivaten.

Robert Merton (Harvard University) en Myron Scholes (Stanford University) krijgen de prijs voor een nieuwe methode om de waarde van een afgeleid financieel instrument te bepalen, die zij samen met de twee jaar geleden overleden Fischer Black hebben ontwikkeld. Volgens de Koninklijke Zweedse Academie voor Wetenschappen behoort de methode, met als bekendste vrucht de zogenaamde Black-Scholes formule voor de waardering van opties, tot de belangrijkste bijdragen aan de economische wetenschap van de afgelopen 25 jaar. Voor financieel economen is de toekenning voor de Nobelprijs geen verrassing, maar helaas enigszins te laat. Velen hadden ook Fischer Black de erkenning voor zijn werk gegund.

In 1973, juist toen de nu bekroonde artikelen van Black, Scholes en Merton verschenen, werd in Chicago de eerste officiële optiebeurs, de Chicago Board of Options Exchange, geopend. Daarvoor werden wel opties tussen partijen verhandeld, maar niet op een reguliere beurs. Handelaren op deze beurs begonnen onmiddellijk de optieprijformule te gebruiken en binnen een jaar kwam Texas Instruments met een rekenmachine waarmee de formule eenvoudig kon worden uitgerekend. Ook heden ten dage kent iedere optiehandelaar de Black-Scholes formule. Het samen optrekken van theorie en praktijk is karakteristiek voor het vakgebied. Soms worden financiële producten geïntroduceerd, waarna de theorie wordt uitgebreid om ook deze producten te kunnen waarderen. In andere gevallen vinden de theoretici eerst de juiste prijsformule, waarna de producten op de markt worden gebracht.

De waardering van opties

De Black-Scholes formule beschrijft hoe opties op aandelen kunnen worden gewaardeerd. Fischer Black en Myron Scholes waren aan het einde van de jaren zestig gezamenlijk op zoek naar een optieprijformule. Scholes had een baan aan het Massachusetts Institute of Technology in Boston, terwijl Black zijn eigen bedrijf had. Merton, die toegepaste wiskunde had gestudeerd aan het California Institute of Technology werd in 1968 assistent van Paul Samuelson bij MIT. Daar leerde hij Black en Scholes kennen en deze gaf de laatste zet om tot de formule te komen ¹.

Een 'call optie' op een aandeel geeft de houder het recht het onderliggende aandeel voor een van te voren afgesproken datum tegen een vaste prijs te kopen (de uitoefenprijs). Dit recht heeft een waarde, die de optieprijs wordt genoemd. Er worden ook 'put opties' verhandeld waarbij de houder het recht heeft het onderliggende aandeel voor de afgesproken tijd tegen een vaste prijs te verkopen.

De waarderingsmethode van Black, Merton en Scholes berust op de aanname dat er in de financiële markten geen strategieën voor arbitrage bestaan. Dit zijn beleggingsstrategieën die geen investeringen vereisen en toch met zekerheid na verloop van tijd een positieve opbrengst genereren. Als zulke strategieën mogelijk waren dan zouden ze door velen worden nagestreefd en de prijzen van de in de strategie gebruikte financiële instrumenten zodanig onder druk zetten dat er wel investeringen vereist zijn of er niet met zekerheid een positieve opbrengst wordt gegenereerd. Zo verdwijnt de mogelijkheid van een arbitragestrategie.

Naast de 'geen-arbitrage aanname' berust het model op de volgende observatie. De prijs van een call optie zal een stijgende functie van de prijs van het onderliggende aandeel zijn, want bij een hogere prijs is de kans groter dat het aandeel op de afgesproken datum een hogere waarde heeft dan de afgesproken prijs. De optie levert dan dus geld op.

Stel nu eens dat bij een bepaalde aandeelprijs de prijs van de optie stijgt met de helft van de aandeelprijsstijging (de afgeleide van de optieprijs naar de aandeelprijs is 0,5). Indien we nu twee opties verkopen en een aandeel kopen, zal bij een aandeelprijsstijging het verlies op de optie-positie gecompenseerd worden door de winst op de aandeelpositie. Bij een aandeelprijsdaling zal het omgekeerde gebeuren. Deze portefeuille is dus risicoloos. Maar risicoloze portefeuilles met zekere opbrengsten moeten allen hetzelfde rendement genereren, daar er anders arbitrage-mogelijkheden tussen de portefeuilles ontstaan. De gevormde portefeuille zal dus het risicovrije rendement moeten garanderen. De afgeleide van de optieprijs naar de aandeelprijs zal niet constant gelijk aan 0,5 zijn, maar veranderen met de aandeelprijs en het verloop van de tijd. De investeerder moet de verhouding tussen aandelen en opties dus continu aanpassen opdat de portefeuille risicoloos blijft. Gebruikmakend van technische specificaties voor het aandeelprijs proces resulteert dan een zogenaamde partiële differentiaalvergelijking. Dit soort vergelijkingen is bekend uit de fysica en de vergelijking van de portefeuille kan in verband worden gebracht met de zogenaamde warmtevergelijking. De partiële differentiaalvergelijking geldt overigens niet alleen voor call opties, maar ook voor alle andere instrumenten waarvan de prijs alleen afhangt van dit onderliggende aandeel, zoals put opties. In de fysica

waren oplossingen voor deze vergelijking bekend en daarmee kon ook de prijs van een call optie bepaald worden. Het resultaat is de Black-Scholes formule voor de prijs van een call optie, waarbij op de onderliggende waarde gedurende de looptijd geen dividenden worden uitgekeerd ². De bepalende factoren voor een call-optie worden in het kader hier onder gepresenteerd.

De prijswinnende formule

"Hoewel Black opgeleid was als toegepast wiskundige, heeft hij toch een drietal jaren op de formule zitten staren alvorens hij de oplossing had." (citaat uit E. van Damme, Nobelprijs Economie voor ontdekkers van de optieformule, lang leve de wiskunde, in *Defacto*, KUB, Tilburg)

$$C = SN(d) - Ee^{-rT}N(d - s\sigma T)$$

C = de optieprijs, S = de huidige aandelprijs, E = de uitoefenprijs, T = de tijdsduur tot de afgesproken datum, r = de rente, s = de beweeglijkheid van het aandeel, d = een afhankelijke van de eerder genoemde variabelen.

De beweeglijkheid van een aandelenprijs speelt in de formule een rol, omdat deze de kans dat de aandelenprijs boven de afgesproken koopprijs komt beïnvloedt, terwijl een extreem lage aandelenprijs voor de call optiehouder geen extra schade geeft. Voor put opties geldt een soortgelijke formule.

Verrassend aan de formule is dat de optieprijs niet afhangt van het verwachte rendement van het aandeel. Andere economen die eerder hadden geprobeerd een optieprijsformule te vinden, waaronder Samuelson, gingen hier wel altijd vanuit. Daar de optieprijsformule niet afhangt van het verwachte rendement van het onderliggende aandeel, kan de formule ook gezien worden als de verdisconteerde verwachte opbrengst van de optie in een wereld waarin iedereen risiconutraal is. In een dergelijke wereld hebben alle beleggingen, zoals aandelen, obligaties en opties hetzelfde verwachte rendement, want er is geen premie voor risico. Dit staat bekend als het risiconutraliteitsprincipe en is een van de belangrijkste redenen dat het werk van Black, Merton en Scholes zo veel invloed heeft gehad op de verdere ontwikkelingen in het vakgebied.

De oorspronkelijke formule geeft alleen de waarde van zg. Europese call opties. Dit zijn opties waarbij de eigenaar alleen op de afgesproken datum het recht heeft om de aandelen te kopen. Een variant waarbij men op ieder willekeurig tijdstip voor de afgesproken datum de aandelen mag kopen, staat bekend als de Amerikaanse optie. Deze terminologie is symbolisch voor het ongeduld aan de andere kant van de Atlantische Oceaan. Waarderingsmethoden voor Amerikaanse opties zijn pas later ontwikkeld, maar gebruiken wel de door de drie onderzoekers beschreven theorie.

Uitbreidingen

In oktober 1970 stuurden Black en Scholes hun artikel naar de *Journal of Political Economy* waar het per omgaande werd afgewezen omdat het te specialistisch was. Met name stond er te veel financiering en te weinig economie in het artikel. Ook de *Review of Economics and Statistics* wees het artikel zonder referee-report onmiddellijk af. Pas toen het artikel enigszins was herschreven en de latere Nobelprijswinnaar Merton Miller een aanbeveling gaf, werd het artikel alsnog geaccepteerd door de *Journal of Political Economy* ³. Gezien het aantal verwijzingen naar het artikel sinds die tijd, moet dit een riem onder het hart zijn voor vele jonge economen die worden geconfronteerd met afgewezen artikelen. Het artikel werd uiteindelijk pas in mei 1973 gepubliceerd. Merton, die ondertussen een artikel had geschreven gebaseerd op het werk van Black en Scholes en zijn eigen inbreng, waarin hij een aantal uitbreidingen gaf, had zijn artikel al veel eerder in de *Bell Journal of Economics and Management Science* kunnen publiceren ⁴. Hij hield de publicatie echter tegen tot het verschijnen van het artikel van Black en Scholes.

In zijn artikel gaf Merton direct een aantal uitbreidingen van de ontwikkelde theorie. Hij heeft van de drie onderzoekers ongetwijfeld het meeste gewerkt aan de verdere uitbreiding en toepassing van deze theorie. Hij heeft zich onder andere verdiept in optimale consumptie en problemen van portefeuilleselectie, een Capital Asset Pricing Model in continue tijd en een beschrijving van aandelen en obligaties als opties op de totale waarde van een bedrijf. Aandeelhouders hebben het recht op de volle waarde van een bedrijf als ze het totale vreemde vermogen kunnen aflossen op het moment dat de schulden vervallen. Het vreemde vermogen is dus de koopprijs. Anderzijds kan men ook stellen dat de vreemde vermogensverschaffers een put optie op de waarde van de onderneming met uitoefenprijs het totale vreemde vermogen hebben weggegeven. Met name deze laatste uitbreiding staat momenteel erg in de belangstelling daar zij een mogelijkheid geeft om het krediet-risico in ondernemingsobligaties te meten.

Klikfondsen

Er zijn nog vele andere uitbreidingen en toepassingen van de optieprijsstheorie. Dicht tegen het waarderen van opties op aandelen aan ligt de waardering van opties op het kopen of verkopen van vreemde valuta tegen een afgesproken prijs. Hierbij wordt de rente op vreemde valuta als een soort continu dividend beschouwd. Ook opties op aandelenindices worden zo gewaardeerd.

Daarnaast zijn er vele varianten van opties geïntroduceerd die bekend staan als exotische opties. Een voorbeeld is de zogenaamde 'in-barrier' optie. De houders hiervan krijgen pas de echte optie in handen indien de prijs van de onderliggende waarde voor de aflooptdatum een bepaald niveau, dat al dan niet gelijk is aan de (ver)koopprijs, wordt gepasseerd. Er zijn ook 'out-barrier' opties, waarbij de optierechten juist vervallen indien dit niveau wordt gepasseerd. Met name de 'in-barrier' opties spelen een belangrijke rol bij de waardering van de in Nederland zo populaire klikfondsen. De optieprijsstheorie vertelt niet alleen hoeveel de waarde van dergelijke fondsen is, maar geeft ook aan hoe de uitgevende instellingen hun risico's zo veel mogelijk kunnen beperken. Het afgelopen jaar zijn er in Nederland ook beleggingsfondsen geïntroduceerd, welke gebaseerd zijn op 'lookback' opties. Daarbij krijgt de eigenaar bijvoorbeeld het recht het onderliggende aandeel op de aflooptdatum tegen de laagste prijs van het aandeel gedurende de periode tot die datum te kopen.

Voor al dit soort exotische producten, met als onderliggende waarden aandelen, vreemde valuta of aandelen-indices, kan de theorie vrij eenvoudig worden uitgebreid. Veel lastiger is de waardering van producten gebaseerd op renteniveaus, zoals opties op obligaties en zg. caps en floors. Deze laatste opties komt men tegen bij leningen met een variabele rente. Daarbij wordt na ieder half jaar de rente voor het komende half jaar vastgesteld aan de hand van een bepaalde in de markt geldende rente. Indien er een bovengrens wordt gesteld aan de te betalen rente spreekt men van een cap. Een floor duidt op een ondergrens. Ofschoon dit soort afgeleide rente-instrumenten wel worden geprijsd via de principes van Black, Merton en Scholes zijn de modellen veel lastiger. Er moet rekening worden gehouden met de bewegingen in de volledige termijnstructuur van rentestanden met verschillende looptijden.

Optieprijsstheorie wordt niet alleen toegepast voor de waardering van financiële producten. Er is ook een reële optieprijsstheorie, gebaseerd op het werk van Black, Merton en Scholes, ontwikkeld. Pioniers op dit gebied zijn onder andere Avinash Dixit en Robert Pindyck⁵. Zij kijken bijvoorbeeld naar investeringsprojecten van ondernemingen waarbij de mogelijkheid bestaat het project bij gunstige ontwikkelingen verder uit te breiden of te stoppen bij ongunstige ontwikkelingen. De onderneming heeft dus een optie, welke zij niet zou hebben indien ze het project niet zou aanvangen. In de reële optie prijsstheorie wordt nu gekeken hoeveel de extra waarde van dit soort opties is. Recentelijk hebben Peter Pope en Andrew Stark laten zien dat deze reële opties een mogelijke verklaring vormen voor het boek-versus marktwaarde effect in de rendementen van beleggingen in aandelen⁶. Volgens dit effect vormen bedrijven met een lage marktwaarde vergeleken met de boekwaarde een betere belegging dan bedrijven waarvoor de marktwaarde relatief hoog is. Op deze wijze beïnvloeden reële opties dus toch weer de financiële waarden van bedrijven. Ook is getracht om via de optieprijs- theorie, die zoals eerder opgemerkt onafhankelijk is van de risico-preferenties van beleggers, een uitspraak te doen over het lange termijn effect van beleggingen in aandelen⁷. Langere termijn beleggers zouden volgens deze theorie meer in aandelen kunnen investeren.

Een slecht imago

Ofschoon de optieprijsstheorie niet meer weg te denken is uit de financiële theorie en het nauwe samengaan met de financiële praktijk een van haar sterke punten is, hebben zich in de afgelopen jaren een aantal zaken voorgedaan die het imago van opties sterk hebben aangetast. Een bedrijf als Procter en Gamble heeft grote verliezen geleden via speculatie op renteafhankelijke optie-instrumenten. Ook Nick Leeson, de handelaar van Barings, gebruikte gedeeltelijk opties om zijn verliezen aan het oog te onttrekken. Zo zijn er nog enkele gevallen bekend van speculatie met verkeerde gevolgen. Opties zijn echter in de eerste plaats instrumenten om financiële risico's te beperken of risico's van de ene partij naar de andere, die deze risico's beter kan dragen, over te hevelen. Veel succesvol risicomangement maakt gebruik van opties en zou niet mogelijk zijn zonder de theorie waarvoor Black, Merton en Scholes de basis hebben gelegd. Het is jammer dat vaak alleen de schandalen in het nieuws komen. Dit maakt minder ingewijden vaak huiverig voor de risico's van het gebruik van opties.

Ander werk

Merton heeft zich ook gericht op de werking en regelgeving van financiële instellingen met betrekking tot onder andere kapitaalverschaffing en risicomangement. Verder heeft hij zich recentelijk gericht op de pensioenproblematiek. Voor zijn werk heeft hij een viertal eredoctoraten en een aantal andere prijzen ontvangen. Hij is als onderzoeker verbonden aan het National Bureau of Economic Research en onder meer lid van de wetenschappelijke raad van het Tinbergen Instituut.

In zijn latere onderzoek heeft Myron Scholes zich met name beziggehouden met de exploitatie van (inter)nationale belastingverschillen en de invloed van dividenden op de waarden van aandelen. Het werk van Merton heeft echter duidelijk een grotere invloed gehad op de latere literatuur.

Ook Fischer Black heeft later belangrijk onderzoek op het terrein van de afgeleide financiële instrumenten verricht. Een formule voor het prijzen van opties en futures draagt zijn naam, evenals een benaderingsmethode voor het waarderen van Amerikaanse call opties. Ook heeft hij gewerkt aan de waardering van renteafhankelijke opties. Daarnaast heeft hij gepubliceerd op de volgende gebieden: waardering van aandelen, portefeuillebeheer, belastingen en de conjunctuurgolf- en monetaire theorie.

Een leuk extraatje

Fischer Black verliet in 1984 zijn academische positie voor een baan bij de investeringsbank Goldman Sachs, waar hij later partner werd. Ondanks zijn overstap naar de praktijk bleef hij erg actief op wetenschappelijk gebied. Goldman hoopte met Black niet alleen een theoreticus met een groot gevoel voor praktische relevantie binnen te halen, maar ook een mogelijke Nobelprijswinnaar. Ofschoon Merton en Scholes beiden nog verbonden zijn aan een Amerikaanse universiteit, vormen deze posities niet hun hoofdwerkzaamheden. In 1992 accepteerde Scholes een positie bij Goldmans grote concurrent Salomon Brothers. Enige jaren geleden hebben Merton en Scholes samen met onder andere een voormalige handelaar van Salomon Brothers, John Meriwether, een eigen investeringsmaatschappij opgezet. Deze maatschappij, genaamd Long-Term Capital Management, is gespecialiseerd in het opzetten van hedge funds, die gebaseerd zijn op de ontwikkelde theorie. Door te beleggen in speculatieve instrumenten, maar de risico's voor een groot deel af te dekken, zoals Black, Merton en Scholes in hun theorie deden voor eenvoudige opties, heeft Long-Term Capital Management de afgelopen jaren uitbundige winsten gemaakt. Het geldbedrag van de Nobel- prijs is voor deze laureaten daarom waarschijnlijk niet meer dan een aardig extraatje. De commerciële waarde voor hun bedrijf is voor hen waarschijnlijk veel groter.

1 Een goede beschrijving van de samenwerking tussen de drie onderzoekers is te vinden in P. Bernstein, *Capital ideas*, 1992, The Free Press, New York. Dit boek is een aanrader voor iedereen geïnteresseerd in de ontstaansgeschiedenis van de belangrijkste theorieën in de financiering.

2 De formule kan eenvoudig worden aangepast voor aandelen, waarop wel dividenden worden uitgekeerd.

3 F. Black en M. Scholes, The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy*, 1973, blz. 637-654.

4 R.C. Merton, Theory of rational option pricing, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 1973, blz. 141-183.

5 Zie A. Dixit en R. Pindyck, *Investment under uncertainty*, 1994, Princeton University Press, Princeton, NJ.

6 Zie P. Pope en A. Stark, Are equities real(ly) options, understanding the book-to-market size and earnings yield factors, 1997, *Report*, Lancaster University.

7 Zie G. Merrill en S. Thorley, Time diversification: perspectives from option pricing theory, *Financial Analysts Journal*, May/June 1996, blz. 13-19 en B. Oldenkamp en A.C.F. Vorst, Time diversification and option pricing theory: another perspective, *Journal of Portfolio Management*, Summer 1997, blz. 56-60