

De waardering van Nederlandse aandelen-warrants

Dr. C.H. Veld

1 Inleiding¹

In de financierings- en beleggingsliteratuur bestaat de laatste jaren een groeiende aandacht voor de waardering van aandelen-warrants (in het vervolg van dit artikel kortweg aan te duiden als warrants). Een bewijs hiervan wordt geleverd door de literatuurlijst aan het einde van dit artikel. Deze literatuurlijst toont aan dat veel van hetgeen geschreven is over warrant-waardering van recente datum is. Een uitgebreid overzicht van de literatuur op het gebied van warrant-waardering wordt gegeven in mijn proefschrift (Veld, 1992a). Eveneens heeft een uitbreiding van het onderzoek naar de Nederlandse warrant-markt plaatsgevonden, alsmede een vergelijking van de waardering van warrants met die van langlopende call-opties, zoals deze op de European Options Exchange in Amsterdam worden verhandeld. Laatstgenoemde onderwerp is reeds eerder aan de orde geweest in een artikel in dit maandblad (zie Veld en Verboven (1990)).² In dit artikel worden de belangrijkste resultaten met betrekking tot de gehele breedte van het onderwerp warrant-waardering op een rijtje gezet.³

Aangezien warrants, evenals call-opties, recht geven op de koop van aandelen, wordt in paragraaf 2 allereerst aandacht besteed aan optie-waarderingsmodellen. In paragraaf 3 wordt ingegaan op de verschillen tussen warrants en call-opties en de consequenties die deze verschillen hebben voor de waardering van warrants. De

buitenlandse onderzoeken op het gebied van warrant-waardering worden in paragraaf 4 besproken, gevolgd door een overzicht van de resultaten voor de Nederlandse warrant-markt in paragraaf 5. Deze resultaten wijken af van de resultaten gevonden voor buitenlandse warrants en Nederlandse langlopende call-opties. In paragraaf 6 zullen enige verklaringen voor deze afwijkende resultaten worden besproken. Het artikel wordt in paragraaf 7 afgesloten met een samenvatting en met enkele conclusies.

2 Optiewaarderingsmodellen

In deze paragraaf zal aandacht worden besteed aan twee model klassen uit de optiewaarderings-theorie: modellen waarin een constante volatiliteit van de aandelenopbrengsten wordt verondersteld (modellen van de CV-klasse) en modellen waarin een constante elasticiteit van de volatiliteit wordt verondersteld (modellen van de CEV-klasse). Het verschil tussen deze modellen kan worden aangetoond door de vergelijking van de standaarddeviatie:⁴

$$\sigma = \delta S^{(\alpha-2)/2} \quad (1)$$

waarin:

σ = de standaarddeviatie van de aandelenopbrengsten;

Dr. Chris Veld is verbonden aan de sectie Ondernemingsfinanciering van de Katholieke Universiteit Brabant.

δ = een constante;
 S = de prijs van het onderliggende aandeel;
 α = de elasticiteitsfactor.

In het CEV-model wordt verondersteld dat de elasticiteitsfactor ligt tussen 0 en 2. In dat geval daalt (stijgt) de standaarddeviatie indien de aandelenprijs stijgt (daalt). Als een speciaal geval van het CEV-model presenteren Cox en Ross (1976) het zogenaamde 'Square Root model'. In dit model wordt de elasticiteitsparameter op 1 vastgeprikt. Dit model wordt het Square Root model genoemd, omdat de volatiliteit invers gerelateerd is aan de wortel van de aandelenprijs. Indien een elasticiteitsfactor van 2 wordt verondersteld resulteert het bekende optiewaarderingsmodel van Black en Scholes (1973) waarin een constante volatiliteit wordt verondersteld.

Zowel modellen van de CV-klasse als modellen van de CEV-klasse kunnen worden gecorrigeerd voor dividenden. De meest eenvoudige dividendcorrectie bestaat uit het verminderen van de aandelenprijs met de contante waarde van de dividenden die tijdens de looptijd van de optie zullen worden betaald. Een andere methode is het aanbrengen van een correctie voor continue dividenden.⁵

Met name in het kader van het Black/Scholes (B/S-)model bestaat een aantal correcties voor zowel dividendbetalingen als de mogelijkheid van voortijdige uitoefening; de bekendste zijn het Black (1975) model, het Binomiale model,⁶ het Roll-Geske-Whaley model,⁷ en het American Constant Variance (American CV) model.⁸ In het kader van dit artikel gaat het te ver om op al deze specifieke aanpassingen in te gaan. De geïnteresseerde lezer wordt verwezen naar de eerder vermelde literatuur.

Voor wat betreft de validiteit van deze modellen concludeert Galai (1983), uit een overzicht van empirisch onderzoek op het gebied van optiewaarderingstheorie, dat enig bewijs bestaat om modellen van de CEV-klasse te prefereren boven modellen van de CV-klasse. Dit bewijs bestaat uit resultaten van Beckers (1980) en MacBeth en Merville (1980) die op grond van hun empirische onderzoeken concluderen dat modellen van de

CEV-klasse meer valide zijn dan modellen van de CV-klasse. Dit bewijs wordt echter met name door resultaten van Rubinstein (1985) tegengesproken.

3 Theoretische aspecten van warrant-waardering

Het kenmerkende verschil tussen een warrant en een call-optie is dat een warrant, bij uitoefening, recht geeft op de koop van *nieuw* uit te geven aandelen, terwijl een call-optie recht geeft op de koop van *bestaande* aandelen. Bij uitoefening van een warrant vindt namelijk een creatie van nieuwe aandelen plaats. Bovendien wordt de uitoefenprijs die voor deze aandelen betaald wordt, deel van de activa van de uitgevende onderneming. De eerste oplossing voor dit zogenaamde 'verwateringseffect' werd in 1978 gepresenteerd door Galai en Schneller. In hun artikel werd de volgende vergelijking afgeleid:

$$W = \frac{1}{1+q} C_w \quad (2)$$

waarin:

W = de modelprijs van de warrant;

q = de verwateringsfactor = n/N ;

n = het aantal uit te geven aandelen als gevolg van warrant-uitoefening;

N = het aantal aandelen voor warrant-uitoefening;

C_w = de waarde van een call-optie, geschreven op een *identieke* onderneming, *zonder* warrants.

Deze vergelijking van Galai en Schneller (1978) vormde de bron van veel verwarring. Enkele onderzoekers berekenden modelprijzen voor warrants door de prijsbepalende factoren voor warrants in te vullen in het originele B/S-model, of in één van de dividend gecorrigeerde versies op dit model, en de uitkomst te vermenigvuldigen met de factor: $1/(1+q)$.⁹ Echter de call-optie waarde in vergelijking (2) geeft de waarde van een call-optie op een identieke onderneming *zonder* warrants.

Voor de bepaling van de modelprijs van bijvoorbeeld een warrant Philips zou dus in feite de waarde van een call-optie nodig zijn, geschreven op het aandeel van een onderneming identiek aan Philips, maar zonder uitstaande warrants. Een dergelijke onderneming bestaat in de praktijk uiteraard niet. Hiermee verliest de vergelijking van Galai en Schneller (1978) dan ook zijn praktische waarde.

De impasse in de literatuur werd doorbroken door papers van Schulz en Trautmann (1989) en Crouhy en Galai (1991). In deze papers werd, onafhankelijk van elkaar, een verwateringsgecorrigeerde versie afgeleid van het Black/Scholes-model. In papers van Schulz en Trautmann (1989) en Bensoussan, Crouhy en Galai (1992) werd vervolgens door middel van simulaties nagegaan of het B/S-model gecorrigeerd voor verwatering andere uitkomsten genereerde dan het oorspronkelijke B/S-model. De verrassende uitkomst van beide papers bleek te zijn dat dit niet het geval was. Reden hiervoor is dat een aantal tegengestelde effecten vrijwel precies 'tegen elkaar wegvallen'.¹⁰ Dit betekent dat het niet nodig is om optiewaarderingsmodellen te corrigeren voor het verwateringseffect. Een heel andere vraag is of het oorspronkelijke B/S-model geschikt is voor de waardering van warrants. Naast het verwateringseffect, waarvoor dus geen correctie hoeft te worden gemaakt, kunnen zich in de praktijk enige andere problemen voordoen, waarvoor wel een correctie noodzakelijk is. De looptijd van warrants blijkt in de meeste gevallen bijvoorbeeld aanzienlijk langer te zijn dan die van call-opties. Dit betekent dat in elk geval een correctie voor dividenden (en eventueel voor voortijdige uitoefening) moet worden aangebracht in de optiewaarderingsmodellen. Een andere vraag is of de volatiliteit van de aandelenopbrengsten constant is. Indien dat niet het geval is, zou het CEV-model (gecorrigeerd voor dividenden) beter geschikt zijn voor de waardering van warrants dan het B/S-model (gecorrigeerd voor dividenden). Een laatste probleem dat wij noemen is dat warrants vaak bijzondere voorwaarden bevatten, zoals de mogelijkheid om de looptijd te verkorten.

4 De waardering van buitenlandse warrants

In de meeste studies naar warrant-waardering worden model- en marktprijzen vergeleken. In deze paragraaf zal eerst aandacht worden besteed aan de studies van Noreen en Wolfson (1981) voor Amerikaanse warrants, Schulz en Trautmann (1989) voor Duitse warrants en Stucki en Wasserfallen (1991) voor Zwitserse warrants. In al deze studies worden modelprijzen voor warrants berekend met optiewaarderingsmodellen die *niet* zijn gecorrigeerd voor verwatering.¹¹ Als schatting voor de standaarddeviatie wordt in deze studies de historische standaarddeviatie genomen, berekend met behulp van wekelijkse aandelenrendementen over de periode van 1 jaar voorafgaande aan het meetmoment. Het verschil tussen de modelprijs en de marktprijs wordt dan uitgedrukt in de marktprijs teneinde tot een 'afwijking' te komen:

$$\text{afwijking} = \frac{\text{modelprijs} - \text{marktprijs}}{\text{marktprijs}} \quad (3)$$

De belangrijkste resultaten van deze studies zijn opgenomen in tabel 1 (zie p. 166).¹²

In tabel 1 zien wij dat Noreen en Wolfson (1981) en Schulz en Trautmann (1989) voor respectievelijk Amerikaanse en Duitse warrants tot modelprijzen komen die niet veel afwijken van marktprijzen. Opmerkelijk is dat deze resultaten gevonden bij toepassing van verschillende modellen, zowel van de CEV- als van de CV-klasse. In een studie van Japanse warrants komt Gemmill (1989) tot vergelijkbare resultaten. Laatstgenoemde berekent evenwel geen 'afwijking', zoals in de studies opgenomen in tabel 1. Gezien deze resultaten is het opmerkelijk dat Stucki en Wasserfallen (1991) tot negatieve afwijkingen komen voor alle door hen onderzochte (CV-) modellen. Met name het feit dat zij tot negatieve afwijkingen komen voor het originele B/S-model is opmerkelijk. Aangezien dit model geen rekening houdt met dividendbetalingen of de mogelijkheid van voortijdige uitoefening, zou worden verwacht dat het model tot prijzen komt die hoger liggen dan marktprijzen. Zoals kan worden gezien in tabel 1 blijkt het

Tabel 1: Gemiddelde afwijkingen en gemiddelde absolute afwijkingen voor verschillende testen van optiewaarderingsmodellen voor buitenlandse warrants

model	gemiddelde absolute afwijking	gemiddelde afwijking
<i>Noreen en Wolfson: Amerikaanse warrants</i>		
Merton model	16,1%	3,4%
Square Root model gecorrigeerd voor continue dividenden	16,2%	3,6%
<i>Schulz en Trautmann: Duitse warrants</i>		
B/S-model gecorrigeerd voor dividenden ^a	20,5%	- 5,2%**
American CV-model	19,6%	- 0,1%
CEV-model ^b	19,8%	1,4%**
<i>Stucki en Wasserfallen: Zwitserse warrants</i>		
B/S-model	14,7%	- 4,6%*
B/S-model gecorrigeerd voor dividenden ^a	21,7%	- 15,4%*
Black model	21,4%	- 14,8%*
Binomiale model	22,4%	- 16,0%*
Roll-Geske-Whaley model	21,7%	- 15,3%*

a = het B/S-model is gecorrigeerd voor dividendbetalingen door de contante waarde van de dividenden, die tijdens de looptijd van de warrant worden betaald, in mindering te brengen op de aandelenprijs;

b = Schulz en Trautmann (1989) hebben een correctie op het CEV-model aangebracht voor dividenden en voortijdige uitoefening;

* = significant van 0 verschillend op een niveau van 5%;

** = significant van 0 verschillend op een niveau van 1%.

omgekeerde het geval te zijn. De dividend gecorrigeerde modellen uit de studie van Stucki en Wasserfallen (1991) komen uiteraard tot (nog) grotere afwijkingen dan het B/S-model. Een ander interessant resultaat uit tabel 1 is dat Schulz en Trautmann (1989) concluderen dat de algemene vergelijking van het CEV-model (gecorrigeerd voor dividenden en voortijdige uitoefening) niet tot betere resultaten komt dan één van de dividend gecorrigeerde versies van het B/S-model (het American CV-model). Noreen en Wolfson (1981) vinden dat het Square Root model,¹³ één van de modellen uit de CEV-klasse, evenmin tot betere resultaten komt dan het Merton

model, een model van de CV-klasse. Hierbij dient te worden opgemerkt dat Lauterbach en Schultz (1990), die een afwijkende methodologie gebruiken, juist tot de conclusie komen dat het Square Root model tot betere resultaten komt dan het B/S-model gecorrigeerd voor dividend.¹⁴

Samenvattend zijn de belangrijkste conclusies uit studies naar de waardering van buitenlandse warrants: (1) in tegenstelling tot Duitse, Amerikaanse en Japanse warrants, resulteren voor Zwitserse warrants modelprijzen die lager zijn dan marktprijzen; dit indiceert een overwaardering van Zwitserse warrants ten opzichte van warrants uit andere landen; (2) in hun empirisch onderzoek vinden Lauterbach en Schultz (1990) enig bewijs voor een betere werking van modellen van de CEV-klasse ten opzichte van modellen van de CV-klasse; de resultaten van andere studies spreken dit bewijs echter tegen.

5 De waardering van Nederlandse warrants

In navolging van buitenlandse warrant-waarderingsstudies is in mijn dissertatie aandacht besteed aan de waardering van Nederlandse warrants. Gedurende de onderzoeksperiode van 1 april tot en met 30 september van de jaren 1987, 1988 en 1989 zijn (wekelijks) modelprijzen, berekend met behulp van niet-verwaterings gecorrigeerde optiewaarderingsmodellen, vergeleken met marktprijzen. In de onderzoeksperiode stonden op de effectenbeurs in Amsterdam in totaal 31 warrants uit, recht gevend op de koop van Nederlandse aandelen, eveneens genoteerd op de effectenbeurs. Na eliminatie van de warrants met bijzondere voorwaarden bleven 24 warrants over, waarvan in totaal gedurende de onderzoeksperiode 1004 waarnemingen bruikbaar bleken te zijn. Modelprijzen zijn berekend met twee modellen, één van de CV-klasse (het Merton model) en één van de CEV-klasse (het Square Root model gecorrigeerd voor continue dividenden). De standaarddeviatie is geschat als de historische standaarddeviatie (HSD) over de periode van 6 maanden voor elk meetmoment.¹⁵ De belangrijkste resultaten zijn opgenomen in tabel 2 (zie p. 167). Uit tabel 2 kan worden geconstateerd dat model-

Tabel 2: Gemiddelde afwijkingen en gemiddelde absolute afwijkingen voor testen van optiewaarderingsmodellen voor Nederlandse warrants

model	gemiddelde absolute afwijking	gemiddelde afwijking
Merton model	50,1%	– 24,7%**
Square Root model gecorrigeerd voor continue dividenden	52,2%	– 31,5%**

** = significant van 0 verschillend op een niveau van 1%.

prijzen voor Nederlandse warrants aanzienlijk lager liggen dan marktprijzen. De gemiddelde afwijking voor het Square Root model bedraagt zelfs ruim 31%. Als we de gemiddelde afwijking voor het Merton model vergelijken met de afwijkingen van de andere CV-modellen uit tabel 1, zien we dat de gemiddelde afwijking zelfs aanzienlijk groter is dan de afwijking voor de Zwitserse warrants. De cijfers in tabel 2 duiden dan ook op een overwaardering van Nederlandse warrants ten opzichte van buitenlandse warrants.¹⁶ In de studie hebben wij ook gekeken naar de verschillen tussen model- en marktprijzen voor langlopende call-opties met een oorspronkelijke looptijd van 5 jaar welke worden verhandeld op de European Options Exchange in Amsterdam.¹⁷ In tabel 3 kan worden gezien dat de gemiddelde afwijking minder groot is dan voor warrants.

Tabel 3: Gemiddelde afwijkingen en gemiddelde absolute afwijkingen voor testen van optiewaarderingsmodellen voor Nederlandse langlopende call-opties

model	gemiddelde absolute afwijking	gemiddelde afwijking
Merton model	29,8%	– 8,9%**
Square Root model gecorrigeerd voor continue dividenden	30,4%	– 13,0%**

** = significant van 0 verschillend op een niveau van 1%.

Dit duidt op een overwaardering van warrants ten opzichte van langlopende call-opties. Dit beves-

tigt de eerder gevonden resultaten van Veld en Verboren (1990, 1992) die individuele vergelijkingen hebben gemaakt van warrants en opties geschreven op hetzelfde aandeel.

6 Verklaringen voor de gevonden waarderingsverschillen

In Veld (1992) zijn mogelijke institutionele verschillen tussen warrants en call-opties¹⁸ onderzocht teneinde de opmerkelijke resultaten, gevonden in het empirisch onderzoek, te verklaren. Dit onderzoek heeft niet geleid tot een bevredigende verklaring voor de prijsverschillen tussen warrants en langlopende call-opties. Ofschoon bijvoorbeeld is gevonden dat transactiekosten voor warrants lager zijn dan voor langlopende call-opties, is ook gevonden dat deze verschillen geleidelijk verdwijnen indien grotere aantallen worden beschouwd. Aangezien onze vergelijking van de prijsvorming van warrants en langlopende call-opties wellicht uniek is in de academische literatuur, is het niet mogelijk om de resultaten te vergelijken met die van eerdere studies. Wij hebben daarom onze toevlucht genomen tot het houden van interviews, een onderzoekstechniek die slechts zelden wordt gebruikt in de beleggings- en financieringsliteratuur. Door middel van deze interviews met grote Nederlandse beleggers hebben wij enige indicaties gevonden dat warrants voornamelijk gehouden worden door kleine (particuliere) beleggers. Bevestigd werd dat kleine beleggers warrants aantrekkelijker kunnen vinden dan langlopende call-opties, omdat transactiekosten voor warrants tot op zekere hoogte lager zijn. Een andere reden is dat warrants een kleinere belegging verlangen dan langlopende call-opties, vanwege het feit dat de warrant-ratio in het algemeen (veel) lager ligt dan de optie-ratio.^{19 20}

Een andere conclusie uit de interviews is dat grote beleggers, voor wie deze factoren minder belangrijk zijn, niet wensen te arbitreren door langlopende call-opties te kopen en tegelijkertijd short te gaan in warrants, omdat het innemen van een short positie in warrants een extra risico inhoudt in de zin dat beleggers die short gegaan

zijn in warrants niet zeker weten of ze op de datum dat de warrants geleverd moeten worden, deze tegen een 'redelijke' prijs kunnen kopen. De aanwijzingen dat Nederlandse warrants meestal gehouden worden door kleine (particuliere) beleggers kunnen ook de overwaardering van Nederlandse warrants, ten opzichte van bijvoorbeeld Japanse warrants, verklaren. Deze laatste worden voornamelijk verhandeld op de markt in Londen, waar handel gewoonlijk plaatsvindt in (zeer) grote aantallen.

7 Samenvatting en conclusies

In dit artikel is aandacht besteed aan de waardering van warrants. Belangrijk verschil tussen een warrant en een call-optie is het feit dat een warrant bij uitoefening recht geeft op de koop van *nieuw* uit te geven aandelen, terwijl een call-optie recht geeft op de koop van *bestaande* aandelen. De prijs die bij warrant-uitoefening voor de nieuw uit te geven aandelen wordt betaald, wordt deel van de activa van de uitgevende onderneming. Dit effect vergt een aanpassing van bestaande optiewaarderingsmodellen voor de waardering van warrants. Recentelijk hebben studies van Bensoussan, Crouhy en Galai (1992) en Schulz en Trautmann (1989) aangetoond dat op een dergelijke manier gecorrigeerde optiewaarderingsmodellen tot vrijwel dezelfde resultaten komen als de oorspronkelijke optiewaarderingsmodellen. Vanuit een praktisch oogpunt komt dit uiteraard zeer goed uit.

In een aantal studies zijn model- en marktprijzen voor buitenlandse warrants vergeleken. De meeste van deze studies komen tot de conclusie dat model- en marktprijzen niet veel van elkaar afwijken. In dit artikel zijn de resultaten gepresenteerd van een onderzoek naar de waardering van Nederlandse warrants. Hierbij is gebleken dat marktprijzen voor Nederlandse warrants hoger liggen dan modelprijzen. Dit duidt op een overwaardering van Nederlandse warrants ten opzichte van buitenlandse warrants. Eveneens is gevonden dat model- en marktprijzen voor Nederlandse langlopende call-opties niet erg sterk verschillen, hetgeen duidt op een overwaar-

dering van Nederlandse warrants ten opzichte van Nederlandse langlopende call-opties. Laatstgenoemde resultaat sluit aan bij resultaten van Veld en Verboven (1992) die individuele vergelijkingen hebben gemaakt voor Nederlandse warrants en langlopende call-opties.

Mogelijke verklaringen voor de overwaardering van warrants ten opzichte van langlopende call-opties zijn gebaseerd op het feit dat Nederlandse warrants vooral aangehouden lijken te worden door kleine (particuliere) beleggers. Hierdoor worden zaken als de lagere transactiekosten voor warrants ten opzichte van langlopende call-opties relatief belangrijk. Bovendien is geconstateerd dat grote beleggers niet wensen te arbitreran in de waarderingsverschillen tussen warrants en langlopende call-opties vanwege de extra risico's die verbonden zijn aan het innemen van een short positie in warrants.

Literatuur

- Beckers, S., 'The constant elasticity of variance model and its implications for option pricing', *The Journal of Finance*, 1980, pp. 661-673.
- Bensoussan, A., Crouhy, M. en Galai, D., 'Black-Scholes approximation of warrant prices', Paper gepresenteerd op het 19e congres van de European Finance Association, Lissabon, augustus 1992.
- Black, F., 'Fact and fantasy in the use of options', *Financial Analysts Journal*, juli/augustus 1975, pp. 36-41 en 61-72.
- Black, F. en Scholes, M., 'The pricing of options and corporate liabilities', *Journal of Political Economy*, 1973, pp. 637-654.
- Cox, J.C. en Ross, S.A., 'The valuation of options for alternative stochastic processes', *Journal of Financial Economics*, 1976, pp. 145-166.
- Cox, J.C., Ross, S.A. en Rubinstein, M., 'Option pricing: a simplified approach', *Journal of Financial Economics*, 1979, pp. 229-263.
- Crouhy, M. en Galai, D., 'Warrant valuation and equity volatility', in: *Advances in futures and options research*, F.J. Fabozzi (red.), JAI Press Inc., 1991, pp. 203-215.
- Ferri, M.G., Kremer, J.W. en Oberhelman, H.D., 'An analysis of the pricing of corporate warrants', *Advances in Futures and Options Research*, 1986, pp. 201-226.
- Ferri, M.G., Moore, S.B. en Schirm, D.C., 'Investor expectations about callable warrants', *The Journal of Portfolio Management*, Spring 1988, pp. 84-86.
- Galai, D., 'A survey of empirical tests of option-pricing models', in: *Option pricing*, M. Brenner (red.), D.C. Heath, Lexington (Massachusetts), 1983, pp. 45-80.
- Galai, D., 'A note on 'Equilibrium warrant pricing models and accounting for executive stock options'', *Journal of Accounting Research*, 1989, pp. 313-315.

- Galai, D. en Schneller, M.I., 'Pricing of warrants and the value of the firm', *The Journal of Finance*, 1978, pp. 1333-1342.
- Gemmil, G., 'The pricing of Euromarket warrants on Japanese stocks: a preliminary study', in: *A reappraisal of the efficiency of financial markets*, R.M.C. Guimaraes, B.G. Kingman en S.J. Taylor (red.), Springer-Verlag, Berlijn (Duitsland), 1989, pp. 769-793.
- Gemmil, G., *Options pricing: an international perspective*, McGraw-Hill Book Company Europe, Maidenhead (Engeland), 1993.
- Hull, J., *Options, futures, and other derivative securities*, Prentice Hall, Englewood Cliffs (New Jersey), 1989.
- James Capel, *European Derivative Products*, James Capel & Co. Limited, Londen, februari 1991.
- Jarrow, R.A. en Rudd, A., *Option pricing*, Richard D. Irwin, Homewood (Illinois, VS), 1983.
- Kemna, A., Berkman, H. en Vermeulen, L., *Vijf jaar vijf-jaars opties*, EOE-Optiebeurs, mei 1992.
- Lauterbach, B. en Schultz, P., 'Pricing warrants: an empirical study of the Black-Scholes Model and its alternatives', *The Journal of Finance*, 1990, pp. 1181-1209.
- Leonard, D.C. en Solt, M., 'On using the Black-Scholes model to value warrants', *The Journal of Financial Research*, 1990, pp. 81-92.
- Lim, K.G. en Phoon, K.F., 'Testing the warrant pricing model', *Economics Letters*, 1991, pp. 451-455.
- MacBeth, J.D. en Merville, L.J., 'Tests of the Black-Scholes and Cox call option valuation models', *The Journal of Finance*, 1980, pp. 285-301.
- Merton, R.C., 'Theory of rational option pricing', *Bell Journal of Economics and Management Science*, 1973, pp. 141-183.
- Noreen, E. en Wolfson, M., 'Equilibrium warrant pricing models and accounting for executive stock options', *Journal of Accounting Research*, 1981, pp. 384-398.
- Rubinstein, M., 'Nonparametric tests of alternative option pricing models using all reported trades and quotes on the 30 most active CBOE option classes from August 23, 1976 through August 31, 1978', *The Journal of Finance*, 1985, pp. 455-480.
- Schulz, G.U. en Trautmann, S., 'Valuation of warrants - theory and empirical tests for warrants written on German stocks', *Working Paper, Universität Stuttgart*, Stuttgart (Duitsland), oktober 1989.
- Stucki, T. en Wasserfallen, W., *Pricing of warrants - an empirical evaluation*, Working Paper, Study Center Gerzensee (Foundation of the Swiss National Bank), Gerzensee (Zwitserland), 1991.
- Trautmann, S., 'Warrant pricing - some empirical findings for warrants written on German stocks', *Methods of Operations Research*, 1986, pp. 293-306.
- Veld, C., *Analysis of equity warrants as investment and finance instruments*, Tilburg University Press, Tilburg, 1992a.
- Veld, C., 'Motieven voor de uitgifte van warrant-leningen', *Maandblad voor Accountancy en Bedrijfseconomie*, November 1992b, pp. 530-537.
- Veld, C. en Verboven, A., 'De waardering van aandelenwarrants en langlopende call-opties', *Maandblad voor Accountancy en Bedrijfseconomie*, 1990, pp. 201-211.
- Veld, C. en Verboven, A., *Anomalies in the pricing of warrants versus the pricing of long term call-options*, Paper gepresenteerd op het 19e congres van de European Finance Association, Lissabon, augustus 1992.
- Verboven, A., 'De waardering van Amerikaanse aandelenopties met discrete dividenduitkeringen', *Bedrijfskunde*, 1989, pp. 86-93.

Noten

- 1 De auteur dankt Drs. M.R.R. van Bremen en Drs. P.J.W. Duffhues, verbonden aan de sectie Ondernemingsfinanciering van de KUB, voor hun kritische opmerkingen bij een eerdere versie van dit artikel.
- 2 Voor een uitbreiding van dit onderzoek wordt verwezen naar Veld en Verboven (1992).
- 3 Voor een uitgebreide bespreking zie Veld (1992a), in het bijzonder hoofdstuk 3 en 4. Overigens worden in deze studie ook andere aspecten van warrants besproken, zoals de plaatsbepaling (hoofdstuk 2), het gebruik door Japanse ondernemingen (hoofdstuk 7) en motieven voor de uitgifte (hoofdstuk 5 en 6). Aangaande het laatstgenoemde onderwerp wordt ook verwezen naar een recent artikel in dit maandblad (zie Veld (1992b)).
- 4 Zie Cox en Ross (1976) en Beckers (1980).
- 5 Het Black/Scholes-model gecorrigeerd voor continue dividenden wordt in het algemeen aangeduid als het Merton (1973) model.
- 6 Zie Cox, Ross en Rubinstein (1979) en Verboven (1989).
- 7 Zie Jarrow en Rudd (1983, pp. 148-149) en Hull (1989, pp. 131-133).
- 8 Zie Trautmann (1986) en Schulz en Trautmann (1989).
- 9 Zie bijvoorbeeld Noreen en Wolfson (1981), Ferri, Kremer en Oberhelman (1986) en Leonard en Solt (1990).
- 10 Zie Gemmil (1993) voor een uitgebreide uitleg.
- 11 Zoals in noot 9 is aangegeven hebben Noreen en Wolfson (1981) warrant-prijzen berekend met optiewaarderingsmodellen waarbij de uitkomst, ten onrechte, is vermenigvuldigd met de verwateringsfactor: $1/(1+q)$. In hun studie hebben zij ook resultaten opgenomen waarbij modelprijzen *niet* zijn gecorrigeerd voor de verwateringsfactor. Laatstgenoemde resultaten zijn opgenomen in tabel 1.
- 12 Door middel van een t-toets is getest of de gemiddelde afwijkingen significant van 0 verschillen. Dit is uiteraard niet getoetst voor de gemiddelde absolute afwijkingen.
- 13 Indien in deze of de volgende paragrafen wordt gesproken over het Square Root model, wordt bedoeld het Square Root model gecorrigeerd voor continue dividenden.
- 14 Voor een uitgebreide bespreking van de resultaten van Lauterbach en Schultz (1990), alsmede van andere warrant waarderingsstudies, zoals Ferri, Kremer en Oberhelman (1986), Leonard en Solt (1990) en Lim en Phoon (1991) wordt verwezen naar Veld (1992a).
- 15 In Veld (1992a) zijn in navolging van de studies besproken in paragraaf 4, ook afwijkingen berekend met de HSD van 1 jaar voor elk meetmoment. In dat geval traden echter belangrijke verschillen op tussen de resultaten van de sub-periode 1988 enerzijds en de subperiodes 1987 en 1989 anderzijds. Oorzaak hiervan was dat de beurskrach van oktober 1987 zijn invloed op de gehele onderzoeksperiode van 1988 deed gelden. Om deze reden menen wij dat in elk geval gedurende onze onder-

zoekperiode, de 6-maands HSD een realistischer schatting is van de standaarddeviatie dan de 1-jaars HSD. Zie Veld (1992a) voor een verdere toelichting op het empirisch onderzoek.

16 In deze context is het ook interessant te wijzen op een publicatie van James Capel (1991). Deze Engelse investment bank, die andere maatstaven gebruikt dan door ons zijn gehanteerd, constateert in februari 1991 (p. 29): *the Dutch derivative market continues to be dominated by options, with warrants, by and large suffering from (...) high premia*.

17 Voor een uitgebreide bespreking van de karakteristieken van langlopende call-opties, alsmede van de handel in langlopende call-opties, wordt verwezen naar Kemna, Berkman en Vermeulen (1992).

18 Zoals bijvoorbeeld belastingen, bescherming tegen dividend-uitkeringen, transactiekosten enzovoort.

19 De warrant-ratio (optie-ratio) geeft het aantal aandelen aan dat met één warrant (optie) kan worden gekocht.

20 Tot nu toe is de relatie tussen de waardering van warrants en langlopende call-opties alleen onderzocht voor Nederland. Teneinde deze relatie goed te kunnen begrijpen is ook empirisch onderzoek voor andere markten gewenst. Sinds oktober 1990 zijn ook langlopende call-opties met een initiële looptijd van 2 jaar geïntroduceerd op de Chicago Board of Options Exchange (CBOE). Wij merken op dat het hierdoor eveneens mogelijk wordt om de waardering van warrants ten opzichte van langlopende call-opties te vergelijken voor de Amerikaanse markt.