

Het effect van innovatie op de marktwaarde: Een onderzoek naar de chipindustrie

Abstract: Als resultaat van snelgroeiende vooruitgangen binnen de chipindustrie is innovatie steeds belangrijker geworden. In dit onderzoek stond de vraag centraal in hoeverre innovatie effect heeft op de marktwaarde van een chipbedrijf. De Tobin's q is in dit onderzoek gebruikt als proxy voor de marktwaarde. Hierbij is gebruik gemaakt van een sample bestaande uit 85 bedrijven binnen de chipindustrie in de periode van 2009 tot en met 2016. De resultaten suggereren dat R&D-investeringen een positieve associatie hebben met het aantal goedgekeurde patenten. Daarnaast hebben R&D-investeringen een positief effect op de marktwaarde. Voor grote bedrijven is dit effect van R&D-investeringen op de marktwaarde groter dan voor kleinere bedrijven. Er is echter geen significant effect gevonden tussen het aantal goedgekeurde patenten en de marktwaarde, onafhankelijk van de grootte van het bedrijf. Het model is getest op zijn robuustheid door het rendement op activa te gebruiken als afhankelijke variabele in plaats van de Tobin's q .

Kernwoorden: *chipindustrie, patenten, R&D, Tobin's q , marktwaarde*

JEL Classificatie: O32, C33, L63

Auteur: D.J.L. Holman
Student nummer: 414473
Scriptiebegeleider: Dr. J.J.G. Lemmen
Datum: 20-07-2018

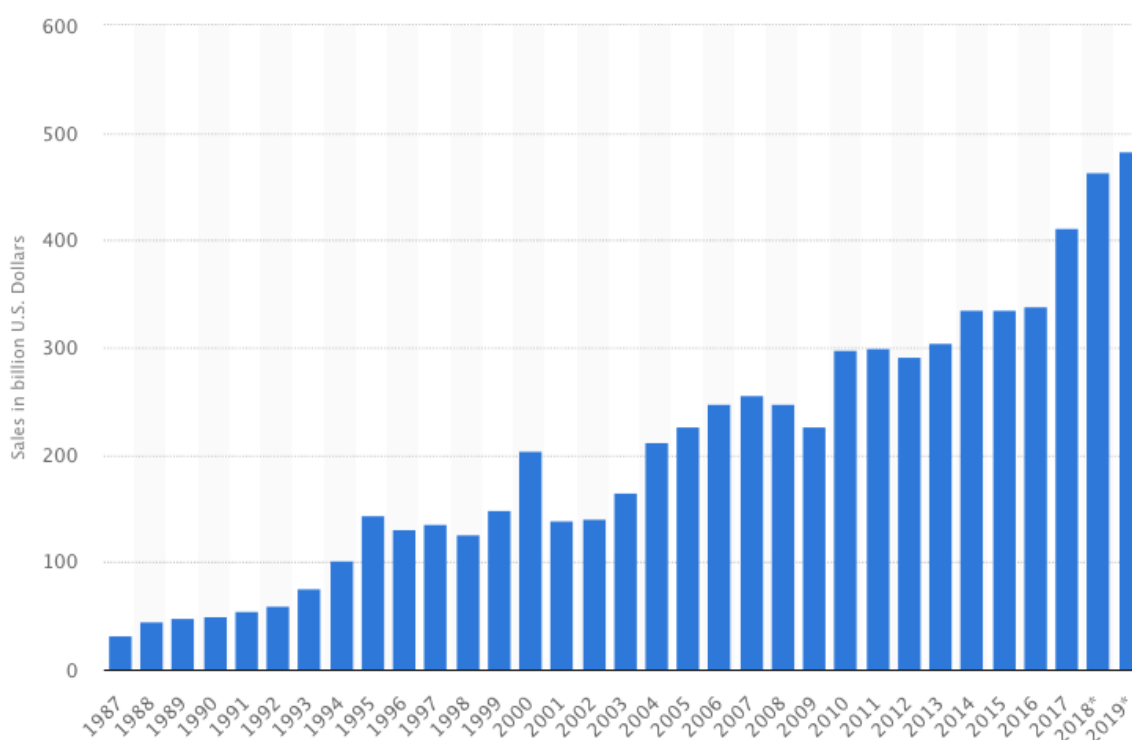
Inhoud

Inhoud	ii
1 Inleiding	1
1.1 Academische bijdrage	4
1.2 Leeswijzer	4
2 Literatuur	6
2.1 R&D-investeringen	6
2.2 Patenten	7
2.3 R&D-investeringen en patenten	7
2.4 De relatie tussen R&D-investeringen en de marktwaarde van een bedrijf	8
2.5 Patenten relatie tot marktwaarde bedrijf	9
2.6 Het effect van bedrijfs grootte	10
3 Data en Methodologie	11
3.1 Data	11
3.2 Variabelen	12
3.2.1 Afhankelijke variabelen	12
3.2.2 Onafhankelijke variabelen	13
3.3 Het Model	14
3.3.1 Model Hypothese 2	14
3.3.2 Model Hypothese 3	16
4 Resultaten	18
Tabel 3: Regressiemodellen	20
4.1 R&D-regressie volledige sample	21
4.2 Patenten regressie volledige sample	21
4.3 Bedrijfs grootte effecten	22
4.3.1 R&D-investeringen	22
4.3.2 Patenten	23
4.4 Robuustheidstest	23
5 Conclusie	26
6 Limitaties	29
Literatuurlijst	30
7 Appendix	33

7.1	APPENDIX A: Sample Bedrijven	33
7.2	APPENDIX B: Model Testen	34
7.2.1	Appendix B1 Heteroskedasticiteit Testen.....	34
7.2.2	Appendix B2 Multicollineariteit Testen	35
7.2.3	Appendix B3 Autocorrelatie Testen	36
7.2.4	Appendix B4 Fixed/Random Effects Model.....	36
7.3	APPENDIX C: Robuustheidstest effect op het ROA	37

1 Inleiding

Als gevolg van de snelgroeiende vooruitgang binnen de chipindustrie is innovatie steeds belangrijker geworden. De aandelen van bedrijven actief binnen de chipindustrie zijn het afgelopen decennium gemiddeld met bijna 100% in waarde toegenomen. Figuur 1 toont de groei van deze industrie over het tijdsbestek van 1987 tot 2019. Over 2018 wordt verwacht dat binnen deze markt wereldwijde verkopen worden gegenereerd met een waarde van \$463.41 miljard. Illustratief voor de enorme groei binnen de chipindustrie is het feit dat de waardes van de verkopen in 2008 ongeveer de helft waren van de voorspelde waardes over 2018. Deze groei vloeit voort uit de volgende drie voornaamste drijfkrachten: (1) wereldwijde macro economische ontwikkelingen, (2) exponentiële groei van technologische ontwikkelingen en (3) stijgende vraag naar chipproducten in de BRIC-landen (Brazilië, Rusland, India, China) (McKinsey, 2017; Jelinek, 2013).



Figuur 1: Verkoopcijfers Chipindustrie 1987-2019

Bron: Statista

De chipindustrie is afhankelijk van de snelheid, de grootte en de productiekosten van chips. Sterke competitie en snelle innovaties kunnen leiden tot kostenverlaging van de chipproductie, wat er vervolgens in resulteert dat gemoeide bedrijven binnen enkele maanden

dit binnen hun bedrijfsvoering kunnen vertalen in een aanzienlijk daling van de chipprijs. (McKinsey, 2017). Hierdoor ondervinden bedrijven binnen de chipindustrie een constant aanhoudende druk om betere én goedkopere chips te produceren. Zo moeten chipfabrikanten doorlopend blijven innoveren, zelfs wanneer de vraag naar chips afneemt. Het is dus van essentieel belang voor het voortbestaan als chipproducent dat er binnen de bedrijfsvoering voldoende tijd, aandacht en middelen worden besteed aan innovatie teneinde te kunnen (blijven) concurreren binnen deze industrie. Deze innovatiekosten komen doorgaans ten laste van R&D-budgetteringen en -investeringen. Naast het voorblijven op de concurrent, dienen chipproducenten gebruikmakend van deze investeringen te voldoen aan de verwachtingen die de wet van Moore stelt. Moore, oprichter van chipfabrikant Intel, toont dat het aantal transistors in een chip door de snelle technologische ontwikkelingen elke twee jaar verdubbelt (Aubry, 2012). Kortom, binnen de chipindustrie dienen er hoge kapitaalkosten te worden gemaakt om voor te blijven op de concurrent, waarbij een groot deel naar R&D-faciliteiten zal gaan om de noodzakelijke voortschrijdende innovatie te kunnen realiseren. Een ander groot deel van de kapitaalkosten wordt veroorzaakt door het vereiste om te beschikken over hypermoderne faciliteiten, alwaar deze chips kunnen worden gefabriceerd. De faciliteit van ASML in Eindhoven is hier een geschikt voorbeeld van. ASML is een chipbedrijf gevestigd in Nederland, dat investeert in R&D waardoor zij baanbrekende innovaties in de chipindustrie bewerkstelligt. Mede door een goed doordachte mediastrategie in Nederland zijn de ASML-aandelen de afgelopen jaren significant gestegen.

De huidige markt wordt gekenmerkt door enorme concurrentie tussen bedrijven onderling, alsook tussen landen. Op het moment is de Verenigde Staten van Amerika (VS) marktleider binnen de chipindustrie. China heeft echter de grootste markt voor de afzet van chips tot haar beschikking, maar produceert zelf slechts 16% van de chips die in China worden benuttigd. Op het moment verwerft China het merendeel van de chips van bedrijven uit de VS (voornamelijk van de marktleiders NVIDIA en Intel). Zo importeert China jaarlijks \$200 miljard aan chips. De Chinese overheid is echter bezig met een plan om zelf \$32 miljard te investeren in de chipindustrie om zo op technologisch vlak onafhankelijk te worden van zowel de VS alsook van de bedrijven die marktleiders zijn (Winter, 2018). Binnen de VS is de concurrentie eveneens erg hoog waardoor er veel fusies en overnames plaatsvinden. Zo bracht Broadcom in februari een bod van \$117 miljard uit op zijn concurrent Qualcomm, wat resulteerde in hoge prijsstijgingen van beide bedrijven op de beurs en een blokkade van Donald Trump (Reuters, 2018).

Substantiële investeringen zijn nodig voor de ontwikkeling van chips om marktaandeel te kunnen verwerven binnen het marktdomein van de kunstmatige intelligentie. Kunstmatige intelligentie wordt gezien als de toekomst waar elk zichzelf respecterende chipproducent deel van uit wil maken. Bedrijven binnen deze industrie streven er uiteraard naar om voor te lopen op de concurrentie om zo in de toekomst een aandeel te hebben in de markt van de kunstmatige intelligentie. Een dusdanige ambitie gaat zich niet vanzelf realiseren en gaat gepaard gaan met hoge innovatiekosten, in dit geval hoge R&D-investeringen. R&D-kosten zijn een van de belangrijkste innovatiekosten binnen deze kosten en bepalen hierdoor grotendeels de marktmacht van een bedrijf actief binnen deze industrie. Op dit moment bezitten de top 10 bedrijven binnen de chipsector gezamenlijk een marktaandeel van 58,4% (Gartner, 2018) waarbij Samsung Electronics marktleider is met een aandeel van 14,6%.

Om deze ontwikkelingen te beschermen maken chipproducenten veelvuldig gebruik van het patenteren van innovaties. Patenten kunnen een ‘incentive’ opleveren in het innovatie-traject omdat andere bedrijven hierdoor niet in staat zijn deze innovaties te gebruiken (Cohen et al., 2012). De R&D-investeringen worden gezien als input van innovatie waarbij patenten als output worden gezien. Hoe innoverend een bedrijf opereert wordt veelal gemeten aan de hand van de patenten en R&D kosten. Vooral in de chipindustrie waar de druk op innovatie zeer hoog is, is het interessant om te onderzoeken wat de effecten van deze innovatie zijn. Op de beurzen zijn veel prijsschommelingen te zien en de chipindustrie bevindt zich op zijn hoogste waarde ooit genoteerd. Sommige critici zien vergelijkingen met de dot-com crisis in 1999 (Lim, 2017). Met dit onderzoek wordt getracht inzicht te verkrijgen in hoeverre de grote stijgingen in marktwaardes van bedrijven te verklaren zijn door innovatie binnen de chipindustrie. Hierbij zal onderzocht worden of innovatie vanuit het perspectief van een chipbedrijf de marktwaarde verhoogt door middel van het beantwoorden van de volgende onderzoeksvraag:

In hoeverre heeft innovatie effect op de marktwaarde van een chipbedrijf?

Innovatie zal in dit onderzoek gemeten worden aan de hand van R&D-investeringen en het aantal patenten welke jaarlijks worden goed gekeurd. Hierbij zal gekeken worden naar het effect op de marktwaarde van het bedrijf wanneer het bedrijf zijn patentaanvragen verhoogt en of deze verhoging effect heeft op de marktwaarde. Voor het bepalen van de marktwaarde

zal de Tobin's q gebruikt worden. De Tobin's q is een meetwaarde die veel wordt toegepast in de Finance sector en is een fractie van de marktwaarde van een bedrijf en de boekwaarde van haar activa (Lindenberg & Ross, 1981). Tobin's q geeft de prestatie van een bedrijfsvoering weer aan de hand van op de markt gebaseerde waardes. Een lage Tobin's q (lager dan 1) betekent dat een bedrijf ondergewaardeerd is. Een Tobin's q hoger dan 1 wordt gezien als een overgewaardeerd bedrijf (Hall, 2000). De andere variabele die in het model worden gebruikt zullen in het data hoofdstuk worden besproken.

1.1 Academische bijdrage

Eerdere onderzoeken hebben aangetoond dat er zowel significante als niet-significante effecten zijn op de marktwaarde met betrekking tot patentaanvraag en R&D-investeringen. Naast de onderzoeken die zijn gedaan naar patenten en het effect op marktwaarde, zijn er ook onderzoeken gedaan naar het effect op de marktwaarde na het veranderen van de R&D kosten. Deze thesis zal pogen dit beeld samen te voegen en zich focussen op een industrie die met betrekking tot R&D en patenten zeer relevant is, de chipindustrie. De chipindustrie is hierbij zeer relevant, vanwege de hoge mate van R&D-intensiteit en de hoge marktwaardes. Er is geen literatuur bekend van een onderzoek naar de effecten van R&D-investeringen of patenten op de marktwaardes binnen de chipindustrie. Wel is er veel onderzoek gedaan naar het effect van R&D op marktwaardes of patenten op marktwaardes (Cockburn & Crilches, 1987). Dit onderzoek tracht dan ook een bijdrage te leveren aan de huidige literatuur met betrekking tot R&D en patenten en het effect daarvan op de marktwaardes van bedrijven.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk twee wordt het literatuuronderzoek weergegeven. De twee belangrijke begrippen *patenten* en *R&D-investeringen* zullen kort worden toegelicht. Aan de hand van de bestaande literatuur worden de hypothesen gevormd voor de onderzoeksvraag. Vervolgens zal in hoofdstuk drie de methodiek van dit onderzoek aan bod komen. Hierin wordt omschreven welke data, welke methoden en welk model wordt gebruikt om de hypothesen te kunnen testen. Vervolgens zullen de resultaten van het onderzoek worden toegelicht. In dit resultatenonderzoek zal ook een robuustheidstest worden gedaan door de afhankelijke variabelen te veranderen. Daarna wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag door antwoord te geven op de hypothesen. Tot slot worden de limitaties van het onderzoek weergegeven.

2 Literatuur

In dit hoofdstuk zal bestaande literatuur met betrekking tot het onderzoeksonderwerp worden besproken. Eerst zullen de belangrijke begrippen zoals R&D-investeringen en patenten aan bod komen. Vervolgens zal de literatuur over de relatie tussen deze twee variabelen worden besproken. Als laatste zal de literatuur van de relatie tussen de variabelen en de marktwaardes van bedrijven worden besproken.

Ook zullen in dit hoofdstuk de hypothesen worden toegelicht aan de hand van de bestaande literatuur. De gevormde hypothesen worden getest om vervolgens antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag.

2.1 R&D-investeringen

R&D is de afkorting voor 'Research & Development'. R&D-investeringen worden gedaan om onderzoek en de ontwikkeling van nieuwe producten te bekostigen. Een R&D-investering is een lange termijn investering met onzekere toekomstige baten. Dit vergt meestal een grote investering en wordt, mits het project succesvol blijkt, in de meeste gevallen op lange termijn pas terugverdiend (Chan et al., 2001). Een van de meest voorkomende manieren om innovatie te waarderen zijn R&D-investeringen. Ondanks dat er veel geschreven is over R&D-investeringen en het effect op verscheidene variabelen, zijn er twee stromingen in het onderzoek omtrent R&D-investeringen die steeds naar voren blijven komen. Een daarvan is het meten van de impact van R&D-investeringen op de productiviteit. Productiviteit is een variabele die gemeten kan worden door bijvoorbeeld winstgroei (Coad & Rao, 2010). De tweede stroming binnen het onderzoek omtrent R&D-investeringen is de impact van R&D-investeringen in de marktwaarde van een bedrijf (Toivanen et al., 2002). Beide methoden hebben zowel voor- als nadelen. Mocht er gebruik worden gemaakt van de methode naar R&D-investeringen en het effect op de winstgroei, dan laat dit maar een klein deel zien van de economische situatie van een bedrijf. Om deze reden prefereren vele onderzoekers de methode die het effect van R&D-investeringen op de marktwaarde van een bedrijf weergeeft. Dit onderzoek zal zich dan ook baseren en toespitsen op deze laatstelijk genoemde methode.

2.2 Patenten

Bedrijven streven ernaar hun winsten te maximaliseren. Om dit mogelijk te maken kan een bedrijf onder andere competitief voordeel behalen door haar innovaties te patenteren (Graham et al., 2009). Het aantal goedgekeurde patenten van een bedrijf wordt gezien als een van de meest doelgerichte middelen om innovatie output te meten (Grupp, 1998). Zodra een patent goedgekeurd wordt, zal een publiek rapport uitgebracht worden met de specificaties van het patent. Met een patent kan een bedrijf een korte of lange termijn monopoly behalen van hun technologie en op deze manier innovatie versnellen (Hall et al., 2010). Andere onderzoekers zijn echter van mening dat patentaanvragen innovatie juist ontmoedigen doordat de meeste patenten van lage kwaliteit zijn en hierdoor niet resulteren in nieuwe innovaties (Barton, 2000; Hunt, 2001).

2.3 R&D-investeringen en patenten

Eerdere onderzoeken toonden een positief effect tussen R&D-kosten en patenten activiteit (Hall & Ziedonis, 2001). R&D-kosten spelen een belangrijke rol in het ontwikkelen van nieuwe kennis wat weer effect heeft op innovatie. Innovatie maakt het voor bedrijven mogelijk om voor te lopen op de concurrent, waardoor zij in staat zijn grotere marktaandeelen te bemachtigen (Alexy et al., 2013). Patenteren wordt gezien als de beste manier om R&D-output te beschermen tegen mogelijke concurrentie. Op deze manier kan een sterk competitief voordeel worden behaald of behouden (Ceccagnoli, 2009). Door te investeren in R&D kan een bedrijf interne en/of externe kennis op een efficiëntere manier verkrijgen, wat de kans op een potentieel patent vergroot (Nocholls-Nixon et al., 2003). Het investeren in kennis is niet alleen positief geassocieerd met creativiteit en innovatie, maar ook met waardecreatie die ontstaat door patenten (Kaplan & Vaklii, 2015).

Ook zijn er onderzoeken die uitwijzen dat de patentaanvragen dalen wanneer R&D-investeringen stijgen (Hagedoorn & Duysters, 2002). Dit fenomeen kan worden verklaard door (1) de hoge patentkosten, (2) weinig beschikbare informatie omtrent innovatie en (3) door het bewust verbergen van informatie voor de concurrentie (Zahra & Bogner, 2000). Deze bevindingen leiden tot de eerste hypothese:

Hypothese 1: R&D-investeringen hebben een positieve associatie op het aantal goedgekeurde patenten

2.4 De relatie tussen R&D-investeringen en de marktwaarde van een bedrijf

R&D-investeringen worden gezien als investeringen die een bijdrage dienen te leveren aan de groei van een bedrijf op lange termijn. Hierbij fungeren deze investeringen als innovatie binnen een bedrijf. Wanneer deze investeringen op een succesvolle manier worden benut, zal een bedrijf zich in de toekomst kunnen onderscheiden van de concurrentie (Chan et al., 2001). Een eerder onderzoek van Chan et al. (1990) toonde aan dat de markt positief neigt te reageren op geplande verhogingen van R&D-investeringen. Ook blijkt dat de markt negatief reageert op verlaging van R&D-investeringen. De markt ziet R&D-verhoging als een positief signaal, waar een verlaging wordt gezien als een negatief signaal. Hiermee kan worden gesuggereerd dat investeerders niet alleen letten op korte termijn inkomsten wanneer zij aandelen aanschaffen. Vele onderzoeken (Chan et al., 2001; Bosworth & Rogers, 2001) tonen een positieve correlatie tussen R&D-investeringen en het rendement in de daaropvolgende periode. Gupta et al. (2017) tonen dat in ontwikkelingslanden het positieve effect van R&D-investeringen op de Tobin's q vooral te zien is in industrieën met weinig competitie. Daarnaast tonen zij ook aan dat in verder ontwikkelde landen het positieve effect van R&D-investeringen op de Tobin's q te zien is in elke industrie onafhankelijk van de competitie. Chauvin en Hirschey (1993) vonden in hun onderzoek naar het effect van advertenties en R&D-investeringen op de marktwaarde van een bedrijf, gemeten als de Tobin's q, een positief effect. Ook toonden zij aan dat R&D-investeringen een groter effect heeft op de marktwaarde bij grotere bedrijven dan kleinere bedrijven. Connolly en Hirschey (2005) bestudeerden het effect van de grootte van een bedrijf en R&D op de Tobin's q. Zij concludeerden dat het rendement op R&D-investeringen sterker is voor grotere bedrijven. Ook stellen zij dat R&D een positief effect heeft op Tobin's q en geven aan dat Tobin's q een goede afhankelijke variabele is om het effect van R&D-investeringen te meten.

Shin et al. (2017) hebben onderzoek gedaan naar het effect van R&D-investeringen op de Tobin's q en het ROA binnen de chipindustrie. Zij maakten een onderscheid tussen chipbedrijven die volledig verticaal geïntegreerd zijn en chipbedrijven die het produceren van chips uitbesteden. In het onderzoek van Shin et al. (2017) wordt een negatief effect gevonden van R&D-investeringen op de Tobin's q en het ROA, zowel voor bedrijven die het productieproces uitbesteden als bedrijven die de productie zelf doen. Dit resultaat komt niet overeen met eerder onderzoek naar het effect van R&D-investeringen op de Tobin's q. Deze bevindingen leiden tot de tweede hypothese:

Hypothese 2: R&D-investeringen hebben een significant positief effect op de marktwaarde van een chipbedrijf.

2.5 Patenten relatie tot marktwaarde bedrijf

Grilches deed in 1981 onderzoek naar R&D-investeringen en patenten en of dit significant effect heeft op de marktwaarde van een bedrijf. Hierbij suggereerde Grilches dat R&D-investeringen een immateriële waarde creëert voor een bedrijf. Grilches (1981) toonde ook aan dat het aantal goedgekeurde patenten van een bedrijf in relatie staat tot de marktwaarde van het bedrijf. Een eerdere studie van Grilches (1980) concentreerde zich op het effect van patenten op de marktwaarde. Dit onderzoek toont aan dat het hebben van een aantal goedgekeurde patenten positieve effecten genereert op de marktwaarde van het bedrijf voor zowel de korte als lange termijn. Ook is onderzoek gedaan naar de relatie tussen marktwaarde van het bedrijf en het aantal patenten in de biotechnologie-industrie in de Verenigde Staten (Austin, 1993). De resultaten van het onderzoek naar patenten in de biotechnologie industrie illustreren heel concreet dat twee dagen nadat een patent was goedgekeurd, een stijging van 1,2% per patent van de bedrijfswaarde plaatsvond (Austin, 1993). Hall et al. (2000) hebben door middel van het aantal keer een patent is geciteerd onderzocht wat de waarde en de relevantie van het betreffende patent is. Dit onderzoek hebben zij ten aanzien van meerdere patenten uitgevoerd. Zij stellen dat een groot deel van de marktreactie verklaard kan worden door het wijzigen van R&D-kosten. Toch schuilt er veel informatieve waarde in het aantal citaten van één patent. Grilches (2007) heeft het effect na een plotselinge verhoging of verlaging van R&D-kosten op patentaanvragen onderzocht. Uit dit onderzoek wordt geconcludeerd dat wanneer een bedrijf patenten in zijn bezit heeft die veel worden geciteerd, dit een significant positief effect heeft op de marktwaarde van het bedrijf. Een ander onderzoek van Hall et al. (2000) analyseert het effect van patenten op de marktwaarde waarbij zij gebruik maken van de NBER-patenten database. Deze data voegen zij samen met de COMPUSTAT-database om zo het effect van patenten op bedrijf en marktwaarde te onderzoeken. Deze patenten database omvat data van patenten binnen de VS van 1976-2006. In dit onderzoek stellen de auteurs dat er een positief effect is van patent aanvragen op de marktwaarde. De marktwaarde van bedrijven is in dit onderzoek van Hall et al. (2000) gemeten conform de Tobin's q methode. Een onderzoek van Shin et al. (2017) toonde het effect van het aantal patenten per werknemer en de R&D-intensiteit op de Tobin's q en het rendement op activa aan (ROA). Zij toonden een positief significant effect aan voor het

rendement op activa, maar konden geen significant effect vinden voor het effect van het aantal patenten per werknemer op de Tobin's q. Een onderzoek van Sher en Yang (2005) toonde geen significant effect van patenten op het ROA, wel toonden zij een significant effect van R&D-investeringen op het ROA. Deze bevindingen leiden tot de derde hypothese:

Hypothese 3: Het aantal goedgekeurde patenten hebben een significant positief effect op de marktwaarde van een chipbedrijf.

2.6 Het effect van bedrijfsgrootte

In de al eerdergenoemde onderzoeken van Connolly en Hirschey (2005) en van Chauvin en Hirschey (1993) werd het belang van de grootte van een bedrijf aangetoond. In beide onderzoeken werd aangetoond dat voor grotere bedrijven het effect van R&D-investeringen op de marktwaarde groter is dan voor kleinere bedrijven. Eerdere onderzoeken met betrekking op patenten en marktwaarden maakten geen onderscheid in het effect tussen grotere en kleinere bedrijven. In dit onderzoek zal ook worden onderzocht of er onderscheid is tussen grotere en kleinere bedrijven met betrekking tot het effect van R&D-investeringen en patenten op de marktwaarde. Aan de hand van de voorafgaand omschreven literatuur is er een vierde hypothese tot stand gekomen:

Hypothese 4: Het effect van R&D-investeringen en patenten op de marktwaarde is groter voor grotere bedrijven.

3 Data en Methodologie

3.1 Data

Om het effect van R&D-investeringen en patenten op de marktwaardes te bepalen is de dataset verkregen via de ORBIS-database. ORBIS is een database met meer dan 70.000 beursgenoteerde bedrijven, waarbij financiële informatie over meer dan 275 miljoen bedrijven wereldwijd beschikbaar is. ORBIS bevat daarnaast ook een database met specifieke patentinformatie per bedrijf. De bedrijven zijn gefilterd op SIC-code (Standard Industrial Code) 3674, wat de SIC-code voor de chipindustrie is. Daarnaast zijn de volgende zeven variabelen verkregen via de ORBIS-database: (1) omzet, (2) rendement op activa, (3) marktkapitalisatie, (4) aantal werknemers, (5) R&D-kosten, (6) schulden en (7) de totale activa. Naast de SIC-code is het van belang dat bedrijven op de beurs genoteerd zijn, omdat het anders niet mogelijk is om de Tobin's q te berekenen. In dit onderzoek is gekozen voor de periode van 2009 tot en met 2016. De variabelen die gebruikt worden in dit onderzoek zijn jaarlijks geobserveerd.

Omdat meerdere observaties worden gedaan op verschillende momenten wordt in dit onderzoek gebruik gemaakt van panel data. Hierbij is sprake van een cross-sectie en een tijdreeks gedeelte. Er bestaat nog geen dataset waarbij het aantal goedgekeurde patenten per jaar per bedrijf worden weergegeven. Wel beschikt NBER over een dataset van patenten die gelinkt kan worden met COMPUSTAT-data. Deze data betreft echter alleen de patenten uit de Verenigde Staten tussen 1976 tot 2006. Deze database is dus niet relevant voor dit onderzoek, en is dus niet gebruikt. Wel is deze door veel academici gebruikt in hun onderzoeken naar het effect van patenten op marktwaardes (Hall et al., 2001; Hall et al., 2000; Hall, 2000). Door in dit onderzoek meer recente data te gebruiken is het mogelijk een beter beeld te krijgen van de huidige situatie. Vandaar dat gekozen is om het aantal goedgekeurde patenten te verkrijgen via de zoekfunctie in ORBIS, wat dan ook handmatig per bedrijf is opgezocht. Na de selectie van het opnemen van louter de bedrijven met patenten zonder missende data, is een dataset van 85 actieve bedrijven die wereldwijd actief zijn binnen de chipindustrie. De selectieprocedure is te vinden in tabel 4 ([Appendix A](#)). Hierbij is de missende data van de ORBIS-database verkregen via de COMPUSTAT-database. De dataset bestaat uit grote bedrijven, maar ook uit kleinere bedrijven die actief zijn binnen de chipindustrie. Deze sample geeft vanwege zijn diversiteit een goed beeld weer van de chipindustrie. In dit onderzoek zijn voor het testen van hypothese 4 aparte regressies uitgevoerd. Namelijk voor grote bedrijven. Dit zijn bedrijven met meer dan 10.000

werknemers. Verder zijn er regressies uitgevoerd voor relatief kleinere bedrijven. Dit zijn bedrijven met minder dan 10.000 werknemers. Hierdoor is het mogelijk te bekijken of het effect van patenten en R&D-investeringen groter is voor grote bedrijven, zoals omschreven in het literatuurhoofdstuk (Connolly & Hirschey, 2005; Chauvin & Hirschey, 1993). Alle chipbedrijven die gebruikt zijn in dit onderzoek zijn weergegeven in [Appendix A](#).

3.2 Variabelen

Aan de hand van een histogram, box plot en een Shapiro-Wilk test worden de variabelen getest op ‘outliers’ en ‘influence points’. Omdat regressies zeer gevoelig zijn voor ‘outliers’ en ‘influence points’ wordt de distributie van de variabelen hierop gecontroleerd (Stevens, 1983). Het is daarom voor de hypotheses 2, 3 en 4 van belang dat deze ‘outliers’ en ‘influence points’ worden verwijderd wanneer deze aanwezig zijn. Dit kan door middel van het natuurlijke logaritme van de variabele te nemen wanneer deze een typische logaritmische distributie volgt. Mocht dit niet het geval zijn, is het mogelijk om de variabelen te ‘winsorizen’. Winsorizen is de transformatie van variabele door extreme waarden in de dataset te beperken om zo het effect van mogelijke ‘outliers’ te verminderen (Reifman & Keyton, 2010).

3.2.1 Afhankelijke variabelen

Voor dit onderzoek zijn verschillende variabelen geselecteerd om op te nemen in het model. De afhankelijke variabele in het model welke de marktwaarde reflecteert, is de Tobin’s q. De Tobin’s q is de meest gebruikte variabele om de marktwaarde van bedrijven te representeren (Chauvin & Hirschey, 1993). In dit onderzoek wordt de Tobin’s q berekend door de marktwaarde te delen door de boekwaarde van de activa (Lindenberg & Ross, 1981). De Tobin’s q blijkt na inspectie van de variabelen een typische logaritmische distributie waardoor deze variabelen dus logaritmisch getransformeerd moet worden om ‘outliers’ en ‘influence points’ te reduceren.

Rendement op de activa (ROA) wordt gebruikt als afhankelijke variabele voor de robuustheidstest. Het rendement op activa wordt berekend door het netto-inkomen te delen door de activa van een bedrijf. Vervolgens wordt het berekende getal vermenigvuldigd met 100%. Het histogram en de box plot tonen dat grote ‘outliers’ gewinsorized moet worden. De Shapiro-Wilk waarde van de originele ROA-variabele is 0.889, $p < 0.001$. Door deze variabele te winsorizen op 5% en 98 % stijgt de Shapiro-Wilk waarde naar 0.983, $p < 0.001$. Deze Shapiro-Wilk waarde ligt dichterbij de target van duizend, maar is nog niet significant.

Dit komt doordat de variabele niet symmetrisch verdeeld is, wel geeft de box plot aan dat extreme ‘outliers’ zijn verwijderd. Hierbij wordt voldaan aan de conclusies van Stevens (1984).

3.2.2 Onafhankelijke variabelen

3.2.2.1 Verklarende variabelen

De R&D-investeringen worden gemeten aan de hand van de R&D-kosten per jaar. R&D-kosten worden, zoals eerdergenoemd, gezien als de input van innovatie. Na het uitvoeren van een histogram, een box plot en de Shapiro-Wilk test kan geconcludeerd worden dat er sprake is van ‘influence points’ en ‘outliers’. Het histogram toont aan dat er daarnaast ook sprake is van een logaritmische verdeling. Om deze reden is het logaritme is genomen op de R&D-variabele. Dit resulteert in een normalere distributie, waarvan de Shapiro-Wilk waarde stijgt van 0.347 ($p < 0.001$) naar 0.983 ($p < 0.001$).

Het aantal goedgekeurde patenten is per jaar gemeten. Met deze data zullen hypothesen 1, 3 en 4 worden getest. Het aantal patenten per bedrijf is volgens Hill (1991) een goede graadmeter om de output van innovatie te meten. Na het inspecteren van de variabelen, kan geconcludeerd worden dat een logaritme genomen moet worden op het aantal patenten. Op deze manier volgen de variabele patenten een meer normale distributie dan de originele variabelen. Met het nemen van een logaritme op patenten, verhoogt de Shapiro-Wilk waarde van 0.350 ($p < 0.001$) naar 0.984 ($p < 0.001$).

3.2.2.2 Controle variabelen

Om de effecten van risico mee te nemen is ervoor gekozen om schulden te delen door de omzet (Sher & Yang, 2005). Na het inspecteren van deze variabele werd duidelijk dat het een asymmetrisch verdeling betreft. De box plot geeft een sterke afwijking naar rechts aan. Bij het toetsen van de logaritme blijft de variabele asymmetrisch verdeeld. Dit keer met een sterke afwijking naar links. Dit is zowel te zien aan het histogram als aan de box plot. Door de originele risico variabele te winsorizen op 0% en 98% neemt de Shapiro-Wilk W-waarde toe van 0,960 ($p < 0,001$) naar 0,970 ($p < 0,001$). Vervolgens is hier gewinsorized op de logaritmische functie van de risico variabele. Dit levert echter een lagere W-waarde op dan de gewinsorize waarde van de originele variabele. In dit onderzoek zal dus de gewinsorize variabele op 0% en 98% van schulden ten opzichte van de omzet worden gebruikt als controle variabele voor risico.

Kapitaal intensiteit is een andere controle variabele die in het model is toegevoegd. Deze variabele wordt gemeten door de activa te delen door de omzet (Sher & Yang, 2005). Hierbij is een asymmetrische variabele te zien, met een sterke afwijking naar rechts. Deze variabele wordt gewinsorized om zo een normalere distributie te verkrijgen. Deze variabele is gewinsorized op 0 en 96%, waarna de W-waarde is gestegen van 0,860 ($p < 0,001$) naar 0,983 ($p < 0,001$).

Het aantal werknemers wordt als controlevariabele meegenomen als een proxy voor de bedrijfsgrootte. Na het analyseren van het histogram is duidelijk geworden dat er sprake is van een logaritmische distributie. Hierbij wordt een logaritme over het aantal werknemers genomen, om zo een normalere distributie voor deze variabele te verkrijgen. Na het nemen van de logaritme is in de box plot geen extreme waarde meer te zien. Hierdoor zal winsorizen na de logtransformatie niet noodzakelijk zijn (Shin et al., 2017).

3.3 *Het Model*

Voordat de hypothesen getest kunnen worden moet voldaan zijn aan de assumpties van lineaire regressie. Zo zijn de assumpties van een regressieanalyse: normale distributie van de variabele, lineariteit zonder autocorrelatie, multicollineariteit of heteroscedasticiteit (Bolin et al., 2014). De normale distributie wordt eerder toegelicht in hoofdstuk 3.2 waardoor aan deze assumptie is voldaan. Omdat dit onderzoek gebruik maakt van logaritmische variabelen is ook voldaan aan de assumptie van lineariteit. Autocorrelatie kan omschreven worden als een variabele die gecorreleerd is met eerdere observaties van dezelfde variabele. Autocorrelatie is door middel van de Wooldridge-test voor panel data te testen. Multicollineariteit heeft betrekking op verklarende variabelen die in een regressiemodel zitten en sterk gecorreleerd zijn met elkaar. Multicollineariteit kan getest worden door middel van de ‘Variance Inflation Factor’ (VIF) test. Heteroscedasticiteit is het tegenovergestelde van homoscedasticiteit. Homoscedasticiteit wordt als voorwaarde gesteld bij een regressieanalyse. Hierbij dient de variantie van de residuen onafhankelijk te zijn van de afhankelijke variabele. Heteroscedasticiteit houdt in dat de variantie van de residuen afhankelijk zijn van de afhankelijke variabele. Heteroscedasticiteit kan getest worden door middel van de Breusch-Pagan test.

3.3.1 *Model Hypothese 2*

$$Tobin's\ q = \beta_0 + \beta_1 R\&D + \beta_2 Risco + \beta_3 Werknemers + \beta_4 Kapitaal\ Intensiteit + \beta_4 Jaar + \varepsilon$$

Tobin's q =	Logaritme van de Tobin's q
R&D =	Logaritme van R&D-kosten
Risico =	Winsorized (0 & 98%) variabele van (Schulden/ Omzet)
Werknemers =	Logaritme van het aantal werknemers
Kapitaal Intensiteit =	Winsorized (0 & 96%) variabele van (Activa/ Omzet)
Jaar =	Dummy variabele van het jaar
ε =	Error term

In tabel 6 is dit model getest op heteroskedasticiteit, door middel van de Breusch-Pagan test ([Appendix B1](#)). Hierbij is een χ^2 -waarde van 5.070 en een p-waarde van 0.024 gevonden. Dit is een lagere waarde dan het significantieniveau van 0.05, waardoor de nulhypothese van constante variantie van de residuen verworpen kan worden. Dit betekent dat dit model op heteroskedasticiteit gecorrigeerd dient te worden. Het corrigeren van heteroskedasticiteit gebeurt door middel van het uitvoeren van de regressie met robuuste standaard errors.

Vervolgens is het model in tabel 8 getest op multicollineariteit door middel van de VIF-test ([Appendix B2](#)). De hoogste waarde gevonden bij de VIF-test is een waarde van $w=2.850$, waarbij er dus geen sprake is van multicollineariteit. Er wordt gesproken van grote multicollineariteit als een van de variabelen een VIF-waarde noteert hoger dan 10. Mocht er een VIF-waarde tussen de 5 en 10 inzitten wordt dit gezien als kleine multicollineariteit. (Alin, 2010).

Tot slot is in tabel 10 het model getest op autocorrelatie. Dit gebeurt met de Wooldridge test voor panel data ([Appendix B3](#)). Hier is een F-waarde te zien van 94.210 en een p-waarde van 0.000. De p-waarde is kleiner dan het significantieniveau van 0.050, waardoor de nulhypothese wordt verworpen. De nulhypothese voor de Wooldridge test stelt dat er geen sprake is van autocorrelatie. Aangezien de nulhypothese verworpen wordt, is er wel sprake van autocorrelatie. Het fixed of random effects model staat het bestaan van autocorrelatie toe in het model. Aan de hand van de Hausman test in tabel 12 wordt gekeken of er gebruik van het fixed of random effects model wordt gemaakt ([Appendix B4](#)). De Hausman test geeft een χ^2 -waarde van 17.900 en een p-waarde van 0.083. Als de p-waarde lager is dan significantie niveau van 0.05 wordt de nulhypothese verworpen. Het fixed effects model wordt verkozen over het random effects model als de nulhypothese wordt verworpen. Een p-waarde van 0.083 suggereert dus dat er het best gekozen kan worden voor het random

effects model. Er zal dus om hypothesen 2 en 4 te testen gebruik worden gemaakt van het random effects model met robuuste standaard errors.

3.3.2 Model Hypothese 3

$$Tobin's\ q = \beta_0 + \beta_1 Patenten + \beta_2 Risico + \beta_3 Werknemers + \beta_4 Kapitaal\ Intensiteit + \beta_4 Jaar + \varepsilon$$

Tobin's q =	Logaritme van de Tobin's q
Patenten =	Logaritme van R&D-kosten
Risico =	Winsorized (0 & 98%) variabele van (Schulden/ Omzet)
Werknemers =	Logaritme van het aantal werknemers
Kapitaal Intensiteit =	Winsorized (0 & 96%) variabele van (Activa/ Omzet)
Jaar =	Dummy variabele van het jaar
ε =	Error term

In tabel 7 is ook dit model getest op heteroskedasticiteit, door middel van de Breusch-Pagan test ([Appendix B1](#)). Hier is een χ^2 -waarde 5.070 en een p-waarde van 0.024 gevonden. Dit is een lagere waarde dan het significantieniveau van 0.050, waardoor de nulhypothese van constante variantie van de residuen wordt verworpen. Dit betekent dat dit model gecorrigeerd moet worden op heteroskedasticiteit. Het corrigeren van heteroskedasticiteit gebeurt door middel van het uitvoeren van de regressie met robuuste standaard errors.

Vervolgens wordt het model getest op multicollineariteit door middel van de VIF-test in tabel 9 ([Appendix B2](#)). De hoogste waarde gevonden bij de VIF-test is een waarde van $w=2.850$. Hierbij is dus geen sprake van multicollineariteit.

Tot slot wordt het model getest op autocorrelatie in tabel 11. Dit gebeurt door middel van de Wooldridge test voor panel data ([Appendix B3](#)). Hier is een F-waarde te zien van 94.210 en een p-waarde van 0.000. De p-waarde is kleiner dan het significantieniveau van 0.050, waardoor de nulhypothese wordt verworpen. De nulhypothese voor de Wooldridge test stelt dat er geen sprake is van autocorrelatie. Aangezien de nulhypothese wordt verworpen, is er wel sprake van autocorrelatie. Net zoals het vorige model wordt door middel van de Hausman test in tabel 13 gekeken of er gebruik van het fixed of random effects model wordt gemaakt ([Appendix B4](#)). De Hausman test geeft een χ^2 -waarde van 54.470 en een p-waarde van 0.000. De p-waarde is lager dan het significantie niveau van 0.05, dus wordt de

nulhypothese verworpen. Het fixed effects model wordt gekozen. Er zal dus om hypothesen 3 en 4 te testen gebruik worden gemaakt van het fixed effects model met robuuste standaard errors.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de beschrijvende statistieken, de correlaties, de regressies en zijn de modellen, toegelicht in hoofdstuk 3, getest op hun robuustheid. Aan de hand van deze resultaten zal antwoord gegeven worden op de hypothesen waarna deze geaccepteerd of verworpen worden.

Tabel 1: Beschrijvende statistieken variabelen

Variabele	Obs	Gem	Std. Dev.	Min	Max
<i>Log van Tobin's q (marktkapitalisatie/activa)</i>	680	0.089	0.747	-1.897	2.137
<i>Rendement op Activa (netto-inkomen/activa)</i>	680	5.021	8.464	-14.390	25.810
<i>Log van R&D</i>	680	4.843	0.925	2.299	7.133
<i>Log van Aantal Patenten</i>	680	4.174	2.063	0.000	9.571
<i>Schulden Ratio (schulden/omzet)</i>	680	0.249	0.163	0.001	0.635
<i>Log van Aantal Werknemers</i>	680	3.510	0.671	2.258	5.513
<i>Kapitaal Intensiteit</i>	680	1.542	0.502	0.295	2.642

In tabel 1 volgen de beschrijvende statistieken van de variabelen gebruikt in dit onderzoek waarna 680 observaties ontstaan. Verder zijn het gemiddelde en de standaarddeviatie gegeven waarbij geldt, hoe kleiner de standaarddeviatie, hoe normalere distributie van de variabele. Tot slot zijn de minimum en de maximumwaarden per variabele weergegeven.

Tabel 2: Correlatietabel

	Log Tobin's Q	Rendement op Activa	Log R&D	Log Patenten	Schulden Ratio	Log Werknemers	Kapitaal Intensiteit
Log Tobin's Q	1.000						
Rendement op Activa	0.520	1.000					
<i>P-waarde</i>	0.000***						
Log R&D	0.245	0.159	1.000				
<i>P-waarde</i>	0.000***	0.000***					
Log Patenten	0.083	0.117	0.811	1.000			
<i>P-waarde</i>	0.032**	0.002***	0.000***				
Schulden Ratio	0.212	0.111	-0.086	-0.021	1.000		
<i>P-waarde</i>	0.000***	0.004***	0.025**	0.589			
Log Werknemers	-0.138	0.037	0.742	0.663	-0.310	1.000	
<i>P-waarde</i>	0.000***	0.331	0.000***	0.000***	0.000***		
Kapitaal Intensiteit	0.064	-0.143	0.087	0.048	-0.112	0.121	1.000
<i>P-waarde</i>	0.096*	0.000***	0.024**	0.211	0.004***	0.002***	

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$,

* $p < 0.1$

Aan de hand van tabel 2 is het mogelijk om een idee te geven van de antwoorden op de hypothesen. Aangaande hypothese 1, *R&D-investeringen hebben een positieve associatie op het aantal goedgekeurde patenten*, is het wel mogelijk om al een bewijs te leveren. Een correlatie van hoger dan 0.55 geeft een sterke correlatie weer. Als variabelen een sterke correlatie met elkaar hebben en het is significant, dan is het mogelijk dat er multicollineariteit aanwezig is. Er is te zien dat de patenten variabele en de R&D variabele sterk positief significant gecorreleerd zijn ($r = 0.811, p < 0.01$). Hierbij wordt hypothese 1 geaccepteerd.

In de correlatietabel is te zien dat de R&D variabele een positieve significante correlatie heeft op de Tobin's q ($r = 0.245, p < 0.01$). Er is dus een positieve associatie tussen R&D en de Tobin's q. Dit betekent niet dat er een positieve relatie is en dit zal dus getest worden met het random effects model voor panel data.

Patenten hebben een zwakke positieve associatie met de afhankelijke variabele Tobin's q ($r = 0.083, p = < 0.05$). Er is te zien dat er een p-waarde is van 0.032, wat significant is op 5% en 10%. Met het fixed effects model voor panel data zullen de derde en vierde hypothesen verder getest worden.

Tabel 3: Regressiemodellen

	Volledige sample	Volledige sample	> 10000 werknemers	< 10000 werknemers	Volledige sample	Volledige sample	> 10000 werknemers	< 10000 werknemers
	Random Effects Model 1	Random Effects Model 2	Random Effects Model 3	Random Effects Model 4	Fixed Effects Model 5	Fixed Effects Model 6	Fixed Effects Model 7	Fixed Effects Model 8
<i>R&D</i>		0.281*** (0.104)	0.403* (0.217)	0.319*** (0.115)				
<i>Patenten</i>						-0.066 (0.044)	-0.069 (0.121)	-0.038 (0.050)
<i>Risico</i>	0.164 (0.222)	0.141 (0.222)	-0.456 (0.355)	0.234 (0.254)	0.077 (0.235)	0.143 (0.232)	-0.615 (0.528)	0.237 (0.268)
<i>Werknemers</i>	-0.253** (0.116)	-0.484*** (0.132)	-1.386** (0.545)	-0.403** (0.172)	-0.548** (0.242)	-0.476* (0.243)	-2.021 (1.597)	-0.307 (0.331)
<i>Kapitaal Intensiteit</i>	-0.214** (0.085)	-0.188** (0.086)	0.013 (0.150)	-0.236** (0.103)	-0.282*** (0.090)	-0.272*** (0.088)	-0.071 (0.169)	-0.328*** (0.112)
<i>2010</i>	-0.085* (0.047)	-0.087* (0.048)	-0.011 (0.096)	-0.105* (0.060)	-0.083 (0.051)	-0.071 (0.049)	0.041 (0.150)	-0.098 (0.061)
<i>2011</i>	-0.388*** (0.062)	-0.398*** (0.063)	-0.239** (0.120)	-0.449*** (0.079)	-0.375*** (0.067)	-0.356*** (0.065)	-0.168 (0.178)	-0.415*** (0.082)
<i>2012</i>	-0.389*** (0.062)	-0.410*** (0.064)	-0.276** (0.113)	-0.456*** (0.083)	-0.364*** (0.065)	-0.334*** (0.065)	-0.184 (0.160)	-0.392*** (0.087)
<i>2013</i>	-0.217*** (0.068)	-0.243*** (0.071)	0.043 (0.177)	-0.350*** (0.081)	-0.190** (0.076)	-0.158** (0.076)	0.131 (0.219)	-0.274*** (0.089)
<i>2014</i>	-0.135* (0.076)	-0.159** (0.080)	0.228 (0.195)	-0.286*** (0.096)	-0.109 (0.084)	-0.069 (0.085)	0.319 (0.237)	-0.207* (0.106)
<i>2015</i>	-0.205*** (0.077)	-0.235*** (0.080)	-0.073 (0.208)	-0.304*** (0.096)	-0.175** (0.086)	-0.143 (0.086)	0.024 (0.259)	-0.218** (0.106)
<i>2016</i>	-0.113 (0.084)	-0.149* (0.087)	0.196 (0.193)	-0.277*** (0.102)	-0.077 (0.094)	-0.038 (0.092)	0.303 (0.240)	-0.178 (0.111)
<i>Constante</i>	1.456*** (0.435)	0.892* (0.457)	3.799 (2.452)	0.564 (0.661)	2.600*** (0.851)	2.565*** (0.832)	9.578 (6.197)	1.908* (1.032)
<i>Observaties</i>	680	680	160	520	680	680	160	520
<i>R²</i>	0.089	0.331	0.400	0.347	0.183	0.191	0.350	0.208
<i>Adjusted- R²</i>	0.075	0.320	0.354	0.333	0.171	0.178	0.302	0.190
<i>Hausman- statistiek</i>	Wald chi ² (11) = 129.94***	Wald chi ² (11) = 131.23***	Wald chi ² (11) = 105.89***	Wald chi ² (11) = 88.49***				
<i>F-statistiek</i>					F(10,84) = 12.85***	F(11,84) = 12.43***	F(11,25) = 19.71***	F(11,67) = 8.46***
<i>Bedrijven</i>	85	85	26	68	85	85	26	68

Robuuste standaard errors tussen de haakjes

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

4.1 R&D-regressie volledige sample

Als er wordt gekeken naar de modellen 1 en 2 in tabel 3, de random effects modellen, is er een R^2 te zien van 0.089 in model 1 en 0.331 in model 2. Ook is bij de adjusted- R^2 een toename van 0.245 waar te nemen. Dit betekent dat het model 1, waarin alleen de controle variabele is meegenomen, een minder verklarend model is dan model 2. In model 2 zijn zowel de controlevariabele als de variabele R&D meegenomen, dus met het toevoegen van de variabele R&D heeft het model een hoger verklarend vermogen. De controle variabele risico heeft geen significant effect op de afhankelijke variabele Tobin's q. Deze conclusie is aan de hand van significantieniveaus van 1%, 5% en 10%. Dit betekent dat de schuld die een chipbedrijf heeft geen invloed zal hebben op de Tobin's q. De controle variabele werknemers, die de grootte van een bedrijf meet, heeft een significant negatief effect op de Tobin's q ($\beta=-0.484$, $p<0.01$). Grotere bedrijven hebben dus een kleinere Tobin's q. Dit geeft aan dat grote bedrijven relatief slechter in de markt staan dan kleinere bedrijven. Kapitaal intensiteit heeft een significant negatief effect op de Tobin's q ($\beta=-0.188$, $p<0.05$). De controle variabele kapitaal intensiteit kwam voort door de activa te delen door de omzet. Door het significante negatieve effect kan er gesteld worden dat hoe hoger de activa ten opzichte van de omzet, des te lager de Tobin's q. Om de tweede hypothese te testen zal er gekeken moeten worden naar de variabele R&D in het random effect model. R&D heeft een sterk positief significant effect op de Tobin's q ($\beta=0.281$, $p<0.01$). Als de R&D een schaaldeel stijgt zal de Tobin's q met 0.281 stijgen, dus R&D is een sterk verklarende variabele. Er kan gesteld worden dat het hooghouden van de R&D-investeringen investeerders kan aanzetten om aandelen te kopen. Kortom, inderdaad kan - zoals reeds is voorspeld – gesteld worden dat R&D-investeringen een positief effect hebben op de marktwaarden van bedrijven actief binnen de chipindustrie. Gupta et al (2016), Conolly & Hirschley (2005), Shin et al. (2017) en Chan et al. (2001) geven ook eenzelfde resultaat.

4.2 Patenten regressie volledige sample

Voor de regressie van patenten op de Tobin's q moet er gekeken worden naar de fixed effects modellen 5 en 6 in tabel 3. In model 5 is een R^2 te zien van 0.183, dit is 0.008 minder verklarend vermogen dan het model waarbij de variabele patenten is toegevoegd. De adjusted- R^2 is in model 5 0.171, en bij het toevoegen van de variabele patenten verhoogt de adjusted- R^2 naar 0.178. Als er wordt gekeken naar de controle variabele in model 6 vallen een aantal dingen op. De controle variabele risico, die de mate van schulden van een bedrijf

meet, is niet significant. Dit komt overeen met model 2 waar R&D werd onderzocht. Dit houdt in dat de mate van schulden die een bedrijf handhaaft geen significant effect heeft op de Tobin's q. De variabele werknemers heeft een significant negatief effect op de Tobin's q ($\beta=-0.467, p<0.1$). Als dit wordt vergeleken met model 2, waar de variabele R&D aanwezig was in plaats van patenten is er een afname van significantie te zien. Waar in model 2 de variabele significant was voor een significantieniveau van 0.01 is dat in model 6 nog maar 0.10. De variabele kapitaal intensiteit heeft een significant negatief effect op de Tobin's q ($\beta=-0.272, p<0.01$). De variabele is significant met een significantieniveau van 0.01, dus is sterk significant. Er kan dus gesteld worden dat de mate waarin een bedrijf kapitaal investeert een significant negatief effect heeft op de bedrijfsmarktwaarde. Dit resultaat komt overeen met Shin et al. (2017) die ook een significant effect vond van de kapitaal intensiteit variabele. Tenslotte zal de variabele patenten worden bekeken. De variabele patenten heeft geen significant effect op de Tobin's q. Dit betekent dus dat het aantal goedgekeurde patenten van een bedrijf geen effect zal hebben op de marktwaarde. Deze bevinding komt overeen met het model van Shin et al. (2017), die ook geen significant effect vonden van patenten op de Tobin's q.

4.3 Bedrijfsgrootte effecten

Om hypothese 4 aan te tonen worden er voor R&D-investeringen en patenten twee verschillende regressies uitgevoerd. Het aantal bedrijven met meer dan 10.000 werknemers in dienst bedraagt 26. Deze bedrijven kwalificeren zoals eerder gesteld voor wat betreft dit onderzoek als 'grote bedrijven'. Er zijn 68 bedrijven met minder dan 10.000 werknemers in dienst, dit zijn de relatief 'kleinere bedrijven'. Er wordt een regressie uitgevoerd voor zowel de grote als de kleinere bedrijven. Op deze manier is aan te tonen of er een significant verschil is tussen grote en kleinere bedrijven en het effect van R&D-investeringen en patenten op de Tobin's q.

4.3.1 R&D-investeringen

Om het effect van de grootte van een bedrijf te tonen voor R&D-investeringen wordt er gekeken naar de modellen 3 en 4 in tabel 3. De variabele risico heeft geen significant effect op de Tobin's q, ongeacht de bedrijfs grootte. De variabele werknemers is zowel voor grote als voor kleinere bedrijven negatief significant ($\beta=-1.386, p<0.05$; $\beta=-0.403, p<0.05$). Dit wil zeggen dat het effect van het aantal werknemers op de Tobin's q voor grotere bedrijven hoger

is dan voor kleinere bedrijven. Kleinere bedrijven zullen met het aannemen van nieuwe mensen minder verliezen van hun marktwaarde dan bedrijven die al meer dan 10.000 werknemers in dienst hebben. Kapitaal intensiteit heeft voor grotere bedrijven geen significant effect, maar voor kleinere bedrijven is er wel een negatief significant effect op de Tobin's q ($\beta = -0.236, p < 0.05$). Er kan dus gesteld worden dat de mate van activa ten opzichte van de omzet geen effect heeft op de marktwaarde voor grote bedrijven, maar wel voor kleinere bedrijven. Mochten kleinere chipbedrijven hun activa vergroten ten opzichte van de omzet, dan zal dit een negatief effect hebben op de marktwaarde van een chipbedrijf. R&D-investeringen hebben voor grote en kleinere bedrijven een significant positief effect op de Tobin's q ($\beta = 0.403, p < 0.10$; $\beta = -0.319, p < 0.01$). Voor kleinere bedrijven is de coëfficiënt sterk significant en voor grotere bedrijven is coëfficiënt zwak significant. De coëfficiënt is hoger voor grotere bedrijven dan voor kleinere bedrijven. Concluderend kan gesteld worden dat R&D-investeringen meer effect hebben op de Tobin's q voor grotere bedrijven dan voor kleinere bedrijven.

4.3.2 Patenten

Om het effect van bedrijfsgrootte te onderzoeken voor patenten wordt er gekeken naar de modellen 7 en 8 in tabel 3. De variabelen risico en werknemers zijn zowel voor grote als kleinere bedrijven niet significant in dit model. Dit wil zeggen dat deze variabelen geen significant effect hebben op de Tobin's q. De variabele kapitaal intensiteit heeft net zoals het model met de R&D-investeringen een sterk negatief significant effect op de Tobin's q voor kleinere bedrijven ($\beta = -0.328, p < 0.01$), maar geen significant effect voor grotere bedrijven. Patenten hebben zowel voor grote als kleinere bedrijven geen significant effect.

4.4 Robuustheidstest

Om de robuustheidstest uit te voeren zijn er regressies uitgevoerd op de afhankelijke variabele: rendement op activa (ROA). ROA is een indicatie hoe winstgevend een bedrijf is ten opzichte van zijn totale activa. Deze variabele geeft een investeerder een idee hoe efficiënt een bedrijf omgaat met zijn activa om inkomsten te genereren. Hoe hogere het ROA des te beter, want dit betekent dat een bedrijf zijn investeringen beter omzet in inkomsten. Een hogere ROA zal er dus ook voor zorgen dat meer investeerders zullen investeren in het bedrijf. De Tobin's q kijkt of je marktwaarde meer is dan de vervangingswaarde van de activa. Dit geeft dus de inschatting van de aandeelhouders of de toekomstige kasstromen

hoger zijn dan de vervangingswaarde van de activa. Het grote verschil tussen deze variabele is het feit dat de Tobin's q een variabele is die afhankelijk is van de markt en het ROA is dat niet. ROA is afhankelijk van het bedrijfsresultaat, namelijk de winst en de activa. Sher en Yang (2005) toonde al aan in hun onderzoek dat patenten geen significant effect hebben op het ROA. Zij toonden wel een significant positief effect van R&D op het ROA. In het onderzoek van Shin et al. (2017) is ook al onderzoek gedaan naar het effect van R&D-intensiteit en het aantal patenten per werknemer op het ROA en de Tobin's q. Zij gaven in hun onderzoek aan dat deze twee variabelen, Tobin's q en het ROA, vergelijkbare variabelen zijn met betrekking tot de besluitvorming van investeerders, dus de marktwaardes van bedrijven. Om deze reden zal in dit onderzoek de afhankelijke variabele ROA in plaats van de Tobin's q worden gebruikt om de robuustheid van het model te testen.

Als er wordt gekeken naar de regressieresultaten van de robuustheidstest in tabel 14 ([Appendix C](#)) zijn er veel overeenkomsten te zien met het regressiemodel op de Tobin's q. Het random effects model, dat het effect aantoont van R&D-investeringen op het ROA, vindt geen significant effect van de variabele risico op het ROA. Deze bevinding komt overeen met eerdergenoemd literatuur (Sher & Yang, 2005), maar ook met de resultaten uit dit onderzoek. De variabele werknemers heeft een zwak significant positief effect op het ROA ($\beta=-0.097$, $p<0.10$). Deze bevinding komt overeen met de resultaten van Shin et al. (2017), die ook een zwak significant effect aantonen. In de resultaten verkregen uit dit onderzoek is een sterk significant positief effect gevonden van de variabele werknemers op de Tobin's q. Dit resultaat komt qua significantieniveau dus niet overeen met het resultaat van de robuustheidstest. Er is echter nog wel sprake van een significant effect. Kapitaal intensiteit heeft een sterk significant effect op het ROA ($\beta=-4.148$, $p<0.01$). Dit resultaat komt overeen met de verkregen resultaten uit dit onderzoek. Als er wordt gekeken naar de R&D-investeringen variabele is er een significant positief effect te zien op het ROA ($\beta=0.136$, $p<0.05$). Ook dit resultaat komt overeen met de resultaten naar effect van R&D-investeringen op de Tobin's q. Er kan dus gesteld worden dat het model dat gebruikt is om het effect van R&D-investeringen op de Tobin's q te meten robuust is, omdat de resultaten tot eenzelfde conclusie leiden.

Er is te zien dat bij het veranderen van de afhankelijke variabele bij het fixed effects model er ook eenzelfde conclusie getrokken wordt. De patenten en de risico variabelen hebben geen significant effect op het ROA, dit komt overeen met eerdere resultaten van het effect op de Tobin's q. Ook is te zien dat de variabelen werknemers en kapitaal intensiteit een

significant effect hebben op het ROA. Dit resultaat komt wederom overeen met de resultaten uit het onderzoek met de afhankelijke variabele Tobin's q . Er kan dus gesteld worden dat dit model ook een robuust model is. Wel zijn de resultaten op sommige variabele significant op andere significantieniveaus, maar deze zijn nog wel significant.

5 Conclusie

Door de toenemende vraag naar elektronische apparaten is de chipindustrie voortdurend sterk aan het groeien. McKinsey (2017) voorspelt dan ook dat deze industrie zich zal blijven uitbreiden. Door de vraag naar chips is de concurrentie binnen deze sector dan ook sterk aan het toenemen, waardoor het van essentieel belang is voor het voortbestaan van bedrijven actief binnen de sector dat ze binnen hun bedrijfsvoering aanhoudend blijven innoveren. Om te kunnen anticiperen op de concurrent zullen bedrijven moeten blijven investeren in innovatie. Innovatie wordt voornamelijk in positieve zin beïnvloed door de R&D-investeringen te laten toenemen. De innovatie die voortvloeit uit deze R&D-investeringen dient daarbij op rechtsgeldige wijze beschermd te worden om te voorkomen dat de concurrent deze innovatie toe-eigent. Wanneer patenten worden toegekend aan een technologie die een bedrijf heeft ontwikkeld, zal de concurrentie geen toegang hebben tot deze technologie. Op deze manier worden de innovaties van bedrijven beschermd en levert het bedrijven een competitief voordeel op ten opzichte van de concurrent. Dit zal bedrijven vervolgens weer aansporen tot nieuwe innovatie-inspanningen.

Hall en Ziedonis (2001) hebben met hun onderzoek aangetoond dat R&D-kosten een positief effect hebben op de patenten activiteit. Dit blijkt onder andere ook uit het feit dat R&D-investeringen worden gezien als input en patenten worden gezien als output. Hagendoorn en Duysters (2002) stellen dat wanneer R&D-investeringen stijgen de patenten activiteit afneemt door de hoge patentkosten en door het bewust verbergen van informatie door concurrentie. Hier is in dit onderzoek echter geen bewijs voor gevonden. Dit kan onder andere worden verklaard door het feit dat het van essentieel belang is om technologieën binnen de chipindustrie rechtsgeldig te beschermen om zo de concurrentie hiertoe geen toegang te geven. Patenten kunnen deze bescherming bieden. In dit onderzoek is een sterke positief significante correlatie ($r=0.811$, $p<0.01$) gevonden tussen R&D-investeringen en patenten. Hieruit kan geconcludeerd worden dat wanneer de R&D-investeringen stijgen binnen de chipindustrie, dit positieve associatie heeft op het aantal goedgekeurde patenten.

Chan et al. (1990) tonen met hun onderzoek aan dat de markt verhoging van R&D-investeringen ziet als positieve indicatie. Wanneer deze afneemt wordt dit als negatief gekenmerkt. Daarnaast is in eerder onderzoek ook aangetoond dat R&D-investeringen, onafhankelijk van de concurrentie binnen een industrie, positief effect hebben op de Tobin's q (Gupta et al., 2017; Chauvin & Hirschey, 1993). Dit komt overeen met de gevonden resultaten in dit onderzoek, waarbij een sterk positief significant effect van R&D-

investeringen op de Tobin's q gevonden is ($\beta=0.281$, $p<0.01$). R&D-investeringen fungeren hierbij als sterk verklarende variabele. Samenvattend kan geconcludeerd worden dat R&D-investeringen leiden tot een hogere marktwaarde van bedrijven. Het hooghouden van R&D-investeringen kunnen investeerders dus aansporen om aandelen van bedrijven te (blijven) kopen.

Patenten worden gezien als de output van innovatie. Grilches (1980) heeft zich met zijn onderzoek gefocust op het effect dat patenten hebben op de marktwaarde van een bedrijf. Uit dit onderzoek komt naar voren dat het aantal goedgekeurde patenten op zowel korte als lange termijn een positief effect hebben op de marktwaarde van een bedrijf. Ook toont Grilches (2007) aan dat wanneer patenten van een bedrijf vaak worden geciteerd, dit positief significant effect heeft op de marktwaarde van het bedrijf. Hall et al. (2001) tonen met hun onderzoek aan dat wanneer de marktwaarde als de Tobin's q wordt gemeten, de patenten aanvragen positief effect hebben op deze marktwaarde. In dit onderzoek is echter geen significant effect gevonden van het aantal goedgekeurde patenten op de Tobin's q ($\beta=-0.066$, $p>0.10$). Hieruit valt te concluderen dat het aantal goedgekeurde patenten geen significant effect zullen hebben op de marktwaarde van een bedrijf binnen de chipindustrie, waarbij hypothese 3 is verworpen.

Hypothese 4 die stelt dat grotere bedrijven een groter effect ervaren van R&D-investeringen en patenten op de Tobin's q kwam voort uit eerder onderzoek van Connolly en Hirschey (2005) en Chauvin en Hirschey (1993). Zij toonden aan dat R&D-investeringen een groter effect hadden op de Tobin's q voor grotere bedrijven dan voor kleinere bedrijven. Ook in dit onderzoek is aangetoond dat hier ook sprake van is in de chipindustrie. Het effect van R&D-investeringen op de marktwaarde voor bedrijven met meer dan 10.000 werknemers is groter dan voor bedrijven met minder dan 10.000 werknemers. Eerder onderzoek over het effect van bedrijfsgrootte en patenten op de Tobin's q is niet bekend. Er is in dit onderzoek ook geen bewijs gevonden van een significant effect van patenten op de Tobin's q , zowel voor grote als kleinere bedrijven. Hypothese 4 kan met betrekking tot R&D-investeringen worden geaccepteerd, maar niet met betrekking tot patenten.

De centrale vraag van dit onderzoek luidt: *“In hoeverre heeft innovatie effect op de marktwaarde van een chipbedrijf?”*

Allereerst blijkt uit de resultaten dat er een positieve associatie bestaat tussen R&D-investeringen en het aantal goedgekeurde patenten. Daarnaast staan R&D-investeringen in positieve relatie tot de marktwaarde van het bedrijf, wat inhoudt dat wanneer een bedrijf

investeert in R&D de markt hier positief op reageert. Dit uit zich in stijging van de Tobin's q . Ook is een groter effect zichtbaar bij bedrijven met meer dan 10.000 werknemers, dan bij bedrijven met minder werknemers. Grotere bedrijven ondervinden groter effect van hogere R&D-investeringen op de marktwaarde dan kleinere bedrijven. Verder is de relatie tussen het aantal goedgekeurde patenten en de marktwaarde, ook wel Tobin's q , niet significant ondanks dat patenten wel een positief significantie associatie hebben met R&D-investeringen en R&D-investeringen een positief significant effect hebben op de marktwaarde. Kortom, er kan gesteld worden dat innovatie met betrekking tot R&D-investeringen tot op zekere hoogte effect heeft op de marktwaarde van een bedrijf binnen de chipindustrie. Hierbij hebben R&D-investeringen een positieve associatie met patenten, hebben R&D-investeringen een positief significant effect op de marktwaarde binnen de chipindustrie, is het effect van R&D-investeringen op de marktwaarde groter voor grotere bedrijven, maar hebben patenten geen significante relatie met de marktwaarde onafhankelijk van de bedrijfsgrootte.

De resultaten uit dit onderzoek zijn tenslotte ook getest op de robuustheid. Dit is gedaan door een andere afhankelijke variabele te gebruiken, namelijk het rendement op activa. Deze regressies gaven op zekere hoogte zelfde resultaten als de regressies die zijn uitgevoerd met de Tobin's q als afhankelijke variabele. Er kan dus gesteld worden dat de resultaten robuust zijn.

6 Limitaties

In dit onderzoek is gepoogd het effect van innovatie op de marktwaarde te achterhalen. De huidige studie omvat echter een aantal beperkingen.

Ten eerste bestaat de sample uit een breed scala aan bedrijven. Verschillende bedrijven opereren ook in andere industrieën, waardoor niet alleen gefocust wordt op de chipindustrie. Dit houdt in dat R&D-investeringen en het aantal goedgekeurde patenten niet alleen betrekking hebben op de chiptechnologie. Een voorbeeld hiervan is Samsung. Door deze limitatie kan niet volledig gefocust worden op de chipsector, maar nemen andere divisies van deze bedrijven ook deel aan het onderzoek.

Ten tweede is het niet mogelijk om alle relevante variabelen die effect hebben op de marktwaarde van bedrijven mee te nemen in het model. Zo is er altijd sprake van een ‘omitted variable bias’. Dit houdt in dat het effect van de missende relevante variabele verwerkt zijn in de coëfficiënten van de variabele die wel gebruikt zijn in het onderzoek.

Ten derde was het in dit onderzoek lastig om alle variabele normaal verdeeld te krijgen. Er is gepoogd dit op een zo goed mogelijke manier te doen. Dit is gedaan door onder andere het nemen van een logaritme op een variabele of het winsorizen van een variabele. Het is echter bijna onmogelijk om een perfecte normale distributie van een variabele te verkrijgen. Dit kan er dus in resulteren dat sommige variabele niet een perfecte normale distributie volgen. In dit onderzoek is wel gepoogd deze variabele een zo normaal mogelijke distributie te laten volgen.

Tenslotte is de manier waarop patenten in dit onderzoek zijn gemeten valt in twijfel te trekken. Volgens Hall et al. (2000) dienen patenten gemeten te worden aan de hand van het aantal citaties. In dit onderzoek zijn patenten echter gemeten door middel van het aantal goedgekeurde patenten, het aantal citaten zijn hierin niet meegenomen waardoor de waarde en relevantie van de patenten niet deelnemen aan het onderzoek. Dit resulteert in een minder specifieke analyse van patenten.

Literatuurlijst

Aubry, M., & Renou-Maissant, P. (2012). Investigating the Semiconductor Industry Cycles. *Applied Economics*, 45(21), 3058-3067.

Alexy, O., & Reitzig, M. (2013). Private–collective innovation, competition, and firms' counterintuitive appropriation strategies. *Research Policy*, 42(4), 895-913.

Alin, A. (2010). Multicollinearity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 370-374.

Austin, D. H. (1993). An event-study approach to measuring innovative output: The case of biotechnology. *The American Economic Review*, 83(2), 253-258.

Bolin, J. H. (2014). Hayes, Andrew F. (2013). Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. New York, NY: The Guilford Press. *Journal of Educational Measurement*, 51(3), 335-337.

Bosworth, D., & Rogers, M. (2001). Market value, R&D and intellectual property: an empirical analysis of large Australian firms. *Economic Record*, 77(239), 323-337.

Ceccagnoli, M. (2009). Appropriability, preemption, and firm performance. *Strategic Management Journal*, 30(1), 81-98.

Chan, K.C., Lakonishok, J., Sougiannis, T., (2001), The Stock Market Valuation of Research and Development Expenditure, *Journal of Finance*, 56(6), 2431-2456.

Chan, S. H., Martin, J. D., & Kensinger, J. W. (1990). Corporate research and development expenditures and share value. *Journal of Financial Economics*, 26(2), 255-276.

Chauvin, K. W. & Hirschey, M., (1993). Advertising, R&D Expenditures and the Market Value of the Firm, *Financial Management*, 22(4), 128-140.

Coad, A., & Rao, R. (2010). Firm growth and R&D expenditure. *Economics of Innovation and New Technology*, 19(2), 127-145.

Cockburn, I. M., & Z. Griliches. (1987). Industry effects and appropriability measures in the stock markets valuation of R&D and patents. *NBER Working Paper*, 2465

Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2002). R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States. *Research Policy*, 31(8-9), 1349-1367.

Connolly, R. A., & Hirschey, M. (2005). Firm size and the effect of R&D on Tobin's q. *R&D Management*, 35(2), 217-223.

Gartner. (2018). Gartner Says Worldwide Semiconductor Revenue Grew 22.2 Percent in 2017; Samsung Takes Over No.1 Position. Retrieved January 2018, from *Gartner*: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3842666>

- Graham, S. J., Merges, R. P., Samuelson, P., & Sichelman, T. (2009). High technology entrepreneurs and the patent system: Results of the 2008 Berkeley patent survey. *Berkeley Technology Law Journal*, 24(4), 1255-1327.
- Griliches, Z. (Ed.). (2007). *R&D, patents and productivity*. Chicago, University of Chicago Press.
- Griliches, Z. (1981). Market value, R&D, and patents. *Economics Letters*, 7(2), 183-187.
- Grupp, H. (1998). *Foundations of the Economics of Innovation*. Cheltenham, Edward Elgar Publishing
- Gupta, K., Banerjee, R., & Onur, I. (2017). The effects of R&D and competition on firm value: International evidence. *International Review of Economics & Finance*, 51, 391-404.
- Hagedoorn, J., & Duysters, G. (2002). External sources of innovative capabilities: the preferences for strategic alliances or mergers and acquisitions. *Journal of Management Studies*, 39(2), 167-188.
- Hall, B. H. (2000). *Innovation and Market Value*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hall, B. H., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2000). Market Value and Patent Citations: A First Look. *Rand Journal of Economics*, 36(1), 16-38
- Hall, B. H., & Lerner, J. (2010). The financing of R&D and innovation. *Handbook of the Economics of Innovation*, 1(1), 609-639.
- Hall, B. H., & Ziedonis, R. H. (2001). The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the US-semiconductor industry, 1979-1995. *Rand Journal of Economics*, 32(1), 101-128.
- Jelinek, L. (2013). Semiconductor Industry to Enjoy Modest Climb in 2013 as Demand for Silicon Rises. Retrieved September 2013, from *iSuppli*: <http://www.isuppli.com/semiconductor-valuechain/marketwatch/pages/semiconductor-industry-to-enjoy-modest-climb-in-2013-asdemand-for-silicon-rises.aspx>
- Kaplan, S., & Vakili, K. (2015). The double-edged sword of recombination in breakthrough innovation. *Strategic Management Journal*, 36(10), 1435-1457.
- Lim, P (2017). 5 Signs Tech Stocks Are About to Bring Down the Market Again. Retrieved October 2017, from *Times*: <http://time.com/money/5001194/stock-market-signs-tech-bubble-crash/>
- Lindenberg, E. B., & Ross, S. A. (1981). Tobin's q ratio and industrial organization. *Journal of Business*, 54(1), 1-32.
- McKinsey. (2017). *McKinsey on Semiconductors Issue 6*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Semiconductors/Our%20Insights/>

McKinsey%20on%20Semiconductors%20Issue%206%20-%20Spring%202017/McK%20on%20Semiconductors_Issue%206_2017.ashx

Nicholls-Nixon, C. L., & Woo, C. Y. (2003). Technology sourcing and output of established firms in a regime of encompassing technological change. *Strategic Management Journal*, 24(7), 651-666.

Pakes, A., & Griliches, Z. (1980). Patents and R&D at the firm level: A first report. *Economics Letters*, 5(4), 377-381.

Reifman, A., & Keyton, K. (2010), *Encyclopedia of Research Design*. Washington, SAGE Publications.

Reuters (2018). Timeline: Broadcom-Qualcomm Saga Comes to an Abrupt End. Retrieved March 2018, from *Reuters*:
<https://www.reuters.com/article/us-qualcomm-m-a-broadcom-timeline/timeline-broadcom-qualcomm-saga-comes-to-an-abrupt-end-idUSKCN1GQ22N>

Sher, P. J., & Yang, P. Y. (2005). The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance: the evidence of Taiwan's semiconductor industry. *Technovation*, 25(1), 33-43.

Shin, N., Kraemer, K. L., & Dedrick, J. (2017). R&D and firm performance in the semiconductor industry. *Industry and Innovation*, 24(3), 280-297.

Stevens, J. P. (1984). Outliers and influential data points in regression analysis. *Psychological Bulletin*, 95(2), 334.

Szewczyk, S. H., Tsetsekos, G. P., & Zantout, Z. (1996). The valuation of corporate R&D expenditures: Evidence from investment opportunities and free cashflow. *Financial Management*, 25(1), 105-110.

Toivanen, O., Stoneman, P., & Bosworth, D. (2002). Innovation and the market value of UK firms, 1989–1995. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 64(1), 39-61.

Winter, A. (2018). Why Can't China Make Semiconductors? Retrieved April 2018, from Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/view/articles/2018-04-29/why-can-t-china-make-semiconductors-jglgice5>

Zahra, S. A., & Bogner, W. C. (2000). Technology strategy and software new ventures' performance: Exploring the moderating effect of the competitive environment. *Journal of Business Venturing*, 15(2), 135-173.

7 Appendix

7.1 APPENDIX A: Sample Bedrijven

Tabel 4

<i>Criteria</i>	<i>Sample</i>
Alle bedrijven ORBIS-database	230.826.930
Publieke Bedrijven	70.198
SIC-code 3674	471
Data beschikbaar 2009-2016	203
Minimaal 1 patent per jaar	147
R&D-kosten en Tobin's q beschikbaar	85

Tabel 5: Bedrijven

ADVANCED MICRO DEVICES INC	PHISON ELECTRONICS CORP.
ADVANCED SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CORPORATION LTD	PIXART IMAGING INC.
ALLTEK TECHNOLOGY CORP.	POWER INTEGRATIONS INC
AMKOR TECHNOLOGY INC	POWERTECH TECHNOLOGY INC.
APPLIED MATERIALS	QUALCOMM
ASM INTERNATIONAL NV	RAMBUS INC
ASML HOLDING N.V.	REALTEK SEMICONDUCTOR CORP.
AUK CO., LTD.	RENESAS ELECTRONICS CORPORATION
AXT INC	ROHM COMPANY LIMITED
BROADCOM INC.	SAMSUNG
CAVIUM, INC.	SANKEN ELECTRIC CO LTD
CIRRUS LOGIC INC	SEMTECH CORP
ELAN MICROELECTRONICS CORP.	SEOUL SEMICONDUCTOR CO., LTD.
ELITE SEMICONDUCTOR MEMORY TECHNOLOGY INC	SFA SEMICON CO., LTD.
EMCORE CORP	SHENZHEN TOPRAYSOLAR COMPANY LIMITED
FARADAY TECHNOLOGY CORPORATION	SHINKO ELECTRIC INDUSTRIES CO., LTD.
FIRST SOLAR, INC.	SK HYNIX
FORMFACTOR, INC.	SKYWORKS SOLUTIONS, INC.
GINTECH ENERGY CORPORATION	SMA SOLAR TECHNOLOGY AG
GLOBAL UNICHIP CORP.	STMICROELECTRONICS N.V.
HOLTEK SEMICONDUCTOR INC.	TAIWAN SEMICONDUCTOR CO., LTD.
INFINEON TECH AG	TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY LIMITED
INTEL CORP	TERADYNE
IPG PHOTONICS CORPORATION	TEST RESEARCH INC

ITE TECH, INC.	TEXAS INSTRUMENTS INC
KING YUAN ELECTRONICS COMPANY LIMITED	TIANSHUI HUATIAN TECHNOLOGY CO. LTD.
KLA-TENCOR CORP	TOKYO ELECTRON LIMITED
LAM RESEARCH	TOKYO SEIMITSU COMPANY LIMITED
LEENO INDUSTRIAL INC.	TONG HSING ELECTRONIC INDUSTRIES, LTD.
LINGSEN PRECISION INDUSTRIES LIMITED	TOSHIBA
LITE-ON SEMICONDUCTOR CORP.	TYNTEK CORPORATION
MACRONIX INTERNATIONAL COMPANY LIMITED	UNITED MICROELECTRONICS CORPORATION
MAXIM INTEGRATED PRODUCTS INC	UNITY OPTO TECHNOLOGY COMPANY LIMITED
MEGACHIPS CORPORATION	VANGUARD INTERNATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION
MELLANOX TECHNOLOGIES, LTD.	VIA TECHNOLOGIES, INC.
MICO LTD.	WACKER CHEMIE AG
MICROCHIP TECHNOLOGY INC	WALSIN TECHNOLOGY CORPORATION
MICRON TECHNOLOGY INC	WALTON ADVANCED ENGINEERING, INC
MONOLITHIC POWER SYSTEMS, INC.	XILINX INC.
MPI CORPORATION	ZEUS CO., LTD.
NANYA TECHNOLOGY CORPORATION	
NEO SOLAR POWER CORP.	
NEPES CORPORATION	
NINGBO KANGQIANG ELECTRONICS CO., LTD.	
NVIDIA CORP	

7.2 APPENDIX B: Model Testen

7.2.1 Appendix B1 Heteroskedasticiteit Testen

Tabel 6: Heteroskedasticiteit model hypothese 2

Breusch-Pagan test for Heteroskedasticity Model Hypothese 2

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of LogTobinsq

$$\text{Chi}^2(1) = 5.070$$

$$\text{Prob} > \text{chi}^2 = 0.024$$

Tabel 7: Heteroskedasticiteit model hypothese 3

**Breusch-Pagan test for
Heteroskedasticity Model Hypothese 3**

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of LogTobinsq

Chi²(1) = 4.980

Prob > chi² = 0.026

7.2.2 Appendix B2 Multicollineariteit Testen

Tabel 8: Multicollineariteit model hypothese 2

Variance Inflation Factor Test Model Hypothese 2		
Variable	VIF	1/VIF
R&D	2.350	0.425
Risico	1.180	0.849
Werknemers	2.580	0.387
Kapitaal Intensiteit	1.050	0.955
Jaar		
2010	1.780	0.560
2011	1.770	0.564
2012	1.760	0.568
2013	1.760	0.568
2014	1.760	0.567
2015	1.760	0.568
2016	1.760	0.568
Mean VIF	1.770	

Tabel 9: Multicollineariteit model hypothese 3

Variance Inflation Factor Test Model Hypothese 3		
Variable	VIF	1/VIF
R&D	1.940	0.515
Risico	1.200	0.833
Werknemers	2.140	0.467
Kapitaal Intensiteit	1.050	0.954
Jaar		
2010	1.780	0.561
2011	1.770	0.564
2012	1.760	0.570
2013	1.760	0.567
2014	1.770	0.564
2015	1.760	0.567

	2016	1.770	0.566
Mean VIF		1.700	

7.2.3 Appendix B3 Autocorrelatie Testen

Tabel 10: Autocorrelatie model hypothese 2

Wooldridge Test Model Hypothese 2
<u>H0: no first-order autocorrelation</u>
F (1, 84) = 96.482
Prob > F = 0.000

Tabel 11: Autocorrelatie model hypothese 3

Wooldridge Test Model Hypothese 3
<u>H0: no first-order autocorrelation</u>
F (1, 84) = 94.210
Prob > F = 0.000

7.2.4 Appendix B4 Fixed/Random Effects Model

Tabel 12: Hausman test hypothese 2

Hausman Test Model Hypothese 2
Ho: difference in coefficients not systematic
$\chi^2(11) = 17.900$
Prob > $\chi^2 = 0.084$

Tabel 13: Hausman test hypothese 3

Hausman Test Model Hypothese 3
Ho: difference in coefficients not systematic
$\chi^2(11) = 54.470$
Prob > $\chi^2 = 0.000$

7.3 APPENDIX C: Robuustheidstest effect op het ROA

Tabel 14: Robuustheidstest

Variabelen	Random Effects Model	Fixed Effects Model
<i>R&D</i>	0.136**	
	-1.026	
<i>Patenten</i>		-1.637
		-0.601
<i>Risico</i>	6.389	8.113
	-3.812	-4.234
<i>Werknemers</i>	-0.097*	-5.676*
	-1.313	-4.152
<i>Kapitaal Intensiteit</i>	-4.148***	-5.743***
	-1.516	-2.028
2010	6.352***	6.660***
	-0.912	-0.983
2011	2.839***	3.608***
	-1.097	-1.099
2012	1.384	2.792**
	-0.953	-1.084
2013	2.699**	4.246***
	-1.188	-1.387
2014	4.022***	5.716***
	-1.202	-1.435
2015	4.349***	5.965***
	-1.266	-1.487
2016	3.842***	5.828***
	-1.133	-1.365
<i>Constante</i>	5.695	34.314**
	-5.048	-14.806
<i>Observaties</i>	680	680
<i>R2</i>	0.122	0.221
<i>Adjusted R2</i>	0.107	0.208
<i>Hausman test statistiek</i>	Wald $\chi^2(11) = 124.16^{***}$	
<i>F-Statistiek</i>	$F(11,84) = 13.70^{***}$	
<i>Aantal bedrijven</i>	85	85

Robuuste standaard errors tussen de haakjes

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

