

2 Definitionen

Ziel dieses Kapitels ist es, die beiden zentralen Begriffe der Forschungsfragen, »Venture Capital« und »erneuerbare Energien«, zu definieren und von ähnlichen Konzepten präzise abzugrenzen. Im ersten Abschnitt werden neben dem Venture Capital-Begriff, der Markt für Venture Capital und die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften der VC-Gesellschaften einführend dargestellt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Prozess der Investitionsentscheidung der VC-Gesellschaften, dem zentralen Aspekt der beiden Forschungsfragen. Anschließend wird im zweiten Abschnitt der Erneuerbare-Energien-Sektor mit seinen wesentlichen Technologiesegmenten und deren Eigenschaften dargestellt.

2.1 Venture Capital

Venture Capital bezeichnet Eigenkapital, welches zur Finanzierung von jungen technologieorientierten Unternehmen mit hohem Wachstumspotential eingesetzt wird. Es wird als Teil des privaten Kapitalmarktes durch spezialisierte Investoren, die sogenannten VC-Gesellschaften, zur Verfügung gestellt. Der Begriff Venture Capital stammt aus dem englischen Sprachraum und reflektiert die Tatsache, dass die Investoren bei Eigenkapitalinvestitionen in junge, größtenteils bislang noch unprofitable Unternehmen ohne validiertes Geschäftsmodell ein hohes Maß an unternehmerischem Risiko eingehen. Das Gabler Wirtschaftslexikon definiert Venture Capital wie folgt:

»Bei Venture-Capital (*Risikokapital, Wagniskapital*) handelt es sich um zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht börsennotierten Unternehmen, die sich trotz zum Teil unzureichender laufender Ertragskraft durch ein überdurchschnittliches Wachstumspotenzial auszeichnen.«²⁴

Im Deutschen wird Venture Capital wahlweise mit Risiko- oder Wagniskapital übersetzt. Da sich der englische Begriff Venture Capital auch in Deutschland als Bezeichnung für die spezielle Anlagesituation weitestgehend etabliert hat, wird er in dieser Arbeit in der englischen Form verwendet. In den folgenden Abschnitten wird eine kurze Übersicht über die Abgrenzung gegenüber anderen Finanzierungsformen sowie die Rolle und Bedeutung von Venture Capital bei der Unternehmensfinanzierung gegeben.

2.1.1 *Venture Capital als Segment des privaten Eigenkapitalmarktes*

Generell lässt sich der Eigenkapitalmarkt für Unternehmensfinanzierungen in einen öffentlichen Teil (Public Equity) und einen privaten Teil (Private Equity) unterteilen. Der öffentliche Teil des Eigenkapitalmarktes beschränkt sich auf die Eigenkapitalfinanzie-

²⁴ Gabler Wirtschaftslexikon (o.J.).

derung von börsennotierten Unternehmen. Der private Eigenkapitalmarkt hingegen umfasst die gesamte Eigenkapitalfinanzierung von nicht börsennotierten Unternehmen. Der private Eigenkapitalmarkt ist im Vergleich zum öffentlichen Eigenkapitalmarkt weitestgehend unreguliert und vergleichsweise intransparent, da für die beteiligten Kapitalgeber und Unternehmen keine direkten Verpflichtungen bestehen, Informationen über getätigte Transaktionen zu veröffentlichen.

Die Abgrenzung von Venture Capital gegenüber anderen Formen der Eigenkapitalfinanzierung innerhalb des privaten Eigenkapitalmarktes wird in der Literatur nicht einheitlich vorgenommen. Entsprechend dem Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) bezieht sich Venture Capital auf die Eigenkapitalfinanzierung von »jungen, innovativen und nicht börsennotierten Unternehmen mit erkennbarem Entwicklungs- und Wachstumspotential«. ²⁵ Es umfasst nach diesem Ansatz die in Abbildung 3 dargestellte Früh- und Spätphasenfinanzierung. ²⁶ Mit Blick auf die vorliegenden Fragestellungen wird der Begriff Venture Capital in dieser Untersuchung entsprechend der weiteren Kategorisierung des BVKs auf Eigenkapitalfinanzierung innerhalb der Frühphase der Entwicklung junger Unternehmen begrenzt. Eigenkapitalfinanzierungen, die typischerweise auf spätere Unternehmensphasen bzw. bereits am Markt etablierte Unternehmen entfallen, werden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, da sie der Private Equity-Finanzierung i.e.S. zugerechnet werden. ²⁷

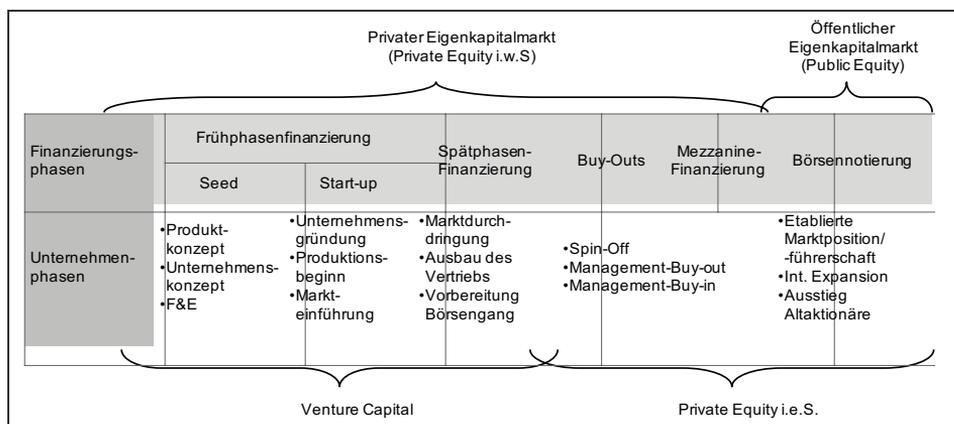


Abbildung 3: Übersicht Eigenkapitalmarkt. ²⁸

²⁵ Frommann und Dahmann (2005, S.7).

²⁶ Schefczyk hingegen lehnt eine solch strikte Beschränkung entlang bestimmter Finanzierungsphasen ab, da VC-Gesellschaften möglicherweise auch Buy-Out- oder Mezzanine-Finanzierungen durchführen und sich diese Finanzierungen nicht notwendigerweise bestimmten Finanzierungsphasen zuordnen lassen. In der Praxis verlaufen die Grenzen tatsächlich fließend und lassen sich nur anhand einer Reihe von Kriterien, wie beispielsweise Kapitalbedarf, Risikoprofil, Wachstumsaussichten und Innovationsgrad der Beteiligungsunternehmen, ziehen. Vgl. Schefczyk (2004, S.17ff.).

²⁷ Vgl. Frommann und Dahmann (2005, S.6f.).

²⁸ Eigene Darstellung, in Anlehnung an Frommann und Dahmann (2005, S.6, S.7).

Die Finanzierung der Vorgründungs- (Seed) und Gründungsphase (Start-up) von Unternehmen wird, wie oben beschrieben, unter dem Oberbegriff »Frühphasenfinanzierung« zusammengefasst. Der BVK definiert Seed- und Start-up-Finanzierung wie folgt:

Seed-Finanzierung: »Finanzierung der Ausreifung und Umsetzung einer Idee in verwertbare Resultate bis hin zum Prototyp, auf dessen Basis ein Geschäftskonzept für ein zu gründendes Unternehmen erstellt wird.«²⁹

Start-up-Finanzierung: »Finanzierung eines Unternehmens, das sich in der Gründungsphase, im Aufbau oder seit kurzem im Geschäft befindet und welches seine Produkte noch nicht oder nicht in größerem Umfang vermarktet hat.«³⁰

Unternehmen, die sich in dieser frühen Entwicklungsphase befinden, weisen ein sehr hohes unternehmerisches Risiko auf, da sie die technische und wirtschaftliche Machbarkeit ihrer Idee meist noch nicht demonstrieren konnten. Gleichzeitig besteht in diesem Entwicklungsstadium – gemessen an den vorhandenen Mitteln – ein hoher Kapitalbedarf, um die Ideen für neue Produkte oder Dienstleistungen erfolgreich zu entwickeln, zu testen und zu kommerzialisieren. Das Eigenkapital der Gründer, sogenannter »Friends and Family«-Investoren oder Gründerdarlehen reicht für den nächsten Entwicklungsschritt in der Regel nicht mehr aus, sodass Kapital von externen Investoren beschafft werden muss. Die Spätphasenfinanzierung schließt sich nahtlos an die Frühphasenfinanzierung junger Wachstumsunternehmen an. Sie grenzt sich von der Frühphasenfinanzierung dadurch ab, dass die Unternehmen üblicherweise wirtschaftlich die Grenze zur Profitabilität (Break-Even) bereits erreicht haben. Der Schwerpunkt der unternehmerischen Aktivität verschiebt sich von der Validierung einer technologischen Idee bzw. dem Aufbau eines tragfähigen Geschäftsmodells hin zur Realisierung von Unternehmenswachstum und Marktdurchdringung. Der Kapitalbedarf der Unternehmen steigt in dieser Phase der Entwicklung stark an. Für einen Gang an die Börse bzw. den öffentlichen Kapitalmarkt ist es aber meist noch zu früh, da hierfür in der Regel eine signifikante Unternehmensgröße sowie eine etablierte Geschäftshistorie erforderlich sind. Da sich der Zugang zu den klassischen Finanzierungsinstrumenten – wie beispielsweise Bankdarlehen – nur schrittweise öffnet, sind die Unternehmen auf Venture Capital angewiesen, um sich weiterhin erfolgreich entwickeln zu können.

Der deutsche Markt für Venture Capital wird vom BVK im Jahr 2011 auf ein Anlagevolumen von 687 Mio. Euro geschätzt.³¹ Abbildung 4 zeigt, dass die Ausprägung des VC-Marktes gemessen am Bruttoinlandsprodukt je nach Land weltweit sehr unterschiedlich ist.

²⁹ BVK (2004, S.12).

³⁰ BVK (2004, S.13).

³¹ Vgl. BVK (2012, S.6).

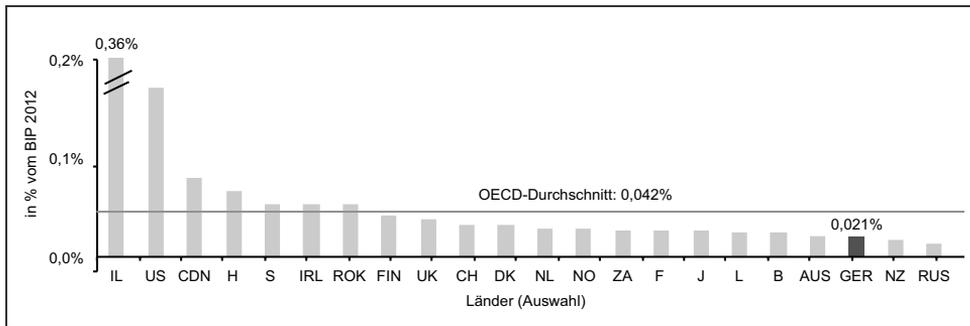


Abbildung 4: Weltweiter VC-Markt nach Ländern in Prozent vom BIP 2012.³²

Entsprechend der Statistik des BVK entfallen in Deutschland auf die zur Finanzierung von innovativen Unternehmensgründungen wichtige Frühphase der Unternehmensentwicklung (Seed- und Start-up-Finanzierungen) mehr als die Hälfte aller Investitionen der VC-Investoren (siehe Abbildung 5).³³

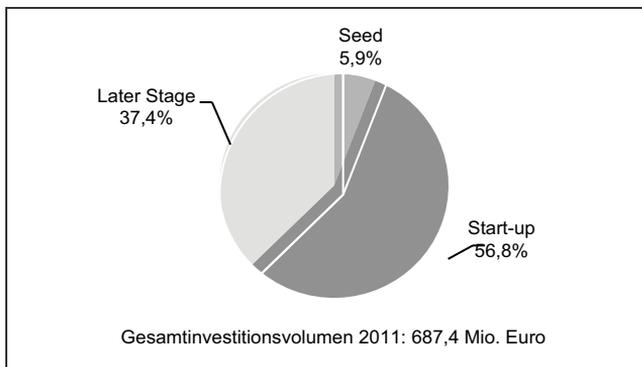


Abbildung 5: Deutscher VC-Markt nach Investmentphase.³⁴

2.1.2 Die Rolle von VC-Gesellschaften

Aus der Kapitalmarktperspektive betrachtet, fungieren VC-Gesellschaften als Intermediäre zwischen Kapitalgebern und Kapitalnehmern (vgl. Abbildung 6).³⁵ VC-Gesellschaften sammeln Kapital bei Investoren ein und stellen es entsprechend ihren Investi-

³² Quelle: OECD (2013, S.89).

³³ Vgl. BVK (2012, S.6).

³⁴ Quelle: BVK (2012, S.6). Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2011 im Seed-Bereich 163 Unternehmen mit durchschnittlich 0,247 Mio. Euro und im Start-up Bereich 395 Unternehmen mit durchschnittlich 0,988 Mio. Euro durch VC-Gesellschaften finanziert. Die geringere Anzahl von Seed-Finanzierungen lässt sich darauf zurückführen, dass in diesem Bereich informelle Kapitalgeber wie Business Angel, die Eigenfinanzierung durch die Gründer oder »Friends and Family«-Investoren eine größere Rolle spielen, die durch die BVK-Statistik nicht erfasst werden. Der Kapitalbedarf ist in dem Vorgründungsstadium außerdem vergleichsweise moderat, da zu diesem Zeitpunkt noch keine kapitalintensiven Investitionen in weiterführende Entwicklungsarbeiten, Produktion oder Vertrieb erforderlich sind.

³⁵ Vgl. Schefczyk (2004, S.26).

tionsrichtlinien den Unternehmen mit dem Ziel zur Verfügung, für die Kapitalgeber eine dem Risiko entsprechende Rendite zu erwirtschaften.

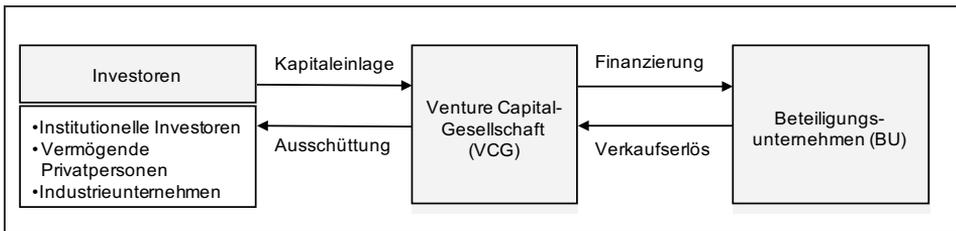


Abbildung 6: Die VC-Gesellschaft als Intermediär zwischen Investor und Unternehmen.³⁶

Die VC-Gesellschaften agieren als Intermediäre in einem Markt, der insbesondere für institutionelle Kapitalgeber, verglichen mit den öffentlichen Kapitalmärkten, intransparent und risikoreich ist.³⁷ Aus Sicht der Kapitalgeber ermöglichen VC-Gesellschaften den Zugang zu rentablen Investitionsmöglichkeiten, die eigenständig nicht notwendigerweise realisiert werden können. Sie verringern außerdem das Investitionsrisiko, da die VC-Gesellschaften sich auf diese Art von Investitionen spezialisieren können und ein kontinuierliches, aktives Management der Beteiligungen sicherstellen.³⁸ Aus der Perspektive der Kapitalnehmer vereinfachen VC-Gesellschaften den Zugang zu Kapital zu möglichst niedrigen Finanzierungskosten.³⁹

2.1.3 Unterschiedliche Arten von VC-Gesellschaften

VC-Gesellschaften lassen sich anhand der Zielsetzung ihrer Kapitalgeber in drei unterschiedliche Kategorien aufteilen: (1) unabhängige VC-Gesellschaften, (2) öffentliche VC-Gesellschaften und (3) unternehmenszugehörige VC-Gesellschaften, im Englischen Corporate Venture Capital Companies genannt.

Unabhängige VC-Gesellschaften sind private, renditeorientierte Investmentgesellschaften, deren Kapitalgeber im Wesentlichen institutionelle Anleger, wie beispielsweise Versicherungen oder Pensionsfonds, sind. Das Investmentinteresse der Investoren – und somit der VC-Gesellschaften – liegt bei ihnen ausschließlich auf der Erzielung einer attraktiven finanziellen Rendite, bezogen auf das eingesetzte Kapital. Unabhängige VC-Gesellschaften müssen daher vor Beginn ihrer Investmenttätigkeit, im Wettbewerb mit anderen VC-Gesellschaften stehend, potentielle Kapitalgeber von ihrem Investmentkonzept und ihrer Investmentkompetenz überzeugen, um von diesen Kapital einzuwerben.⁴⁰

³⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an Schefczyk (2004, S.26) und Höhn (2009, S.13).

³⁷ Vgl. hierzu Kapitel 2.1.1.

³⁸ Vgl. Schefczyk (2004, S.25ff.).

³⁹ Vgl. Schefczyk (2004, S.37).

⁴⁰ Vgl. Norton (1995, S.19f.).

Öffentliche VC-Gesellschaften sind Investmentgesellschaften, deren Kapitalgeber in erster Linie staatliche oder öffentliche Institutionen sind, wie beispielsweise Landesbanken oder Sparkassen. Neben der Erzielung einer finanziellen Rendite spielen zusätzlich wirtschaftspolitische oder standortbezogene Überlegungen bei einer Investitionsentscheidung eine Rolle. Die Existenz sogenannter »Spill-over« Effekte kann Investitionen aus öffentlicher Sicht interessant machen und somit zur Finanzierung von Unternehmen führen, bei denen unabhängige VC-Gesellschaften aufgrund einer unzureichenden finanziellen Rendite eine Finanzierung ablehnen.⁴¹ Außerdem sind öffentliche VC-Gesellschaften offenbar in der Lage, durch eine Beteiligung an jungen Unternehmen Informationsasymmetrien zu verringern und dadurch den Unternehmen den Zugang zu unabhängigen VC-Gesellschaften zu erleichtern.⁴²

Die dritte Kategorie umfasst sogenannte *Corporate Venture Capital-Gesellschaften* (CVCs), deren Investoren etablierte Unternehmen, meistens Industrieunternehmen, sind. Diese Unternehmen verfolgen mit der Etablierung von eigenen, operativ weitestgehend eigenständigen CVC-Einheiten neben finanziellen zu einem wesentlichen Teil auch strategische Interessen.⁴³ Sie erhalten mit Hilfe der CVC-Einheiten einen zeitnahen Überblick über neue, externe Innovationen und technologische Trends sowie Zugang zu innovativen Unternehmen in den für sie strategisch relevanten Geschäftsbereichen.⁴⁴ CVCs verfügen aufgrund ihrer engen Anbindung an ein Unternehmen über umfangreiches technologisches und marktbezogenes Wissen, welches sie bei der Auswahl und der Unterstützung der Beteiligungsunternehmen vorteilhaft einsetzen können. Dies wirkt sich positiv auf die Entwicklung von Beteiligungsunternehmen aus, insbesondere wenn die CVC eigenständig nach unternehmerischen Kriterien entscheiden kann und das Beteiligungsunternehmen strategisch zum CVC passt.⁴⁵

2.1.4 *Venture Capital-Fonds*

VC-Gesellschaften verwalten das ihnen zur Verfügung gestellt Kapital in rechtlich eigenständigen Gesellschaften, den sogenannten Venture Capital-Fonds (VC-Fonds). Die Investoren beteiligen sich mit ihrer Kapitalanlage somit an einem VC-Fonds und nicht an der VC-Gesellschaft selbst. Die VC-Gesellschaft verwaltet den VC-Fonds für die Investoren und erbringt mit ihrer Investitionstätigkeit formell nur eine Managementdienstleistung für den VC-Fonds, welche dieser entsprechend vergütet. Die VC-Gesell-

⁴¹ Vgl. Griliches (1992, S.29ff.), Lerner (2002, S.F78f.) und Bloom et al. (2013, S.1347ff.).

⁴² Vgl. Lerner (1999, S.285ff.), Leleux und Surlemont (2003, S.81ff.) sowie (Cummings 2007, S.223ff.).

⁴³ Vgl. Sykes (1990, S.37ff.), Schween (1996, S.60, S.63ff.), van de Vrande et al. (2011, S.483ff.) und McGrath et al. (2012).

⁴⁴ Vgl. Ivanov und Xie (2010, S.129ff.). Für eine inhaltlichen Abgrenzung gegenüber dem sogenannten »Internal Corporate Venturing« und verwandten Konzepten vgl. Schween (1996, S.17) und Poser (2003, S.81ff.).

⁴⁵ Vgl. Siegel et al. (1988, S.233ff.), Ivanov und Xie (2010, S.129ff.).

schaft verwaltet in der Praxis mehrere zum Teil auch unterschiedliche Fonds gleichzeitig.⁴⁶

Die Investmentstrategie für einen VC-Fonds wird vor dessen Auflegung und Vermarktung gegenüber den Investoren in groben Zügen festgelegt. Wesentliche vereinbarte Investmentparameter sind in der Regel die sektorale und geographische Fokussierung des Fonds, das Entwicklungsstadium der Unternehmen, in die investiert werden soll, die Diversifizierungsgrundsätze sowie der zeitliche Investmenthorizont des Fonds. Somit stehen bereits zu Beginn die wesentlichen Eckpunkte des Risikoprofils der Investitionen fest. Die VC-Gesellschaft muss sich bei ihrer Investitionstätigkeit entsprechend an diese halten. Für die Investoren ergeben sich durch die Investition in einen Fonds, der in mehrere Unternehmen investiert, Diversifizierungs- und Skaleneffekte.⁴⁷

2.1.5 Bedeutung von Venture Capital für den Unternehmenserfolg

Seine große Bedeutung innerhalb der Unternehmensfinanzierung erlangt Venture Capital aufgrund der Bedeutung junger, innovativer, technologieorientierter Unternehmen für die volkswirtschaftliche Entwicklung.⁴⁸ Durch die effiziente Bereitstellung von Kapital tragen VC-Gesellschaften zu der positiven Entwicklung junger, innovativer Unternehmen bei. Empirische Studien weisen einen positiven Effekt von Venture Capital auf das Unternehmenswachstum nach.⁴⁹ Kortum und Lerner finden in ihrer Studie Belege für einen kausalen Zusammenhang zwischen dem Umfang von VC-Investitionen und der Anzahl der beantragten wirtschaftlich relevanten Patente.⁵⁰ Hellmann und Puri zeigen darüber hinaus, dass der Zugang zu Venture Capital die Entwicklung und erfolgreiche Kommerzialisierung von innovativen Produkten beschleunigt.⁵¹ Andere Studien zeigen bei der Analyse von Innovationshemmnissen bei deutschen Hochtechnologieunternehmen, dass der fehlende Zugang zu externen Finanzierungsquellen zu einem Verzicht auf den Beginn neuer Innovationsprojekte führen kann.⁵² Die Erkenntnisse zum positiven Effekt von Venture Capital auf Unternehmen gelten insbesondere für junge, innovative Technologieunternehmen, die von unabhängigen VC-Gesellschaften finanziert werden.⁵³ Dabei ist der Wirkungsmechanismus von Venture Capital auf die Unternehmensentwicklung und Innovationsfähigkeit nicht auf die Bereitstellung von Kapital zu angemessenen Konditionen beschränkt. VC-Gesellschaften stellen den Unternehmen zusätzlich unternehmerisches und teilweise auch technologisches Know-how zur Verfügung bzw. vermitteln dieses mit Hilfe ihres Netzwerkes, beste-

⁴⁶ Vgl. Sahlman (1990, S.488).

⁴⁷ Vgl. Feinendegen et al. (2002, S.5) und (Tausend 2006, S.22).

⁴⁸ Vgl. Licht und Nerlinger (1998, S.1005ff.) sowie Schneider und Veugelers (2010, S.969ff.).

⁴⁹ Vgl. Engel (2002, S.1ff.), Engel und Keilbach (2007, S.150ff.) sowie Bertoni et al. (2011, S.1028ff.).

⁵⁰ Vgl. Kortum und Lerner (2000, S.674ff.).

⁵¹ Vgl. Hellmann und Puri (2000, S.959ff.).

⁵² Vgl. Rammer und Weißenfeld (2008, S.61).

⁵³ Vgl. Bertoni et al. (2005, S.1ff.) und Bertoni et al. (2013, S.527ff.).

hend aus anderen VC-Gesellschaften, Portfoliounternehmen, Banken und Forschungseinrichtungen.⁵⁴

2.1.6 Investmentprozess von VC-Gesellschaften

Der Investmentprozess von VC-Gesellschaften wird in der Literatur unterschiedlich dargestellt. Abhängig von der Untersuchungsperspektive und dem Forschungsschwerpunkt der jeweiligen Untersuchung variieren die verwendeten Modelle hinsichtlich Anzahl, Aufteilung und Benennung der Prozessschritte.⁵⁵ Als Grundlage für die vorliegende Untersuchung wird der Investmentprozess aus der Perspektive der VC-Gesellschaft betrachtet und schließt somit die Einwerbung von Kapital vor Beginn des Investmentprozesses i.e.S. mit ein (siehe Abbildung 7).

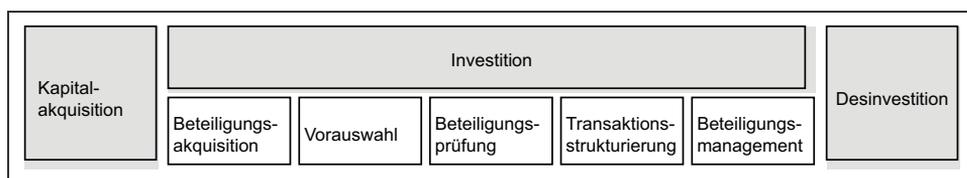


Abbildung 7: Investmentprozess aus Sicht der VC-Gesellschaft.⁵⁶

2.1.6.1 Kapitalakquisition

Unabhängige VC-Gesellschaften sind auf die Einwerbung von externem Kapital zur Finanzierung ihrer Investmenttätigkeit angewiesen.⁵⁷ Dabei stehen sie mit anderen VC-Gesellschaften und Anlageklassen im Wettbewerb um ein begrenztes Angebot an Kapital, welches in erster Linie von institutionellen Investoren, wie beispielsweise Versicherungen oder Pensionsfonds, verwaltet wird.⁵⁸ Zahlreiche Untersuchungen befassen sich mit den Entscheidungskriterien, nach welchen die institutionellen Investoren ihr Kapital anlegen.⁵⁹ Gompers und Lerner zeigen, dass aus Sicht der VC-Gesellschaften der bisherige Investorfolg sowie die Reputation einer VC-Gesellschaft wesentliche Erfolgsfaktoren bei der Einwerbung von Kapital bei institutionellen Investoren darstellen.⁶⁰ Aber auch allgemeine Faktoren, wie beispielsweise das aktuelle Kapitalmarktumfeld für Börsengänge, beeinflussen die Bereitschaft institutioneller Investoren in VC-Fonds zu investieren.⁶¹

⁵⁴ Vgl. Sapienza (1992, S.9ff.), Sapienza et al. (1996, 439ff.), Lindsey (2008, S.1137ff.) sowie Colombo und Grilli (2010, S.610ff.).

⁵⁵ Vgl. Tyejee und Bruno (1984, S.1051ff.), Fried und Hisrich (1994, S.28ff.), Schefczyk (2004, S.38ff.), Pankotsch (2005, S.29ff.) und Höhn (2009, S.19ff.).

⁵⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an Tyejee und Bruno (1984, S.1051ff.), Schefczyk (2004, S.38ff.).

⁵⁷ Vgl. Schefczyk (2004, S.38).

⁵⁸ Vgl. Gonnard et al. (2008, S.1ff.).

⁵⁹ Vgl. z.B. Falkenstein (1996, S.111ff.), Arnswald (2001, S.1ff.) oder Groh (2012, S.15ff.).

⁶⁰ Vgl. Gompers et al. (1998, S.149ff.) sowie Barnes und Menzies (2005, S.209ff.) und Groh und Liechtenstein (2011, S.532ff.).

⁶¹ Vgl. Black und Gilson (1998, S.243ff.), Jeng und Wells (2000, S.241ff.).

2.1.6.2 *Investition*

Die eigentliche Investitionsphase, in der die VC-Gesellschaft das Kapital in Beteiligungsunternehmen investiert, lässt sich grob - und für die Zwecke dieser Studie ausreichend - in fünf Abschnitte unterteilen: (1) Beteiligungsakquisition, (2) Vorauswahl, (3) Beteiligungsprüfung, (4) Transaktionsstrukturierung und (5) Beteiligungsmanagement.

Beteiligungsakquisition

Der erste Schritt des Investitionsprozesses umfasst die Suche nach potentiellen Unternehmen, die sich als Investitionsmöglichkeit eignen. Die VC-Gesellschaften werden dabei zu einem Großteil direkt von Unternehmen, die Kapital suchen, angesprochen oder sie werden mittelbar über andere Marktakteure, wie Investmentbanken, Beratungsgesellschaften oder andere VC-Gesellschaften, auf Investitionsmöglichkeiten aufmerksam gemacht. Zusätzlich suchen die VC-Gesellschaften auch selbst aktiv direkt oder über ihr eigenes Netzwerk nach geeigneten Kandidaten.⁶² Teilweise erhalten VC-Gesellschaften bis zu 1.000 Anfragen pro Kalenderjahr, von denen nur ca. 1–3 Prozent tatsächlich auch zu einer Beteiligung führen.⁶³ Die Herausforderung besteht in diesem Stadium daher weniger in der Generierung einer ausreichenden Anzahl von Anfragen, als vielmehr darin, die Qualität der Anfragen bzw. die Übereinstimmung der Anfragen mit dem Investmentfokus der VC-Gesellschaft zu überprüfen.

Vorauswahl

Im Rahmen einer Vorauswahl werden die Erstkontakte mit den allgemeinen Investitionskriterien der VC-Gesellschaft bzw. des in Frage kommenden Fonds abgeglichen und es wird eine kurze Vorprüfung des Geschäftsplanes anhand der eingereichten Unternehmensinformationen vorgenommen.⁶⁴ Ziel dieser Vorauswahl ist es, die hohe Anzahl der erhaltenen bzw. generierten Beteiligungsanfragen mit einem geringen Zeitaufwand auf die wirklich passenden und interessanten Kandidaten zu reduzieren. Außerdem wird eine erste indikative inhaltliche Beurteilung der möglichen wirtschaftlichen Attraktivität des Unternehmens vorgenommen.⁶⁵ Untersuchungen zeigen, dass bereits in dieser ersten Phase bis zu 80 Prozent der Anfragen von den Investmentexperten der VC-Gesellschaften aussortiert werden.⁶⁶

⁶² Vgl. Fried und Hisrich (1994, S.31f.), Schefczyk (2004, S.44), Höhn (2009, S.20).

⁶³ Vgl. Fiet (1995a, S.556), Boocock und Woods (1997, S.46), Schefczyk (2004, S.45).

⁶⁴ Vgl. Fried und Hisrich (1994, S.32), Schefczyk (2004, S.44), Golis et al. (2009, S.195).

⁶⁵ Vgl. Hall und Hofer (1993, S.34ff.) sowie Fiet (1995a, S.32).

⁶⁶ Vgl. Schefczyk (2004, S.44f.), Boocock und Woods (1997, S.48).

Beteiligungsprüfung

Beteiligungsunternehmen, die aufgrund formeller oder inhaltlicher Gründe in der ersten Überprüfung nicht aussortiert wurden und somit potentiell für ein Investment in Frage kommen, werden in einem nächsten Schritt einer genaueren Überprüfung unterzogen und auch bewertet.⁶⁷ Dabei nutzen VC-Gesellschaften neben ihrer eigenen Expertise auch das Know-how externer Experten, insbesondere dann, wenn sie intern nicht über das erforderliche Know-how verfügen um ein Beteiligungsunternehmen angemessen zu überprüfen.⁶⁸ Zahlreiche Untersuchungen befassen sich mit den Kriterien, die VC-Gesellschaften in dieser zentralen Phase ihrer Investmententscheidung berücksichtigen.⁶⁹ Dabei geht es den VC-Gesellschaften darum, auf der einen Seite die potentiellen Risikofaktoren zu identifizieren und auf der anderen Seite, das Renditepotential des Beteiligungsunternehmens zu evaluieren. Die VC-Gesellschaft steht vor dem grundlegenden Problem eines Investors, dass die relevanten Informationen asymmetrisch zu Gunsten der Unternehmen verteilt sind. Ziel der Beteiligungsprüfung ist es, diese Informationsasymmetrie mit Hilfe einer intensiven Unternehmensprüfung aufzulösen und eine tragfähige Grundlage für eine Investmententscheidung zu finden. Die Analyse des Risiko-Rendite-Verhältnisses dient dabei als Ausgangspunkt für eine spätere Investitionsentscheidung der VC-Gesellschaft.⁷⁰ Mit Blick auf wesentliche Risiken werden in der Regel die technische Machbarkeit für das zu entwickelnde Produkt bzw. die Technologie (Technologierisiko), die Attraktivität des Absatzmarktes (Markttrisiko), die Kompetenz des Management-Teams (Managementrisiko) und finanzielle Aspekte, wie die Entwicklung von relevanten Unternehmenskennziffern und Bewertungsparametern (Renditepotential), analysiert.⁷¹ Bestandteil der detaillierten Unternehmensprüfung ist auch eine erste finanzielle Bewertung des Beteiligungsunternehmens.⁷² Die Bewertung kann sich häufig aufgrund mangelnder finanzieller Kennziffern nicht an traditionellen Bewertungsmethoden orientieren.⁷³ Vielmehr wird die Bewertung in der Regel im Rahmen von Verhandlungen und mit Blick auf vergleichbare Transaktionen ermittelt.⁷⁴ Für VC-Gesellschaften ist die Bewertung ein wichtiger Parameter, um die erwartete Rendite in das entsprechende Verhältnis zum ermittelten Risikoprofil zu setzen.

⁶⁷ Vgl. Tyebjee und Bruno (1984, S.1053), Fried und Hisrich (1994, S.32ff.), Schefczyk (2004, S.44f.).

⁶⁸ Vgl. De Clercq und Dimov (2008, S.585ff.).

⁶⁹ Vgl. Tyebjee und Bruno (1984, S.1057ff.), MacMillan et al. (1987, S.123ff.), Hisrich und Jankowicz (1990, S.49ff.).

⁷⁰ Vgl. Ruhnka und Young (1991, S.123).

⁷¹ Vgl. Tyebjee und Bruno (1984, S.1057ff.), MacMillan et al. (1985, S.119ff.), Kollmann und Kuckertz (2010, S.741ff.).

⁷² Vgl. Fried und Hisrich (1994, S.34).

⁷³ Vgl. Mechner (1989, S.85ff.), Achleitner und Nathusius (2003, S.1ff.), Mathonet und Meyer (2007, S.335), Golis et al. (2009, S.208), Vara (2010).

⁷⁴ Vgl. Cumming und Dai (2011, S.2ff.).

Transaktionsstrukturierung

Die Transaktionsstrukturierung schließt sich nahtlos an die Beteiligungsprüfung an bzw. wird teilweise parallel dazu durchgeführt.⁷⁵ Die VC-Gesellschaft entscheidet in dieser Phase neben der Bewertung des Unternehmens und des Preises zu dem sie bereit ist, eine Beteiligung einzugehen, über die formelle Strukturierung der Beteiligung. Die Vorstellungen der VC-Gesellschaft hierzu werden in einem sogenannten Term-Sheet zusammengefasst, welches als Grundlage für die Vertragsverhandlungen mit der Beteiligungsgesellschaft dient.⁷⁶

Die Transaktionsstrukturierung und Beteiligungsvertragsgestaltung stellt für die VC-Gesellschaft neben der umfassenden Beteiligungsprüfung ein zweites wichtiges Mittel zum Risikomanagement ihrer Beteiligungen dar. Die Strukturierung zielt neben einer Verringerung des allgemeinen Investmentrisikos in erster Linie auf eine Lösung des sogenannten Principal-Agent-Problems ab. Dieses Problem entsteht generell bei der Trennung von Eigentum (Investor/Principal) und Kontrolle (Management/Agent), da erstens Investor und Management zumindest teilweise unterschiedliche Interessen verfolgen, zweitens die Informationen zwischen Investor und Management ungleich verteilt sind und drittens nicht alle zukünftigen Ereignisse vertraglich geregelt werden können.⁷⁷ Eine entsprechende Transaktionsstrukturierung und vertragliche Gestaltung ermöglicht es, diese Risiken aus Sicht der VC-Gesellschaften zu mitigieren.⁷⁸ Zu den möglichen Strukturierungsoptionen zählen unter anderem die zeitliche Staffelung der Kapitalbeteiligung entsprechend dem Unternehmensfortschritt, die Vereinbarung einer erfolgsabhängigen Managementvergütung und die Besetzung von Aufsichtsratspositionen durch Mitarbeiter der VC-Gesellschaft.⁷⁹ Die Phase der Transaktionsstrukturierung und der Vertragsverhandlungen kommt nur bei ca. der Hälfte der bearbeiteten Fälle zu einem erfolgreichen Abschluss, sodass letztlich nur ein sehr geringer Prozentsatz der Beteiligungsanfragen mit einer Kapitalbeteiligung durch die VC-Gesellschaft endet.⁸⁰

Beteiligungsmanagement

Nach dem erfolgreichen Abschluss einer Beteiligungsvereinbarung beginnt für die VC-Gesellschaft die Phase des Beteiligungsmanagements. Dieses umfasst aus Sicht der VC-Gesellschaft auf der einen Seite die eher passive Kontrolle der Beteiligung auf Ba-

⁷⁵ Vgl. Fried und Hisrich (1994, S.34), Schefczyk (2004, S.46ff.).

⁷⁶ Vgl. Schefczyk (2004, S.45).

⁷⁷ Vgl. Holmström (1979, S.74ff.), Sahlman (1990, S.493–503), Shleifer und Vishny (1997, S.737ff.), Kaplan und Strömberg (2004, S.2177ff.).

⁷⁸ Vgl. Gompers (1995, S.1461ff.), Lerner (1995, S.301ff.) und Douglas (2012, S.70ff.).

⁷⁹ Eine ausführliche Darstellung möglicher Strukturierungsoptionen findet sich u.a. in Sahlman (1990, S.503–506), Kaplan und Strömberg (2004, S.2195–2208) sowie Schefczyk (2004, S.47–54). Bengtsson und Sensoy (2011, S.477ff.) zeigen, dass die vertragliche Ausgestaltung in der Praxis auch von Eigenschaften der VC-Gesellschaften wie z.B. deren Investmentenerfahrung abhängt.

⁸⁰ Boocock und Woods (1997, S.46) ermitteln in ihrer Untersuchung eine Erfolgsquote von nur 1,46 Prozent.

sis der vom Beteiligungsunternehmen und externen Quellen zur Verfügung gestellten Informationen und auf der anderen Seite die nach Bedarf ausgestaltete aktive Managementunterstützung des Beteiligungsunternehmens durch die Investmentexperten der VC-Gesellschaft.⁸¹ Im Gegensatz zu dem Beteiligungsunternehmen verfügen die Investmentexperten der VC-Gesellschaft aufgrund ihrer regelmäßigen Beschäftigung mit unternehmerischen Entscheidungen junger Wachstumsunternehmen über entsprechende Managementenerfahrung sowie relevante Kontakte zu einem Netzwerk aus Industrieexperten und Geschäftspartnern, welche sie dem Beteiligungsunternehmen bei Bedarf zur Verfügung stellen können. Verschiedene Studien zeigen, dass VC-Gesellschaften durch ihr aktives Beteiligungsmanagement den unternehmerischen Erfolg des Beteiligungsunternehmens positiv beeinflussen können. Gorman und Sahlman zeigen, dass die Investmentexperten der VC-Gesellschaften einen Großteil ihrer Zeit damit verbringen, die Beteiligungsunternehmens bei übergeordneten Aufgaben, wie der weiteren Kapitalbeschaffung, sowie bei strategischen Analysen und der Rekrutierung von kompetenten Managern zu unterstützen.⁸² Wie hoch der Mehrwert der VC-Gesellschaft für das Beteiligungsunternehmen ist, hängt dabei von der Situation und dem Einzelfall ab. Entsprechend einer Studie von Sapienza fällt der Mehrwert umso höher aus, je regelmäßiger und offener die Kommunikation zwischen VC-Gesellschaft und Beteiligungsunternehmen ist.⁸³ Die beratende Tätigkeit der VC-Gesellschaft erstreckt sich sowohl auf strategische Einschätzungen der Unternehmensausrichtung als auch auf operative Fragen der Unternehmensführung.⁸⁴ Aufgrund ihrer zeitlichen Beschränkung dienen die VC-Gesellschaften den Beteiligungsunternehmen dabei aber in der Regel als Ideengeber und Sparringspartner. Eine Einbindung in zeitaufwendige Prozesse des Tagesgeschäfts wie bspw. die Technologieentwicklung oder die Kundenansprache findet nach Möglichkeit nicht statt.⁸⁵

2.1.6.3 *Desinvestment*

Der Zeitraum über den die VC-Gesellschaft an dem Beteiligungsunternehmen beteiligt bleibt, richtet sich nach dem Unternehmensfortschritt des Beteiligungsunternehmens sowie den internen Anlagerichtlinien der VC-Gesellschaft. In der Regel beträgt die Laufzeit der VC-Fonds bei unabhängigen VC-Gesellschaften bis zu 10 Jahre.⁸⁶ Die übliche Haltedauer der jeweiligen Investitionen ist entsprechend kürzer und liegt in der Mehrheit der Fälle zwischen zwei und fünf Jahren.⁸⁷ Danach werden die Beteiligungen monetisiert und das Kapital an die Anleger ausgeschüttet. Die gängigsten Vorgehens-

⁸¹ Vgl. Pankotsch (2005, S.62–65), Botazzi et al. (2008, S.488ff.) und Ivanov und Xie (2010, S.129ff.).

⁸² Vgl. Gorman und Sahlman (1989, S.231ff.).

⁸³ Vgl. Sapienza (1992, S.9ff.) oder Bottazzi et al. (2008, S.488ff.).

⁸⁴ Vgl. Fried et al. (1998, S.493ff.) sowie Schefczyk und Gerpott (2001, S.201ff.).

⁸⁵ Vgl. MacMillan et al. (1989, S.27ff.).

⁸⁶ Vgl. Sahlman (1990, S.490), Gompers und Lerner (2001, S.147). VC-Fonds die von öffentlichen VCGs oder CVC-Gesellschaften verwaltet werden, weisen häufig auch eine unbegrenzte Laufzeit auf.

⁸⁷ Vgl. Schwienbacher (2005, S.13f.), EVCA (2002, S.11) und Cumming und Johan (2010, S.254).

weisen, eine Beteiligung zu beenden, sind für die VC-Gesellschaften der Börsengang (Initial Public Offering/IPO), der Verkauf an einen strategischen Investor (Trade Sale), einen anderen Investmentfonds (Secondary Sale), an das Management- bzw. Gründer-team (Management-Buy-out/MBO) oder im Falle eines Scheiterns, die Abwicklung der Beteiligung (Write-off).⁸⁸ Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Ausstiegsoptionen am Beispiel des deutschen VC-Marktes im Jahr 2011.

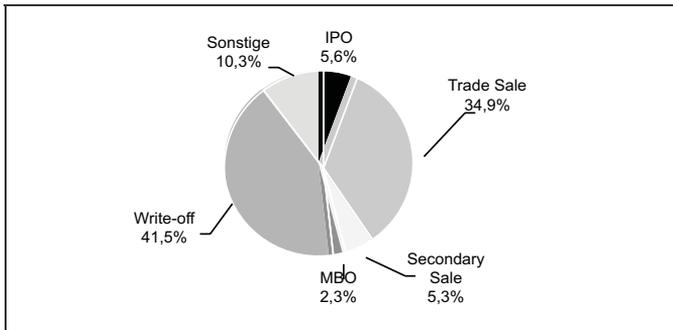


Abbildung 8: Desinvestitionen von VC-Beteiligungen nach Exit-Kanälen.⁸⁹

2.2 Erneuerbare Energien

Das entscheidende Kennzeichen erneuerbarer Energien ist, dass sie im Gegensatz zu fossilen oder nuklearen Energieformen praktisch dauerhaft zur Verfügung stehen oder sich in sehr kurzer Zeit regenerieren. Erneuerbare Energien können daher wie folgt definiert werden:

»Unter erneuerbaren Energien werden die Primärenergien verstanden, die – gemessen in menschlichen Dimensionen – als unerschöpflich angesehen werden.«⁹⁰

Hinzu kommt, dass bei der Nutzung erneuerbarer Energien im Gegensatz zu fossilen Energien keine zusätzlichen Treibhausgase emittiert werden.⁹¹ Sie tragen somit nicht zum Treibhauseffekt bei. Dabei handelt es sich um Sonnenenergie, geothermische Energie und Energie aus Planetengravitation und -bewegung.⁹² Die Energie aus diesen Quellen tritt auf der Erde aufgrund von physikalischen Umwandlungsprozessen in unterschiedlichen Formen direkt oder indirekt in Erscheinung (vgl. Abbildung 9).

⁸⁸ Vgl. Cumming und MacIntosch (2003, S.511ff.).

⁸⁹ BVK (2012, S.8). Die Daten beziehen sich auf Desinvestitionen von VC-Gesellschaften in Deutschland im Jahr 2011.

⁹⁰ Kaltschmitt et al. (2006, S.4).

⁹¹ Bei der Nutzung von Biomasse wird nur die Menge an Kohlendioxid freigesetzt, die vorher während des Wachstums der Biomasse gebunden wurde. Die Kohlenstoffbilanz der Nutzung von Biomasse ist also i.W. ausgeglichen.

⁹² Vgl. Kaltschmitt et al. (2006, S.37–42).

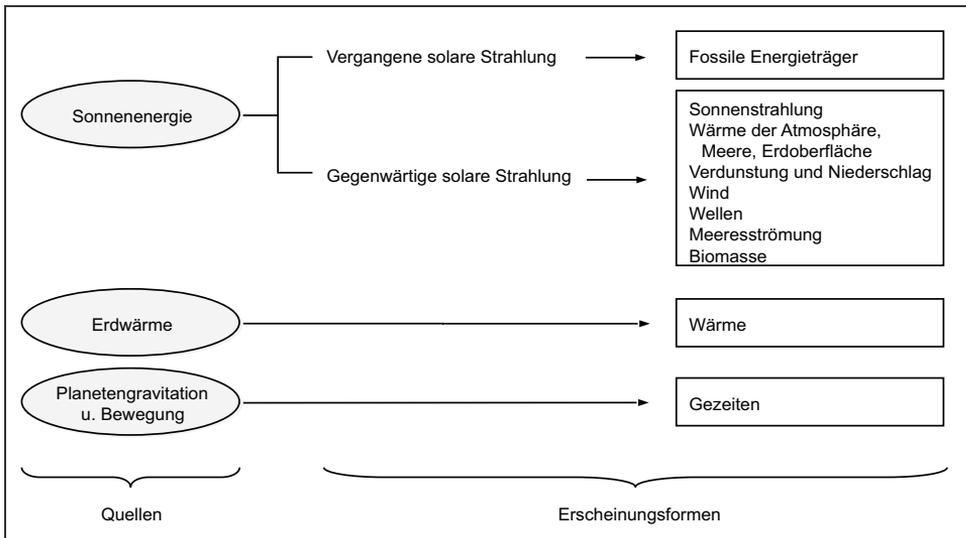


Abbildung 9: Quellen und Erscheinungsformen erneuerbarer Energie.⁹³

Aus technologischer Sicht lassen sich die erneuerbaren Energien übergreifend in fünf Bereiche unterteilen: (1) Windenergie, (2) Sonnenenergie, (3) Wasserkraft, (4) Geothermie und (5) Biomasse. Je nach technologischem Ansatz wird die Energie auf unterschiedliche Art und Weise nutzbar gemacht. Diese Bereiche können weiter in verschiedene Sektoren und Technologiesegmente aufgeteilt werden.

2.2.1 Erneuerbare-Energie-Technologien

Mit Blick auf die Zielsetzungen dieser Arbeit wird der Begriff »erneuerbare Energie-Technologie« auf solche Technologien bezogen, die zur *Erzeugung* von elektrischer, chemischer oder thermischer Energie aus den oben genannten fünf Bereichen eingesetzt werden. Komplementäre technologische Bereiche wie bspw. Energiespeicher, Übertragungstechnologie oder Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz, werden hiervon abgegrenzt, da sie auch im Zusammenhang mit traditionellen Energien angewendet werden. Im Gegensatz zu Erneuerbare-Energie-Technologien ist der in der Literatur häufig verwendete Begriff »Umwelttechnologien« oder »Clean Technologies« (Cleantech) deutlich weiter gefasst. Er umfasst generell alle Technologien, Produkte und Dienstleistungen die zu einem geringeren Ressourceneinsatz führen, Emissionen vermindern und Abfälle reduzieren.⁹⁴ Abbildung 10 veranschaulicht die Abgrenzung der verschiedenen Begriffe.

⁹³ Leicht modifiziert übernommen aus Kaltschmitt et al. (2013, S.55).

⁹⁴ Vgl. Deutsches CleanTech Institut (o.J.).

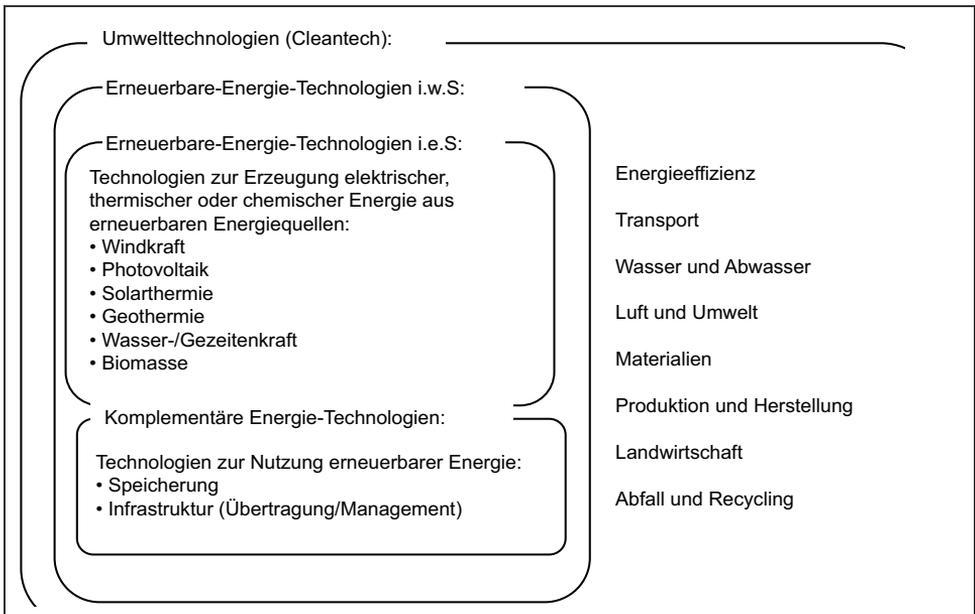


Abbildung 10: Überblick der Umwelttechnologien.⁹⁵

In den nachfolgenden Abschnitten werden die wesentlichen Erneuerbare-Energie-Technologien i.e.S. kurz dargestellt.⁹⁶ Die Betrachtung bezieht sich auf das Jahr 2011.⁹⁷

2.2.1.1 Windkraft

Technologien, die Energie aus Windkraft gewinnen, werden allgemein als Windkraftanlagen (WKAs) bezeichnet. Sie nutzen die in bewegter Luft vorhandene kinetische Energie, wandeln diese in elektrische Energie um und speisen sie in das Stromnetz ein. Es existieren eine Reihe unterschiedlicher technologischer Konzepte, die hierzu eingesetzt werden.⁹⁸

Technologie

Unabhängig vom technologischen Konzept lassen sich WKAs aus wirtschaftlicher Sicht in drei Kategorien unterteilen: (1) Kleinanlagen für den privaten Gebrauch mit einer Leistung von bis zu 10 kW. Kleinanlagen werden ähnlich wie Photovoltaikanlagen auf Hausdächern oder in netzfernen Gebieten installiert. Der erzeugte Strom wird in erster Linie lokal verbraucht, kann aber auch in das Netz eingespeist werden. (2)

⁹⁵ Eigene Darstellung.

⁹⁶ Für eine weiterführende Darstellung vgl. insbesondere Kaltschmitt et al. (2013).

⁹⁷ Die Datenerhebung bei den VC-Gesellschaften für diese Studie fand im Zeitraum von Juni 2011 bis Februar 2012 statt. Die Beschreibung der Technologiesegmente für das Jahr 2011 stellt daher den technischen und wirtschaftlichen Kontext dar, in dem die Daten für die vorliegende Studie erhoben wurden.

⁹⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.471f.).

Kleinanlagen für den privaten, landwirtschaftlichen oder gewerblichen Gebrauch mit einer Leistung zwischen 10 kW und 100 kW. Kleinanlagen benötigen im Gegensatz zu Kleinstanlagen aufgrund ihrer Größe bereits eigenständige Turmstrukturen. Der technische und finanzielle Aufwand für die Installation dieser Anlagen ist entsprechend höher als bei Kleinstanlagen. Aufgrund ihrer höheren Leistung kommen sie in erster Linie bei gewerblichen Nutzern und außerhalb städtischer Bebauung zum Einsatz. (3) Großanlagen weisen eine Leistung von mehr als 100 kW auf. Sie werden ausschließlich zur kommerziellen Stromerzeugung genutzt und daher an das Stromnetz angebunden. Aufgrund einer besseren Ausnutzung der an einem Standort vorherrschenden Windkraft geht der Trend hin zu höheren und größeren WKAs. Im Jahr 2011 betrug in Deutschland die durchschnittlich installierte Leistung von großen WKAs 2,24 MW pro WKA.⁹⁹ Die Gestehungskosten für Strom aus WKAs liegen, abhängig von der Anlagengröße und den vorherrschenden Windverhältnissen am jeweiligen Standort, typischerweise zwischen ca. 5,7 und 14,7 Eurocent pro kWh.¹⁰⁰ Aus dem Bestreben, die Stromgestehungskosten weiter zu senken, ergibt sich ein weiterhin hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei Windkraftanlagen. Im Vordergrund steht hierbei die Entwicklung von noch leistungsfähigeren und zuverlässigeren Windkraftanlagen, die zu geringeren Kosten und mit einem geringeren Materialaufwand hergestellt und für unterschiedliche topografische Bedingungen optimal angepasst werden können. Hierfür sind u.a. neue, leichtere Materialien und Komponenten sowie innovative Design-, Fertigungs- und Logistikkonzepte erforderlich. Zusätzlich erfordern die stark ansteigenden und schwankenden Windstrommengen neue Konzepte zur Stromnetzintegration und -stabilisierung.¹⁰¹

Markt

Die nominelle Gesamtleistung aller in Deutschland installierten 22.297 WKAs belief sich Ende 2011 auf 29,1 GW installierte Leistung.¹⁰² Sie lieferten im Jahr 2011 eine Strommenge von 48,8 GWh, was einem Anteil von 8,1 Prozent am Stromverbrauch in Deutschland bzw. ca. 39,6 Prozent der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien entspricht.¹⁰³ Das hohe Marktwachstum für neue WKAs hat sich in Deutschland aufgrund einer knapper werdenden Verfügbarkeit von geeigneten Standorten an Land in den letzten Jahren deutlich abgeschwächt. Im Jahr 2011 wurden allerdings mit 895 Anlagen und einer Gesamtleistung von 2,0 GW wieder mehr neue Anlagen installiert.¹⁰⁴ Dies entspricht einem Anstieg von 18 Prozent bezogen auf die Anzahl der neu installierten Anlagen bzw. 29 Prozent bezogen auf die neu installierte Leistung gegenüber dem Jahr

⁹⁹ Vgl. Molly (2011, S.11).

¹⁰⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.526).

¹⁰¹ Vgl. FVEE (2010, S.38–46).

¹⁰² Vgl. Molly 2011 (2011, S.11).

¹⁰³ Vgl. BMU (2013).

¹⁰⁴ Vgl. Molly (2011, S.11).

2010.¹⁰⁵ Ein signifikantes Marktwachstum wird in Deutschland für Großanlagen durch den Austausch älterer WKAs (Repowering) bzw. die Installation von WKAs auf dem Meer (offshore) erwartet.¹⁰⁶ Außerhalb Deutschlands schwächt sich das Marktwachstum für neue WKAs weiter moderat ab. Innerhalb der Europäischen Union¹⁰⁷ wurden im Jahr 2011 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 9,6 GW neu installiert. Dies entspricht einem Rückgang von 0,3 Prozent bezogen auf die neu installierte Leistung gegenüber dem Jahr 2010.¹⁰⁸

2.2.1.2 Photovoltaik

Photovoltaik (PV) wandelt Sonneneinstrahlung mit Hilfe von Solarzellen direkt in elektrische Energie um.¹⁰⁹ Photovoltaikanlagen (PVAs) bestehen, neben den in Solarmodulen zusammengefassten Solarzellen, aus weiteren elektrischen Komponenten, die die Einspeisung des erzeugten elektrischen Stroms in Stromnetze ermöglichen. PV-Technologie lässt sich aus wirtschaftlicher Sicht in zwei unterschiedliche Typen kategorisieren, je nachdem in welcher Form das Halbleitermaterial, welches die Umwandlung von Licht in elektrischen Strom ermöglicht, verwendet wird: (1) Waferbasierte Solarzellen, die aus halbleitenden Wafern hergestellt werden, und (2) Dünnschicht-Solarzellen, bei denen der Halbleiter in einer dünnen Schicht auf ein anderes Trägermaterial aufgetragen wird.¹¹⁰

Technologie

Waferbasierte kristalline Solarzellen machen bisher den Großteil der in PVAs eingesetzten Solarzellen aus.¹¹¹ Sie weisen je nach verwendetem Material einen relativ hohen Wirkungsgrad von bis zu 18 Prozent und eine gute Haltbarkeit auf.¹¹² Aufgrund des relativ hohen Verbrauchs von Halbleitermaterialien stehen dem hohen elektrischen Wirkungsgrad hohe Herstellungskosten gegenüber. Die Stromgestehungskosten liegen bei kleinen, dezentralen PV-Anlagen auf Basis von waferbasierten kristallinen Solarzellen in Deutschland mit seiner moderaten Sonneneinstrahlung bei ca. 0,30 bis

¹⁰⁵ Vgl. Molly (2011, S.5, S.8).

¹⁰⁶ Vgl. BMU (2009, S.39–41).

¹⁰⁷ EU 27, exkl. Deutschland.

¹⁰⁸ Vgl. EWEA (2012, S.4).

¹⁰⁹ Vgl. Kaltschmitt (2013, S.353).

¹¹⁰ Die beiden technologischen Ansätze stellen in 2011 99,2 Prozent des PV-Weltmarktes. Andere technologische Konzepte wie bspw. Konzentratorzellen befinden sich noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium und werden daher nicht gesondert betrachtet. Vgl. Hering (2012, S.53).

¹¹¹ Im Jahr 2011 betrug der Marktanteil von waferbasierten Solarzellen 87,9 Prozent. Vgl. Hering (2012, S.53).

¹¹² Der Wirkungsgrad bezeichnet den Anteil der eintreffenden Sonnenenergie der in elektrischen Strom umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad von 18 Prozent bezieht sich hier auf den in der großtechnischen Produktion von kristallinen Solarzellen erzielbaren Wert. Die Haltbarkeit liegt bei mehr als 20 Jahren. Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.373 und S.389).

0,35 Euro/kWh.¹¹³ In Südeuropäischen Ländern liegt dieser Wert aufgrund der höheren Sonneneinstrahlung bei bis zu 0,18 bis 0,20 Euro/kWh¹¹⁴.

Dünnschicht-Solarzellen nutzen ein kostengünstiges Trägermaterial, bspw. Glas oder Kunststoff und beschichten dieses mit einer dünnen Schicht aus halbleitendem Material. Aufgrund des geringen Materialverbrauches und produktionstechnischen Vorteilen können Dünnschicht-Solarzellen relativ kostengünstig hergestellt werden. Allerdings verfügen sie auch über einen geringeren elektrischen Wirkungsgrad von nur bis zu ca. 10 Prozent, sodass insbesondere bei einem begrenzten Flächenangebot – wie beispielsweise auf Hausdächern – ihre Einsatzmöglichkeit eingeschränkt ist. Der Preisvorteil für die Solarzellen wird durch die höheren Aufwendungen für die Installation entsprechend größerer Flächen teilweise wieder aufgehoben.¹¹⁵

Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich Photovoltaik ist mit Blick auf eine weitere Reduzierung der Stromgestehungskosten sehr hoch. Schwerpunkte liegen bei den bereits etablierten PV-Technologien auf einer weiteren Erhöhung der Wirkungsgrade durch kontinuierliche inkrementelle Innovationen bei einem gleichzeitig geringeren Materialverbrauch sowie insgesamt effizienteren Herstellungsprozessen. Neben der schrittweisen Verbesserung bereits etablierter PV-Technologien werden auch gänzliche neue Materialien und PV-Konzepte erforscht (z.B.: organische Photovoltaik, Konzentratorzellen und Mehrfachsolarzellen) mit denen sich möglicherweise eine deutliche Steigerung der Wirkungsgrade oder eine deutliche Kostensenkung gegenüber den etablierten Technologien erzielen lässt.¹¹⁶

Markt

Die Gesamtleistung aller in Deutschland installierten PV-Anlagen belief sich Ende 2011 auf 25,0 GW. Sie lieferten im Jahr 2011 eine Strommenge in Höhe von 19.340 GWh oder 3,2 Prozent des elektrischen Stromverbrauchs. Das Marktwachstum hat aufgrund der Bekanntgabe von weiteren Kürzungen der Einspeisevergütung noch einmal zugenommen und betrug mit 7,5 GW neu installierte Leistung 7,1 Prozent mehr als im Jahr 2010.¹¹⁷ Für die Zukunft wird aufgrund einer stärker sinkenden Einspeisevergütung mit einem Rückgang der Wachstumsraten in Deutschland gerechnet. Außerhalb Deutschlands wächst der Markt ebenfalls deutlich. Im Jahr 2011 wurden in der EU außerhalb Deutschlands PV-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 14,5 GW neu installiert, was einem Wachstum von 125 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht. Im Rest der Welt wurden weitere 7,7 GW neu installiert, was einem Wachstum von 127

¹¹³ Vgl. Kost und Schlegel (2010, S.11).

¹¹⁴ Die Stromgestehungskosten liegen bei großen PV-Anlagen auf Freiflächen bei 0,26 Euro/kWh an Standorten in Deutschland und bei 0,18 Euro/kWh an südeuropäischen Standorten. Vgl. Kost und Schlegel (2010, S.11).

¹¹⁵ Vgl. Solarserver (2009, S.3).

¹¹⁶ Vgl. FVEE (2010, S.11–24).

¹¹⁷ Vgl. BMU (2013).

Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht.¹¹⁸ Der weltweite Anteil von Dünnschicht-Solarzellen ging, gemessen an der Zellproduktion, von 11,9 Prozent im Jahr 2010 auf 11,3 Prozent im Jahr 2011 zurück. Grund hierfür war der etwas geringere Zuwachs bei der Produktion verglichen mit dem Zuwachs bei waferbasierten Solarzellen.¹¹⁹ Sowohl waferbasierte als auch Dünnschicht-Solarzellen weisen somit eine sehr hohe Wachstumsdynamik auf.

2.2.1.3 Solarthermie

Solarthermie bezeichnet die Umwandlung von Sonneneinstrahlung in nutzbare thermische Energie. Abhängig vom technologischen Konzept, kann die thermische Energie entweder direkt genutzt werden, beispielsweise in Form von erwärmtem Brauchwasser, oder sie kann mit Hilfe konventioneller Kraftwerkstechnologie in elektrischen Strom umgewandelt werden. Entsprechend kann Solarthermie-Technologie in die für die Brauchwassererwärmung ausreichende Niedertemperatur-Technologie und die zur Elektrizitätsgewinnung erforderliche Hochtemperatur-Technologie unterteilt werden.

Technologie

Bei der Hochtemperatur-Solarthermie (HT-Solarthermie) wird die Solarstrahlung mit Hilfe optischer Materialien, wie beispielsweise mit Spiegeln, auf einem sogenannten Kollektor gebündelt und in Wärmeenergie umgewandelt. Mit Hilfe konventioneller Kraftwerkstechnologien kann in einem zweiten Schritt aus der Wärmeenergie elektrische Energie erzeugt und in das Stromnetz eingespeist werden. Der Wirkungsgrad, mit dem auf diesem Weg Sonnenstrahlung in elektrische Energie umgewandelt werden kann, liegt bei 14 Prozent bis 16 Prozent je nach eingesetztem technologischen Konzept und Strahlungsintensität am Standort.¹²⁰ Wirtschaftlich sinnvoll lässt sich die Stromgewinnung mit Hilfe der HT-Solarthermie insbesondere in solarthermischen Großkraftwerken an Standorten mit hoher Sonneneinstrahlung betreiben. In diesem Fall lassen sich Stromgestehungskosten von derzeit 0,18 bis 0,24 Euro/kWh realisieren.¹²¹ Ein wesentlicher Vorteil gegenüber PV-Anlagen liegt darin, dass die erzeugte Wärmeenergie bei Solarthermischen Kraftwerken relativ einfach und kostengünstig gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf abgerufen und in Elektrizität umgewandelt werden kann. Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf für HT-Solarthermie ist aufgrund der vergleichsweise hohen Stromgestehungskosten weiterhin groß und fokussiert sich in erster Linie auf die Weiterentwicklung der bestehenden solarthermischen Kraftwerkskonzepte. Die verschiedenen Entwicklungsansätze zielen darauf ab, die Investitionskosten für solarthermische Kraftwerke zu senken und gleichzei-

¹¹⁸ Vgl. EPIA (2012, S.12).

¹¹⁹ Vgl. Hering (2012, S.53, S.62f.).

¹²⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.326).

¹²¹ Vgl. Fraunhofer-ISE (2012, S.3).

tig Effizienz, Verfügbarkeit und Anwendungsspektrum zu verbessern. Ansätze hierfür sind insbesondere höhere Betriebstemperaturen, standardisierte und effizientere Komponenten sowie thermische und chemische Speicher, die möglicherweise das Potential haben, die Wettbewerbsfähigkeit der HT-Solarthermie zu verbessern.¹²²

Niedertemperatur-Solarthermie (NT-Solarthermie) wird im Wesentlichen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung beispielsweise in Haushalten oder Schwimmbädern, aber auch zur Gewinnung von Prozesswärme in gewerblichen Anwendungen eingesetzt. Im Gegensatz zur HT-Solarthermie kommt sie ohne eine gezielte Konzentration der Solarstrahlung aus. Die Solarstrahlung trifft direkt auf den Kollektor, in welchem sie ein Wärmeträgermedium auf Temperaturen von bis zu 120°C erwärmt. Die Wärmeenergie kann ohne größeren technischen Aufwand gespeichert und dem Verbraucher bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.¹²³ Die Effizienz von NT-Solarthermie-Anlagen mit Wärmespeicherung liegt bei ca. 25 Prozent der eingestrahelten solaren Energie.¹²⁴ Aufgrund der vergleichsweise geringen erzeugten Temperaturen ist eine technische und wirtschaftliche Umwandlung in elektrische Energie bei der NT-Solarthermie nicht sinnvoll. Je nach Anlagengröße und Standort ergeben sich Wärmegestehungskosten in Höhe von 0,14 bis 0,39 Euro/kWh.¹²⁵ Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich der NT-Solarthermie ist vergleichsweise moderat und bezieht sich neben der Kostensenkung der Solarkollektoren auf die effiziente Speicherung und Bereitstellung der erzeugten Wärmeenergie über längere Zeiträume sowie die effiziente Integration der NT-Solarthermie in die Heiztechnik des Gebäudes.¹²⁶ Interessante Ansätze bestehen darüber hinaus in der Nutzung solarthermischer Kollektoren als Wärmequelle für Kälteanlagen.

Markt

Der Markt für die HT-Solarthermie befindet sich noch in der kommerziellen Aufbau- und unterliegt aufgrund der relativ geringen Anzahl von Kraftwerksneubauten starken Schwankungen. Im Jahr 2011 wurden in Europa Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von 420 MW fertiggestellt. Das war ein leichter Rückgang gegenüber dem Jahr 2010, als Kraftwerke mit einer Leistung i.H.v. 456 MW fertiggestellt wurden.¹²⁷ Die Hauptmärkte für die HT-Solarthermie befinden sich in den USA, Südeuropa, dem Mittleren Osten und Nordafrika.¹²⁸ In Deutschland gibt es aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung keinen kommerziell relevanten Markt für die HT-Solarthermie.

Das Marktwachstum für neue NT-Solarthermie-Anlagen zur Gewinnung von Wärmeenergie hat sich in Deutschland nach sehr starkem Wachstum bis zum Jahr 2008

¹²² Vgl. FVEE (2010, S.29–32).

¹²³ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.201).

¹²⁴ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.217).

¹²⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.244).

¹²⁶ Vgl. FVEE (2010, S.25–28).

¹²⁷ Observ'ER (2012, S.88–90).

¹²⁸ Vgl. Bank Sarasin & Cie (2010, S.37) und REN21 (S.51f.).

etwas abgeschwächt. Ende des Jahres 2011 betrug die in Deutschland installierte Gesamtkapazität aller NT-Solarthermie-Anlagen 10,5 GW_(th). Damit entfielen 40 Prozent aller installierten NT-Solarthermie-Anlagen in Europa, gemessen an der nominellen Leistung, auf Deutschland.¹²⁹ Im Jahr 2011 wurden Anlagen mit einer Leistung von 889 MW_(th) neu installiert, was einem Anstieg von 10,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr entsprach. Im Jahr 2010 war die Menge der neu installierten Anlagen noch um 29 Prozent auf 805 MW_(th) zurückgegangen. Der Hauptgrund für den deutlichen Rückgang der neuen Installationen im Jahr 2010 war der Förderstopp des Marktanzreiz Programms (MAP) in Deutschland in den Monaten Mai bis Juli dieses Jahres.¹³⁰ Europaweit¹³¹ ging die Leistung aller neu installierten Anlagen im Jahr 2011 mit 1,67 GW_(th) gegenüber dem Jahr 2010 um 6,1 Prozent leicht zurück.¹³² Die Menge an gewonnener Wärmeenergie steigt in Deutschland entsprechend dem Zuwachs der Anlagen kontinuierlich an, im Schnitt der letzten 10 Jahre um 13,4 Prozent pro Jahr. Im Jahr 2011 stieg die durch Solarthermie erzeugte Nutzenergie um 7,7 Prozent auf 5.600 GWh_(th), was einem Anteil von 0,4 Prozent an der Wärmebereitstellung in Deutschland entsprach.¹³³

2.2.1.4 Geothermie

Geothermie nutzt die im Erdinnern vorhandene thermische Energie als Energiequelle. Abhängig vom technologischen Konzept, kann aus der Erdwärme thermische oder elektrische Energie gewonnen werden.¹³⁴ Abhängig von der Tiefe, aus der thermische Energie entnommen wird, unterscheidet man zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie.

Technologie

Mit oberflächennaher Geothermie wird in der Literatur formell die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Tiefe von 400 m bezeichnet.¹³⁵ Die Festlegung auf eine bestimmte Tiefe ist jedoch allein historisch bedingt und aus technologischer Sicht relativ willkürlich.¹³⁶ Kennzeichnendes Merkmal der oberflächennahen Geothermie ist primär ein geringes Temperaturniveau von meist unter 20°C für die in diesem Bereich vorhandene Wärmeenergie. Um die Wärmeenergie nutzbar zu machen, muss sie in der Regel in einem weiteren Schritt mit technischer Hilfe, beispielsweise durch den Einsatz von Wärmepumpen, auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden. Oberflächennahe Geothermie wird insbesondere zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden, techni-

¹²⁹ Vgl. ESTIF (2011, S.13).

¹³⁰ Vgl. BMU (2011a, S.9.).

¹³¹ EU 27 + Schweiz, exkl. Deutschland.

¹³² Vgl. ESTIF (2012, S.13; 2011, S.13).

¹³³ Vgl. BMU (2013).

¹³⁴ Vgl. Kaltschmitt et al. (2006, S.395–455 und S.457–532).

¹³⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. (2013, S.621).

¹³⁶ Für eine einführende Darstellung siehe Kaltschmitt et al. (2006, S.621).